

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Verônica Martins Gnecco

**BIM PARA GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ESTUDO DE CASO NA OBRA DO CRAS DO MUNICÍPIO DE  
BIGUAÇU/SC**

Florianópolis,

2018

Verônica Martins Gnecco

**BIM PARA GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE  
CASO NA OBRA DO CRAS DO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU/SC**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Civil do Centro Tecnológico da  
Universidade Federal de Santa Catarina como  
requisito para a obtenção do Título de Bacharel  
Engenharia Civil  
Orientador: Prof. Ma. Leticia Mattana

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Gnecco, Veronica Martins

BIM PARA GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL ;  
ESTUDO DE CASO NA OBRA DO CRAS DO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU/SC  
/ Veronica Martins Gnecco ; orientadora, Leticia Mattana,  
2018.

148 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Engenharia Civil. 3. BIM. 4.  
Gestão de Resíduos. 5. Estudo de Caso. I. Mattana, Leticia.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Civil. III. Título.

Verônica Martins Gnecco

**BIM PARA GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE  
CASO NA OBRA DO CRAS DO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU/SC**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de engenheiro civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

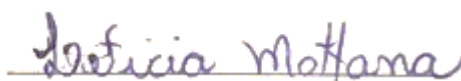
Florianópolis, 20 de novembro de 2018.

---

Prof.a. Luciana Rohde, PhD.

Coordenadora do Curso de Graduação

**Banca Examinadora:**



Prof.<sup>a</sup> Leticia Mattana, Ma.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Cristine do Nascimento Mutti, PhD.

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Felipe Zacchi Gómez, Ms.

Inova Engenharia Ltda.

*Dedico este trabalho a todos que buscam um país com menos desigualdade por meio da educação.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que participaram do meu desenvolvimento acadêmico e pessoal, direta ou indiretamente, ao longo desses 6 anos.

Primeiramente agradeço à minha família e sobretudo aos meus pais, Ivan Gnecco e Rose Miriam Martins Gnecco, que permitiram que eu me dedicasse aos estudos e me apoiaram nas decisões que tomei nesse meio tempo, além de me incentivarem a tomar riscos e a aceitar desafios e ao meu irmão, Davi, que esteve presente nesses momentos para me ensinar que a vida pode ser menos complicada. Agradeço imensamente ao Manuel, pela paciência, apoio, amizade e companheirismo em todos os momentos já passados juntos.

Um agradecimento especial à Universidade, por proporcionar ensino de qualidade e gratuito ao longo de seis anos, além de todas as experiências dentro do campus. Agradeço também à oportunidade de realizar um intercâmbio acadêmico por dois semestres na Université de Nantes, França, pela CAPES, que me trouxe vivências inesquecíveis e importantes para o meu amadurecimento.

Agradeço imensamente à minha orientadora, pela orientação impecável e atenciosa, e pela paciência em cada reunião ou revisão realizada. Tive, nesse período de orientação, inúmeros desafios, os quais pude superar facilmente com seu apoio, troca de informações, conselhos e sugestões. Muito obrigada!

Agradeço a todos amigos que tive fora da Universidade, que me tiraram da rotina e lembraram da simplicidade da boa amizade, obrigada Liz, Nathália, Cláudia, Fernanda, Gabriel, Giovanna, Carlos e Vitória. E aos amigos feitos na Universidade, que estavam do meu lado nos melhores e piores momentos da graduação: Caio, Pedro, Lucas, Miryan, Emanuelle, Eduardo e Rodrigo. Aos amigos que fiz na França, que me ajudaram muito mais do que imaginam: Théo, Marie, Lucas, Quentin, Christophe e Mathieu.

Agradeço aos supervisores de estágio, que me deram a oportunidade de aprender sobre a vida profissional que me espera. Obrigada Nelson Martins Lecheta, Gilberto Bianchini de Souza, Nicolas Manoel de Melo e Felipe Zacchi Gómez.

A todos que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, muito obrigada!

## RESUMO

A indústria da construção civil destaca-se como um dos setores que mais gera resíduos. Da mesma maneira, tem grande representatividade na economia do país e reflete diretamente a situação econômica e social que o mesmo se encontra. Entretanto, o setor ainda é atrasado quando comparado a outras grandes áreas, como a indústria mecânica, automobilística e química, que utilizam tecnologia para tornar os processos mais eficientes. Com isso, no setor da construção civil a redução dos resíduos gerados pelas suas atividades e a gestão desses resíduos no canteiro de obras ainda não são adequadas. Para auxiliar nessa gestão, o processo BIM apresenta alternativas que podem facilitar a resolução destes problemas. No presente trabalho foram estudadas as possibilidades oferecidas pelo BIM para a gestão de resíduos, utilizando-se de um estudo de caso para fins práticos e comparativos: a obra do CRAS de Biguaçu/SC. A metodologia utilizada compreende: a) investigação das principais ferramentas BIM que contribuem para a gestão de resíduos, b) a análise do caso de estudo no tocante a cada alternativa oferecida pelo BIM para redução ou controle da gestão de resíduos, c) levantamento *in loco* de quantitativos de alvenaria do caso de estudo, para a conferência posterior da fidelidade do modelo BIM na geração de quantitativos, d) elaboração e aplicação de entrevistas com os envolvidos na obra e na modelagem desta edificação e) estudo da modelagem da alvenaria no modelo BIM, f) análise dos resultados e considerações finais. Percebe-se a grande capacidade de análise, compilação, organização e registro de informações que o processo BIM proporciona para a gestão de resíduos, que ainda são subutilizados na cultura da construção civil brasileira, principalmente na etapa de execução de obras. Destaca-se também a importância da colaboração entre as equipes envolvidas, para o sucesso da gestão de resíduos através do processo BIM. Dessa maneira, com os resultados obtidos, infere-se que o BIM na gestão de resíduos deve ser melhor estudado e aplicado pelas empresas responsáveis pelos projetos de arquitetura e engenharia, mas principalmente pelas empresas executoras, que desconhecem sua aplicação prática e acabam por gerir obras custosas financeira e ambientalmente.

**Palavras-chave:** BIM. Gestão de resíduos. Projeto e execução.

## ABSTRACT

*The construction industry stands out as one of the sectors that generate the major amount levels of waste nowadays. In the same way, it has great representation in the country's economy and directly reflects in its economic and social situation. However, the industry is still obsolete compared to other areas, such as the mechanical, automotive and chemical industries, which use technology to make processes more efficient. As a result, in the construction industry, the reduction of waste generated by its activities and the management of this waste at the construction site are not yet adequate. To assist in this management, the BIM process presents alternatives that can facilitate the resolution of these problems. The present work focused on studying the possibilities offered by BIM for waste management, using a case study for practical and comparative purposes: the construction of CRAS de Biguaçu/SC. The methodology used includes: a) investigation of the main BIM tools that contribute to waste management, b) the analysis of the case study regarding each alternative offered by BIM to reduce or control waste management, c) on-site survey of quantitative masonry of the case study, for the subsequent realization of the fidelity of the BIM model in the generation of quantitative, d) elaboration and application of interviews with those involved in the work and in the modeling of this building e) study of masonry modeling in the BIM model, f) analysis of results and final considerations. It is noticed the large capacity for analysis, compilation, organization and registration of information that the BIM process provides for waste management, which are still underutilized in the Brazilian civil construction culture, stage of execution. Also, the importance of collaboration between the teams involved is a major highlight for the success of waste management through the BIM process. In this way, with the results obtained, it is inferred that BIM in waste management should be better studied and applied by the companies responsible for architectural and engineering projects, but mainly by the executing companies, who do not know their practical application and end up managing projects financially and environmentally costly.*

*Keywords: BIM. Waste Management. Project and execution.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Relação entre os efeitos de modificações nas diversas fases de projeto.....	10
Figura 2 -	Produtividade do trabalho na construção no ano de 2015 .....	6
Figura 3 -	Classificação das perdas segundo o tipo de recurso consumido.....	11
Figura 4 -	Perda segundo o momento de incidência.....	12
Figura 5 -	Ciclo de vida dos resíduos .....	15
Figura 6 -	Modelo BIM do CRAS de Biguaçu .....	35
Figura 7 -	Método utilizado na pesquisa .....	43
Figura 8 -	Evolução da obra .....	1
Figura 9 -	Projetos em papel para consulta do mestre de obras.....	2
Figura 10 -	Tijolo utilizado em obra para as tabelas (a) e para a alvenaria (b) (9 furos) ....	3
Figura 11 -	Armazenamento em pallets.....	4
Figura 12 -	Armazenamento dos tijolos cerâmicos fora dos pallets.....	4
Figura 13 -	Juntas entre tijolos .....	5
Figura 14 -	Quebra de tijolos.....	5
Figura 15 -	Execução da alvenaria em obra.....	6
Figura 16 -	Vergas e contravergas .....	6
Figura 17 -	Imagens de desperdício.....	7
Figura 18 -	Desperdício de material no entorno do terreno da obra.....	8
Figura 19 -	Cobertura .....	8
Figura 20 -	Obra do CRAS de Biguaçu – 03 de outubro de 2018.....	9
Figura 21 -	Furação não prevista de elementos estruturais .....	11
Figura 22 -	Armazenamento e transporte de material em obra .....	13
Figura 23 -	Disposição de materiais no canteiro de obras .....	14
Figura 24 -	Resíduos da obra após finalização .....	14
Figura 25 -	Sobras de pisos cerâmicos e resíduos gerados no assentamento de uma sala	18
Figura 26 -	Medição da alvenaria no <i>software</i> GRAPHISOFT ARCHICAD.....	19
Figura 27 -	Modelo .ifc do CRAS de Biguaçu gerado no GRAPHISOFT ARCHICAD e aberto no AUTODESK REVIT .....	26
Figura 28 -	Paredes internas não representadas pelo modelo .ifc no AUTODESK REVIT	27
Figura 29 -	Divergências entre a execução e o modelo BIM do CRAS de Biguaçu .....	28

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 -	Motivos dos Aditivos de obras licitadas do CRAS.....	16
-------------	--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Detalhamento e características dos níveis LOD .....	0
Quadro 1 -	Detalhamento e características dos níveis LOD.....	1
Quadro 2 -	Ferramentas utilizadas para desenvolvimento do BIM.....	4
Quadro 3 -	Causas do desperdício e possíveis ações corretivas segundo a literatura .....	16
Quadro 4 -	Usos do BIM que podem ser implementados para a gestão de resíduos da construção e demolição .....	29
Quadro 5 -	Relação entre BIM e os tipos de desperdício.....	32
Quadro 6 -	Contribuições do BIM para a gestão de resíduos.....	32
Quadro 7 -	Resumo das visitas à obra do CRAS de Biguaçu .....	39
Quadro 8 -	Resumo das características dos entrevistados.....	41
Quadro 9 -	Contribuição de ferramentas BIM para a Gestão de Resíduos .....	0

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 -	Medições de Parede no Térreo e Resultados .....	20
Tabela 2 -	Medições de Parede na Cobertura e Resultados .....	21
Tabela 3 -	Diferença da quantidade de tijolos medida em obra e a comprada.....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais  
ACV – Análise do Ciclo de Vida  
AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção  
AQUA – Alta Qualidade Ambiental  
BIM – *Building Information Modeling*  
CAD – *Computer Aided Design*  
CEE - Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção  
CIB – *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*  
CRAS – Centro de Referência de Assistência Social  
IAI – *International Agency of Interoperability*  
IFC – *Industry Foundation Classes*  
ISO – *International Standard Organization*  
LaBIM – Laboratório BIM  
LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*  
LOD – *Level of Development*  
MEP – *Mechanical, Electrical, Plumbing*  
NIST - *National Institute of Standards and Technology*  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PCD – Pessoa Com Deficiência  
PIB – Produto Interno Bruto  
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos  
PtD – *Prevention through Design*  
RCD – Resíduos da Construção e Demolição  
RDC – Resíduos da Construção Civil  
RSCD – Resíduos Sólidos de Construção e Demolição  
SUAS – Sistema Único de Assistência Social  
TIC – Tecnologia da Informação

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E DA PESQUISA .....	1
1.2	PROBLEMÁTICA DA PESQUISA .....	3
1.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO .....	5
1.4	OBJETIVOS.....	6
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>6</b>
1.5	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	7
1.6	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO .....	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1	<i>Building Information Modeling</i> .....	9
<b>2.1.1</b>	<b>Definições .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Interoperabilidade BIM.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Nível de desenvolvimento e detalhamento do modelo BIM.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.4</b>	<b><i>nD Modelling</i> .....</b>	<b>0</b>
2.1.4.1	3D .....	0
2.1.4.2	4D .....	1
2.1.4.3	5D .....	1
2.1.4.4	6D e 7D .....	1
2.1.4.5	8D .....	2
<b>2.1.5</b>	<b>Sistema de classificação da informação.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.6</b>	<b>Ferramentas BIM.....</b>	<b>4</b>
2.2	A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS .....	5
<b>2.2.1</b>	<b>A Indústria da construção civil .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Conceituação.....</b>	<b>7</b>
2.2.2.1	Resíduos .....	7

2.2.2.2	Desperdícios e perdas .....	10
2.2.2.2.1	<i>Classificação das perdas</i> .....	11
<b>2.2.3</b>	<b>Ciclo de vida dos resíduos em empreendimentos da construção civil .....</b>	<b>14</b>
2.2.3.1	Geração do resíduo .....	15
2.2.3.2	Identificação e classificação .....	17
2.2.3.3	Acondicionamento e armazenamento .....	18
2.2.3.4	Transporte.....	19
2.2.3.5	Destinação final: descarte, reaproveitamento, reciclagem .....	19
2.2.3.6	Alternativas para redução dos resíduos em obras .....	20
<b>2.2.4</b>	<b>Gestão e gerenciamento dos resíduos da construção civil .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Métodos para estimação da geração de resíduos da construção civil.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Legislação e Normas brasileiras sobre resíduos da construção .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.7</b>	<b>O BIM na gestão de resíduos da construção.....</b>	<b>28</b>
2.2.7.1	Considerações do capítulo.....	31
3	METODOLOGIA .....	34
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO .....	34
3.2	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	36
3.3	MÉTODO UTILIZADO .....	43
4	RESULTADOS .....	44
4.1	Ferramentas BIM para a Gestão de Resíduos .....	44
4.2	Visitas ao Canteiro de Obras do CRAS Biguaçu .....	0
4.3	Aplicação do BIM para redução de resíduos.....	10
4.4	EstimaTIVA do desperdício de alvenaria em obra .....	18
4.5	Percepções sobre o estudo.....	24
<b>4.5.1</b>	<b>Percepções sobre a licitação BIM.....</b>	<b>24</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Percepções quanto à interoperabilidade BIM .....</b>	<b>25</b>
<b>4.5.3</b>	<b>Colaboração entre equipes no projeto do CRAS de Biguaçu.....</b>	<b>27</b>

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	30
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>
	<b>APÊNDICE A – Entrevista realizada com o engenheiro responsável pelo modelo BIM da obra.....</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE B – Entrevista com a arquiteta responsável pela fiscalização do cumprimento das exigências do contrato de licitação .....</b>	<b>58</b>
	<b>APÊNDICE C -Entrevista com o engenheiro responsável pela execução da obra .....</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE D – Diário das Visitas em Obra.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE E – PLANTA BAIXA TÉRREO: PAREDES .....</b>	<b>0</b>
	<b>APÊNDICE F – PLANTA BAIXA TÉRREO: ABERTURAS .....</b>	<b>1</b>
	<b>APÊNDICE G – PLANTA BAIXA COBERTURA: PAREDES .....</b>	<b>2</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido para o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de graduação em Engenharia Civil da UFSC, sob a orientação da professora Ma. Leticia Mattana. O projeto trata de uma investigação sobre a contribuição do BIM – *Building Information Modeling*, na gestão de resíduos de uma obra pública.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E DA PESQUISA

A sustentabilidade, na definição mais ampla do termo, é “o princípio que assegura que nossas ações hoje não limitem o alcance das dimensões econômica, social e ambiental no futuro” (ELKINTON, 1998 *apud* LIBRELOTTO, 2005, p. 3). Com essa afirmação, as diferentes dimensões da sustentabilidade ficam evidentes, assim como o seu trabalho em conjunto para o equilíbrio da sociedade e do meio que esta vive.

Existem outros autores que definem sustentabilidade, tais como Carvalho (2009) e Librelotto (2005), que destacam a existência de outras dimensões para a sustentabilidade, a exemplo da cultural e da espacial. A construção civil, por exemplo, influencia em praticamente todas as dimensões da sustentabilidade, merecendo, portanto, um estudo mais aprofundado acerca da otimização de suas potencialidades, processos e coordenação.

Na dimensão ambiental, o setor consome cerca de 75% de todos os recursos naturais e 44% da energia produzida no país, além de 40% de todo o resíduo produzido pela atividade humana (LAURIANO, 2013). Pode-se pontuar ainda o desmatamento de áreas para criação de lotes de habitação ou para a viabilização de grandes obras e a infraestrutura de alto impacto, como sistema de saneamento e transporte, dispendida para propiciar a urbanização de áreas. O progresso demanda, certamente, a alteração do ambiente, porém a alteração consciente e gradual, aplicando técnicas construtivas mais eficientes e limpas que podem garantir o equilíbrio entre o homem e o meio.

Um exemplo é a *Lean construction*, de tradução livre “construção enxuta”, que prega o princípio toyotista japonês, e é aplicável hoje em todos os setores econômicos, inclusive o da construção civil. Desperdícios em diversas escalas e atividades ineficientes significam perda de tempo e de recursos humanos e financeiros, indo contra os interesses capitalistas das empresas. Por esta razão, técnicas sustentáveis nos âmbitos ambiental, social e econômico podem ser

altamente lucrativas e proveitosas para todos os atores do processo de incorporação de empreendimentos (PEREIRA, 2015).

No que diz respeito à dimensão social e à econômica da sustentabilidade, a construção civil representa 6,2% do PIB do Brasil, gerando 2,6 bilhões de vagas de emprego, 24% do total (FIGUEIREDO, 2017). O investimento em construção civil impacta, além disso, na resolução de outro obstáculo social do país, o déficit habitacional. Para suprir a necessidade habitacional, o país tem investido em habitação e infraestrutura, projeto que já teve seu início com programas do governo como o “Minha Casa, Minha Vida” (DRUM, 2010).

A melhora do setor simboliza, ainda, a retomada do crescimento econômico no país, uma vez que impacta diretamente em outros setores da economia, relevantes para o desenvolvimento urbano (G1, 2018). A característica pouco mecanizada e altamente artesanal do setor, com uma evolução lenta quando comparada a outros campos das ciências exatas, como o mecânico e elétrico, demonstra o quanto ainda há espaço para o progresso e a pesquisa na área, como a especialização voltada à otimização de processos será requerida num futuro próximo.

O processo BIM (*Building Information Modeling*), por sua vez, representa a mudança de atuação do setor, sendo “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (EASTMAN et al, 2014, p. 13). Ou seja, um modelo em BIM incorpora diversas informações sobre o sistema representado, em relação à sua representação espacial, às definições de conteúdo, de capacidades ou para a mensuração das suas quantidades ou dimensões. Ainda segundo Eastman et al (2014), por meio do BIM, é possível representar e planejar todo o todo o ciclo de vida de uma obra, alterando, então as perspectivas para o setor. Os projetos podem ser otimizados, compatibilizados e o retrabalho, atualmente recorrente na transição entre projeto e execução, minimizado.

Juntamente, sabe-se que “a redução de custos e de impactos socioambientais pensada nas fases de concepção e projeto com foco apenas na fase de construção é insuficiente para que o setor da construção e as edificações se tornem mais sustentáveis” (SINDUSCON, 2008, p.20). Portanto, o estudo das etapas posteriores se faz necessário e de extrema relevância para garantir a validade do processo.

Com isso, percebe-se que através do processo BIM é possível pensar em todo o ciclo de vida de uma edificação, desde as etapas de concepção do projeto, até a manutenção, operação e demolição de uma edificação, e por isso, sua implementação parece ser de grande importância para auxiliar na quantificação da sustentabilidade no setor da construção civil.

As empresas de construção civil, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), devem gerir os resíduos e operacionalizar o processo de destinação final dos mesmos (MMA, 2018). Isso significa que todo o resíduo gerado deverá ser destinado corretamente para reciclagem ou reuso.

Juntando essas informações à dificuldade de gestão e quantificação dos resíduos, imagina-se que o uso de BIM pode auxiliar na melhora da eficiência do processo em todas as etapas do projeto e obra, refletindo em resultados mais acurados que podem garantir a sustentabilidade de uma edificação. Tal processo colabora não só para a rentabilidade das empresas, pela minimização de desperdícios e de gastos extras, mas também para o meio ambiente, com a destinação correta dos resíduos da construção, e com a sociedade, incluindo os funcionários no processo construtivo e inserindo a noção de gerenciamento sustentável no canteiro de obras.

## 1.2 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

A construção civil apresenta grande relevância nos âmbitos socioeconômicos e estratégico do país, e impacta amplamente em diversos setores da economia, em toda a cadeia produtiva ligada ao processo de construção, no fornecimento de mão-de-obra, de insumos ou de serviços (FREJ; ALENCAR, 2010).

Apesar de sua importância, segundo Gonçalves (2015), a construção civil é apontada como um dos maiores geradores de impactos ao meio ambiente seja pelo consumo alto de recursos naturais não renováveis e pela geração de resíduos quase sempre com destinação inadequada. Este mesmo autor relata ainda que, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em torno de 50% dos resíduos gerados hoje no Brasil provêm das atividades da indústria da construção (MARQUES NETO, 2005 apud GONÇALVES, 2015, p. 16).

Apesar da relevância do setor, a construção civil é considerada atrasada em relação aos demais, pelas suas características do processo de produção e organização do trabalho e do produto que gera, além do lento desenvolvimento tecnológico, baixa eficiência produtiva, baixo nível de qualidade do produto final etc. O atraso pode ser relacionado diretamente com o elevado desperdício em obra, que aumenta os custos e se originam *a priori* de falhas de projeto por limitações na sua qualidade (TZORTZOPOULOS, 1999).

Além disso, a baixa importância dada para o treinamento dos trabalhadores gera um baixo índice de produtividade e alta rotatividade. Com isso, os resultados finais também não são satisfatórios e o índice de patologias é grande, gerando retrabalho e mais desperdício (MUTTI, 1995). Ainda, Picchi (1993) destaca que o desperdício em obra, seja ele de tempo ou material, é ocasionado por falhas de planejamento, suprimento, treinamento, ferramentas adequadas, dentre outros. Destaca-se que, mesmo os autores Tzortzopoulos (1999), Mutti (1995) e Picchi (1993) afirmando o apresentado anteriormente há quase duas décadas ou mais, o atraso e ineficiência do setor ainda persiste nos dias de hoje.

Complementando esse ponto, outro fator a ser revisto nos processos da construção civil é a fiscalização de obras muitas vezes ineficiente e passiva. A supervisão assegura, além de orientação adequada, maior segurança em obra, diminuição de erros e procedimentos incorretos e, conseqüentemente, redução do desperdício e aumento da qualidade (INTOSAI, 2007).

Carminatti Junior (2012) destaca ainda que a geração do alto índice de resíduos é, claramente, um dos resultados da ineficiência do uso racional dos materiais, técnicas e componentes no canteiro de obras. Portanto, é interessante do ponto de vista econômico e sustentável, que se busquem alternativas para a otimização dos recursos utilizados, além da escolha de materiais ecoeficientes, adaptáveis em cada modelo construtivo, em detrimento do uso cultural do concreto armado.

Nota-se também, na indústria da construção civil de países menos desenvolvidos economicamente, a falta de integração e comunicação entre os processos. Bogado (1998) concluiu, após um estudo de caso em um canteiro de obras paraguaio, que o contato entre os departamentos do empreendimento é essencial para o controle e redução dos desperdícios, abrangendo desde o controle financeiro de entradas e saídas, até a compatibilização entre os projetos e destes com a execução.

Segundo Eastman et al (2014, p. 285), “os benefícios da prática integrada são largamente reconhecidos”. Estes autores mencionam também que, atualmente, há a necessidade de integrar toda a equipe de construção no projeto, desde engenheiros e consultores, até empreiteiros e fabricantes. Essa tendência é facilitada pelo BIM e por suas ferramentas de gestão, cada vez mais implementadas nos canteiros de obras do mundo.

Nos últimos anos, a construção civil do Brasil tem vivenciado diversas inovações, relacionadas principalmente aos conceitos de sustentabilidade, desempenho e *Buiding Information Modeling* (BIM), visando ajustar os padrões atuais do relacionamento do projeto com a obra, mostrando-se como alternativas para um setor que busca por alternativas na redução de custos (FREITAS, 2015).

Tratando o setor da construção civil como multidisciplinar e dependente de diferentes áreas do conhecimento, percebe-se que, quando se trata da vertente ambiental no BIM a etapa é ainda de transição e de integração ao processo, o que pode transformar totalmente a maneira a qual se projetam obras atualmente, originando empreendimentos com melhor desempenho e que atendem de melhor maneira aos requisitos ambientais (MARQUES, 2017).

Partindo disso, elaborou-se a pergunta base deste trabalho: Qual a contribuição do BIM para a gestão de resíduos em obra? A partir dessa pergunta geral, outros questionamentos acerca da relevância do BIM na atualidade foram formuladas e serão tratadas no decorrer do trabalho. Trata-se, portanto, do uso de BIM na gestão de resíduos na sua essência, porém prioriza contribuir para o tema na sua totalidade e para a modernização da indústria da construção civil.

### 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Nas últimas décadas, a Tecnologia da Informação (TIC) transformou a sociedade em que vivemos e o cenário competitivo das indústrias. Um novo modelo de vida é construído, onde o conhecimento leva ao poder e à inovação. Os investimentos em novas tecnologias tornam-se parte imprescindível para o desenvolvimento de longo prazo de organizações e empresas. (TALAMONI; GALINA, 2014).

A construção civil, de mesma maneira, adotou novas tecnologias para a melhoria das práticas, com o uso do BIM (*Buiding Information Modeling*), recursos para a visualização em canteiros, de realidade virtual e aumentada, ou equipamentos para posicionamento. (FREITAS, 2015). Porém, segundo Isatto (2007), o Brasil apresenta uma considerada defasagem em relação aos países da Ásia, América do Norte e Europa, no que diz respeito à aplicação de tecnologias de informação e comunicação na indústria da construção. O crescimento das mesmas e as novas necessidades da sociedade não condizem com o nível de investimento, pesquisa e importância dado ao tema.

Segundo Coutinho (2015), a difusão cada vez maior do tema, entre clientes, projetistas e instituições governamentais e acadêmicas, impulsiona o setor da construção diretamente às inovações BIM e estabelece certo grau de exigência para o uso da tecnologia, com trabalhos inclusive para o desenvolvimento da padronização e da interoperabilidade entre softwares. Dessa forma, o uso do BIM, mais relevante em países da Ásia e nos EUA, é crescente, e adotado mesmo quando não obrigatório, como ferramenta para aumento de produtividade e para a redução de custos.

Como se pode constatar na elaboração deste trabalho, já existem variados estudos no Brasil sobre a tecnologia BIM, em destaque no meio acadêmico, na forma de produção científica. A relevância do tema na grade curricular dos cursos de graduação e pós-graduação é crescente, porém ainda insuficiente, com uma abordagem caracterizada como introdutória ou intermediária (RUSCHEL; ANDRADE; MORAES, 2013). Empresas adotam o sistema pontualmente, a caráter geralmente introdutório e experimental, dada principalmente a defasagem dos profissionais da área (COUTINHO, 2015).

Há, no contexto atual, uma busca por construções mais sustentáveis, com a adesão gradual dos países em desenvolvimento, como o Brasil, a padrões de eficiência ambiental, como o LEED Brasil e o AQUA (Alta Qualidade Ambiental), mostrando-se, além disso, como ótima estratégia de marketing. Uma evidência dessa mudança é a criação em 1999 da Agenda 21 para a Construção Sustentável, pelo *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB) (MACEDO, 2011).

Ao especificar mais o tema e entrar na temática ambiental na construção civil com o uso do BIM, a disponibilidade de estudos, pesquisas e aplicações práticas é ainda mais rudimentar no país. Percebe-se um número um pouco maior de bibliografias no exterior, como Cheng e Ma (2013), Liu et al (2011), Lu et al (2017), Hewage e Porwal (2011), Won e Cheng (2017) etc.

Entretanto, quando se busca produções sobre a gestão de resíduos relacionada ao BIM, a produção, pesquisa e implementação é ainda menor e necessita de maior atenção e análise. Por essa razão, o presente estudo é proposto, como forma de contribuir para a sustentabilidade, mais especificamente para a gestão de resíduos, no setor da construção civil, fazendo uso do processo BIM.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Investigar como o processo BIM pode contribuir na gestão de resíduos de uma edificação.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- a) Conhecer as ferramentas BIM e as suas potencialidades na gestão de resíduos;
- b) Verificar como ocorre a interação entre o modelo BIM e o canteiro de obras;

- c) Propor alternativas para a redução dos resíduos no canteiro de obras, usando o BIM.

## 1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

- Optou-se pelo uso do *software* GRAPHISOFT ARCHICAD como apoio para realização dos estudos do modelo BIM deste trabalho;
- Nessa pesquisa serão estudadas as perdas de materiais em obra, ou seja, sem considerar as perdas de tempo, de recursos financeiros ou de produtividade dos trabalhadores;
- Não será questionado ou ajustado o dimensionamento do modelo do CRAS analisado, caso sejam conferidas falhas de modelagem. Os problemas serão mencionados nos resultados, se por ventura interferirem nas análises referentes à temática abordada;
- Não serão abordados nesse trabalho o orçamento, planejamento de obra ou a etapa de manutenção. Neste trabalho, optou-se por tratar a sustentabilidade, com foco na gestão de resíduos em obra;
- Dentro da sustentabilidade, será desenvolvido o que diz respeito a gestão de resíduos. Portanto, o ciclo de vida do empreendimento ou eficiência energética não serão aprofundados;
- Considera-se apenas os resíduos para obras civis, portanto resíduos domiciliares, hospitalares, industriais, agrícolas, de mineração, entre outros tipos de resíduos sólidos não serão tema de discussão no presente estudo;
- As contribuições do estudo são direcionadas ao setor da construção civil, tanto em nível acadêmico como aos profissionais da área, na tentativa de tornar o uso do BIM mais popular no meio e reduzir o desperdício gerado no canteiro de obras.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo é introdutório e apresenta a contextualização do tema, a problemática, as justificativas, os objetivos e as delimitações da pesquisa da pesquisa.

No segundo capítulo, é feita uma revisão bibliográfica do tema, onde são definidos conceitos sobre a temática estudada e expostos os principais trabalhos e pesquisas desenvolvidas na área de estudo. No terceiro capítulo, aborda-se a metodologia da pesquisa, onde os materiais, métodos e procedimentos aplicados para atingir os resultados são discutidos.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos na pesquisa, assim como as principais impressões percebidas durante o estudo. Finalmente, no capítulo 5 são formadas as considerações finais da pesquisa.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 BUILDING INFORMATION MODELING

#### 2.1.1 Definições

BIM, como é conhecido hoje, deriva do conceito introduzido por Eastman (1975), do “*Building Description System*”, há quase meio século atrás. Neste estudo, BIM é descrito como um sistema onde “qualquer mudança deveria ser feita apenas uma vez para que todos os desenhos futuros fossem atualizados. Todos os desenhos derivados de uma mesma organização dos elementos devem ser consistentes” (EASTMAN, 1975, p. 46).

Segundo Santos et al (2015), *Buiding Information Modeling* (BIM) possui diferentes definições, sendo um processo que ganha notoriedade e importância na elaboração de projetos da Arquitetura, Engenharia e Construção. Pode-se definir, de maneira simplificada, como “o sistema para gerar, armazenar, gerir e compartilhar as informações do processo de construção, de uma forma interoperável e reutilizável, com o uso de um modelo gerado por computador, que estimule as fases de planejamento, projeto, construção e operação de um empreendimento” (EARDIE, 2013, p. 1). Já Eastman et al (2014), destacam BIM como uma das tecnologias mais promissoras da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, pela precisão conferida ao modelo digital projetado.

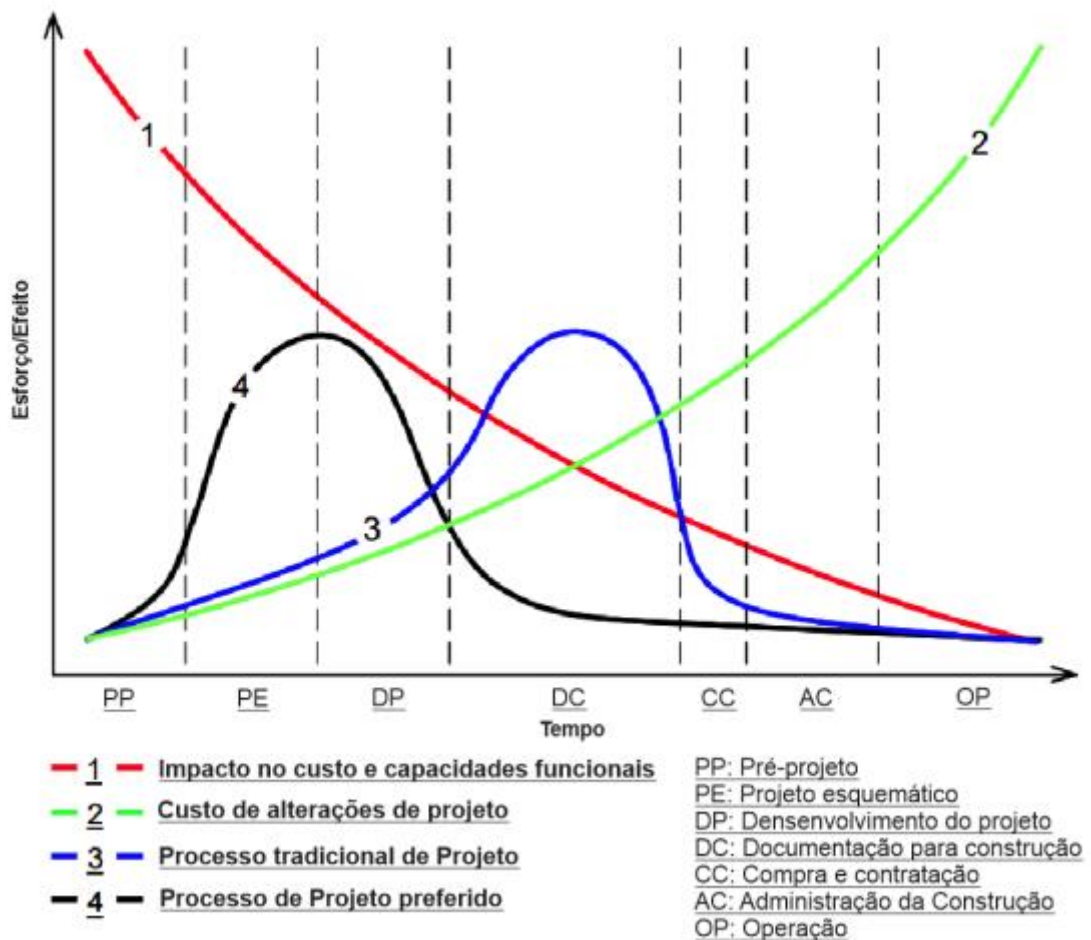
Já Lobanova (2017), esclarece que BIM não é apenas um modelo tridimensional, como muitos pensam. O modelo representa os elementos que existem na realidade, além de características físicas e propriedades específicas do material, facilitando a visualização de como a construção irá comportar-se quando construída. O modelo torna-se, então, provedor de dados para os colaboradores do projeto, facilitando a interoperabilidade e a comunicação entre as partes.

Entretanto, é necessário ter em mente que, para que o *Buiding Information Modeling* funcione, e para que o canteiro de obras se torne mais dinâmico, interativo e eficiente, as mudanças têm que ser gradativas e devem propiciar um ambiente favorável para que haja aceitação e crescimento na indústria atual (TJELL, 2010).

É importante, portanto, deixar clara a diferença entre a tecnologia BIM e os atuais métodos já disseminados, baseados no CAD (*Computer Aided Design*), tanto em 2D, como em 3D. Esse sistema, iniciado em 1950, baseia-se na transferência de informações de projeto para o computador (SANTOS et al, 2015). Algumas limitações encontradas em projetos desse tipo são os problemas de intercâmbio de projeto entre os atores diretos, os erros e omissões, a

demora para a geração de informações críticas, e a dificuldade para modificações no projeto, que geram desperdício de recursos, tempo, mão-de-obra e investimento (EASTMAN *et al*, 2014). A Figura 1 - , extraída também de Eastman et al (2014), demonstra como as modificações tardias podem impactar diretamente no custo e como um projeto que antecipe as possíveis mudanças pode diminuir os riscos para a saúde do empreendimento.

Figura 1 - Relação entre os efeitos de modificações nas diversas fases de projeto



Fonte: Adaptado de CURT (2014) por Martins e Cruz (2016)

BIM é vantajoso em todas as fases de um empreendimento, uma vez que é atuante em todo o ciclo de vida do mesmo. Centralizando em apenas um modelo diversas informações do projeto, o processo de validação, conferência de interferências e inconsistências e previsão das etapas críticas de projeto fica facilitado e pode ser ajustado de maneira descomplicada e previamente validada (LOBANOVA, 2017).

Azhar (2011) pontua mais algumas vantagens do uso do Sistema da Informação para a Construção Civil, como a geração de dados para a manipulação da vida útil do empreendimento e a simulação de cenários mais rápida e facilitada das propostas de projeto (AZHAR, 2011).

Ahankoob et al (2012) destacam que o principal papel do BIM seria reduzir as perdas durante as fases de projeto e de pré-construção, pela representação completa do modelo, incluindo seus atributos, relações e geometria. É possível, desta maneira, a solução de conflitos em projeto fora do canteiro de obras, nas etapas prévias de projeto e planejamento, criando projetos mais eficientes, bem planejados e com estratégias de construção e utilização dos materiais.

Um paradigma na introdução do BIM está justamente na ideia do que pode causar a revolução no projeto e na construção de um empreendimento: não é o *software* ou a *ferramenta de trabalho*, mas sim a mentalidade de quem trabalha na área diariamente (TJELL, 2010). A tecnologia pode proporcionar uma plataforma colaborativa entre os envolvidos e facilitar a visualização e manuseio do projeto, porém, sem colaboração, transparência ou confiança mútua de projetistas, empreiteiros e equipe, a mudança não poderá concretizar-se (EASTMAN et al, 2014).

Entretanto, é indiscutível que o BIM caracteriza-se como um facilitador eficiente do equilíbrio e sustentabilidade de obra, desde as fases de iniciação de projeto até a demolição. O projeto mais preciso e com reduzida diferenciação da realidade do canteiro proporciona menor desperdício e bom uso de recursos financeiros e naturais. Este sistema pode, desta forma, colaborar para a sustentabilidade nas variadas dimensões: a econômica, a social e a ambiental de maneira mais representativa (SOLTANI, 2016). Esta temática será abordada com mais detalhes na sequência do presente trabalho.

### **2.1.2 Interoperabilidade BIM**

Segundo Khemlani (2004), a interoperabilidade pode ser definida, como a integração de vários modelos-base em um único fluxo de trabalho, para a indústria da construção. Esse autor detalha ainda, que a interoperabilidade é necessária ao lento progresso da indústria da construção civil, através da comunicação entre *software*.

Para Howell e Batcheler (2004), a interoperabilidade é crítica para o sucesso do BIM, se quisermos evitar as ineficiências do sistema causadas pelo acesso restrito a dados e informações dos programas da plataforma BIM.

Existem dois contextos da interoperabilidade: o técnico e o cultural. O primeiro diz respeito à capacidade de relacionar e comunicar informações por meio eletrônico entre empresas distintas, nas diversas fases de projeto, como construção, manutenção e demais sistemas. A última, seria integrar os processos de projeto de empreendimentos, onde os diversos atores seriam capazes de colaborar para um mesmo fim, com visões diversas e complementares (MANZIONE, 2013).

Um dos problemas ocasionados pela falta de interoperabilidade dos projetos é apontado no relatório do NIST, o qual destaca que 0,86% e 1,24% do total dos custos da indústria da construção civil estão relacionados de forma direta com a interoperabilidade deficiente. Já para Bernstein (2007), o efeito da falta de interoperabilidade é maior: aproximadamente 3% dos custos de projetos e US\$ 138 bilhões de prejuízo para o mercado global estão relacionados a essa carência. Hoje, estes valores tendem a ser ainda maiores, dado a disseminação de softwares antes restritos a classes mais privilegiadas de projetistas. Esse prejuízo provém notadamente da percepção do BIM não como uma fonte de informações úteis para o projeto e ciclo de vida da edificação, de todos os tipos, mas apenas como uma ferramenta durante a fase de projeto (MANZIONE, 2013).

Nelson Covas, conhecido calculista de estruturas, disse, em entrevista cedida à revista Concreto & Construções:

“Eu noto que, atualmente, muitos projetos em BIM elaborados sem determinado software são refeitos em outro, o que é um grande contrassenso e perda de muitas horas de trabalho. E as alterações de projeto? Cada vez que se realizam alterações num determinado software estas também necessitam serem feitas no outro software, de forma duplicada? Infelizmente, esta é a realidade atual.” (COVAS, 2016, p. 21)

Percebemos que a falta de “conversa” entre os softwares e de esforços pelas próprias empresas para que isso aconteça prejudica o processo de produção como um todo.

O processo de transferência entre *softwares* BIM faz-se através do formato universal Industry Foundation Classes (IFC), que visa a manutenção de uma base aberta para o BIM e a não-dependência de programas entre os diversos colaboradores nas várias fases do projeto. O seu desenvolvimento partiu, a princípio, da *International Agency of Interoperability* (IAI), chamada, desde 2006, de BuildingSMART. A partir desse sistema permite-se, então, a troca de informações entre diferentes ferramentas sem perda considerável de dados (BAPTISTA, 2015).

### 2.1.3 Nível de desenvolvimento e detalhamento do modelo BIM

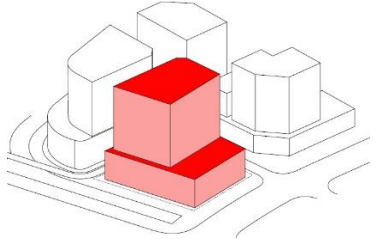
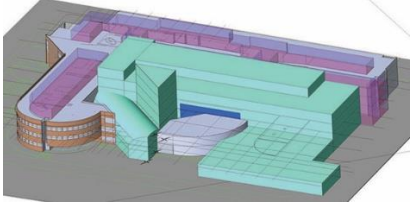
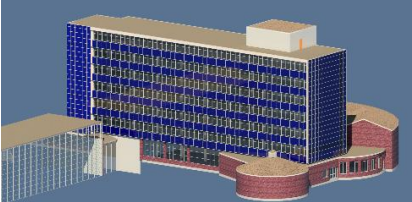
O Nível de Detalhamento ou o LOD (*Level of Development*) descreve o quanto um modelo é desenvolvido, por cinco níveis de plenitude, segundo o AIA (2008). Para o NYC Department of Design + Construction (2012), o LOD deve ser progressivo em um modelo e é cumulativo. Ou seja, deve progredir sempre do LOD 100 em direção ao 500, ou do nível com menos informações acerca do modelo até aquele com maior detalhamento.

Já para Manzione (2013), a estruturação da informação em um projeto é imprescindível para o sucesso do produto, decorrendo logicamente de um estágio de mais incerteza para um de maior complexidade.

Dito isso, diversos autores dividem o LOD, então, em LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 e LOD 500, como Manzione (2013), AIA (2008), Bracht (2016), Fernandes (2014) e Sakamori (2015). Além dos níveis apresentados, conferiu-se a existência do LOD 350 em alguns trabalhos, como no Caderno de Projetos BIM do Governo de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2014) e Baptista (2015). A divisão dos níveis em 100 unidades ocorre justamente no âmbito de criar níveis intermediários, como o LOD 350, citado anteriormente.

O Quadro 1 - foi elaborado com os principais níveis LOD identificados nas literaturas indicadas, apresentando detalhes acerca de cada um deles.

Quadro 1 - Detalhamento e características dos níveis LOD

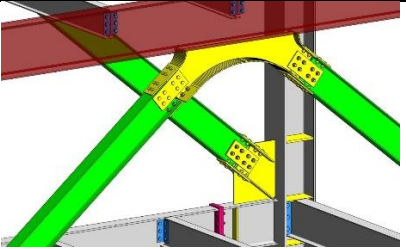

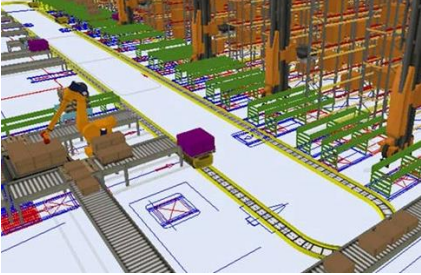
LOD	Definição	Uso	Ilustração	Fase de projeto
100	Estudos básicos de performance do modelo com áreas, volumes, dimensões, locação e orientação.	Estimativas preliminar para o planejamento e análise de custo		Concepção do modelo e planejamento
200	Associação de elementos geométricos e não-geométricos para análise aproximada de forma, tamanho, quantidades, localização e orientação.	Estimativas para o planejamento e análise de custo.		Planejamento e tomada de decisão
300	Associação de elementos geométricos e não-geométricos para análise de forma, tamanho, quantidades, localização e orientação.	Construção, estimativas para o planejamento e análise de custo.		Desenvolvimento e implementação

Fontes: adaptado de AIA (2008), Mattana (2017), Manzione (2013), Baptista (2015)

Continua

Quadro 1 - Detalhamento e características dos níveis LOD

Continuação:

350	Componentes gráficos e informações adicionais como no LOD 300, com o adicional de reproduzir as ligações físicas do objeto com aqueles que o delimitam	Construção, estimativas para o planejamento e análise de custo.		Desenvolvimento e implementação
400	Detalhamento fiel do objeto, com informações do fabricante e/ou relativas à instalação	Execução, fabricação.		Documentação e projetos para o desenvolvimento
500	Modelo atualizado com as modificações ocorridas em obra, senão com informações de mesma precisão da fase anterior	Manutenção, operação e <i>as built</i> .		Etapas finais: manutenção e operação

Fontes: adaptado de AIA (2008), Mattana (2017), Manzione (2013), Baptista (2015)

### 2.1.4 *nD Modelling*

Após a visualização 2D, proporcionada pelos programas CAD, a visualização 3D possibilitou a percepção mais aprofundada dos projetos e seu relacionamento entre seus elementos e com o meio externo. Foi possível gerir melhor pontos críticos, como o conflito entre sistemas de instalações hidráulicas e elétricas (TJELL, 2010).

Porém, com o objetivo de utilizar todo o potencial do sistema BIM, outras dimensões foram adicionadas. A expressão *nD Modelling* surgiu no início do século na Universidade de Salford, no Reino Unido, definida como “a extensão das informações de uma construção, incorporando todas as informações de projeto necessárias em cada estágio do ciclo de vida de uma instalação da obra de engenharia” (LEE et al, 2005). Pode-se caracterizar sucintamente, ainda, como um modelo digital que contém informações sobre a construção, gestão, operação e manutenção de uma dada obra (GRAPHISOFT, 2003). Lee et al (2005) também esclarece que o *nD Modelling* que a interoperabilidade dos sistemas BIM é imprescindível para que todas as informações conversem entre si em um mesmo projeto e, desta forma, o resultado seja preciso e compreensível.

Em sequência, cada uma das dimensões do *nD Modelling* é apresentada com mais detalhes.

#### 2.1.4.1 3D

A existência do modelo tridimensional para projetos de engenharia e arquitetura surge, a princípio no início dos anos 70, para facilitar a idealização da concepção do empreendimento e, além disso, atuar na redução das interferências nos sistemas de instalações hidrossanitárias e elétricas, o chamado “sistema MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*)” (TJELL, 2010).

Tjell (2010) destaca ainda que as diferenças do modelo tridimensional original para o modelo tridimensional BIM são, todavia, notáveis: as informações dos objetos presente num projeto em BIM contêm informações que podem, de maneira automática, ser atualizadas conforme o projeto evolui. Aqui vemos a importância do “I” da sigla BIM, a informação sobre os elementos de projeto que distingue dos modelos 2D e dos 3D convencionais. Para que o potencial do BIM 3D seja totalmente satisfatório, é necessário ainda a colaboração de todos os envolvidos no processo construtivo, de operários à engenheiros, fato que historicamente não ocorre na prática.



#### 2.1.4.2 4D

Apesar do incremento inquestionável para a colaboração de projetos com o uso do BIM 3D, a quarta dimensão surge para adicionar a rapidez aos projetos de engenharia, dada a grande evolução no campo da tecnologia nos últimos anos. O planejamento de obra pode ser compartilhado e analisado visualmente e facilmente modificado para chegar na solução mais eficiente para a obra, através de sucessivas simulações (BAPTISTA, 2015).

Pode-se, ainda, usar o modelo 4D para representar e visualizar as interações dos elementos do projeto entre si e desses elementos e usuários da concepção, que podem balizar indicadores e critérios os quais delimitarão o planejamento.

Nakamura (2014) fala sobre o uso do BIM pelas construtoras: apesar de pouco popular, mostra-se muito vantajoso ao incluir a dimensão tempo às outras já utilizadas pelas empresas. É possível dessa forma, unir as informações do canteiro ao projeto e tornar o manejo da obra muito mais eficiente, preciso e ligado à realidade.

#### 2.1.4.3 5D

Segundo Sakamori (2015), o modelo BIM 5D seria agregar às utilidades do modelo 4D o Gerenciamento de Custos, funcionando como uma ferramenta para otimização e adequação da orçamentação do empreendimento a cada nova fase de obra.

Essa derivação torna o modelo 5D dependente do modelo 4D em certo âmbito, uma vez que para levantar corretamente os custos de um empreendimento, faz-se necessário o componente tempo (STAUB-FRENCH; KHANZODE, 2007). Extrair as informações de custo com precisão, evita-se a extrapolação do orçamento na fase de execução, tornando a diferença do estimado, comprado e executado cada vez menor (SAKAMORI, 2015). Assim, o desperdício de tempo e material, que está intimamente ligado à gestão dos resíduos na construção civil, pode em muito beneficiar-se das ferramentas e facilidades fornecidas pelos modelos detalhados da quinta dimensão do BIM.

#### 2.1.4.4 6D e 7D

Há um desacordo acerca da delimitação das sexta e sétima dimensões na bibliografia relacionada ao assunto, entre os estudiosos e profissionais praticantes (CHAREF; ALAKA;

EMMITT, 2018). A seguir, são feitos esclarecimentos sobre as definições existentes e qual visão será adotada no presente trabalho.

Para alguns autores a sexta dimensão abrange simulações energéticas e análises do ciclo de vida da edificação. Otuh (2016) define como a sexta dimensão do BIM aquela que trata da sustentabilidade, com análises térmicas, avaliação ambiental e eventualmente certificação ambiental do empreendimento. Para a mesma autora, o BIM 7D trata da gestão, operação e manutenção do modelo. No mesmo caminho, Masotti (2014) classifica BIM 6D como sustentabilidade, destacando o estudo energético da edificação, e o BIM 7D como a gestão das instalações.

Já Oliveira, Scheer e Tavares (2015) definem o BIM 6D como *facilities management*, ou “o gerenciamento do ciclo de vida da edificação”, ou seja, a sexta dimensão do BIM diz respeito à fase após a construção do empreendimento. O BIM, graças ao rico armazenamento de informações durante o ciclo de vida da obra, pode ser de grande utilidade na tomada de decisões para um funcionamento mais sustentável e econômico da edificação (NICAL; WODYŃSKI, 2016). Complementar a isso, Kamardeen (2010) incorpora na sétima dimensão BIM a sustentabilidade, com a análise dos índices de carbono para elementos específicos de projeto e então avaliação do ciclo de vida da edificação.

Esta pesquisa será caracterizada na sexta dimensão, através dos assuntos acerca da sustentabilidade, incluindo análises e simulações energéticas, análise do ciclo de vida da edificação e a gestão de resíduos. Na sétima dimensão, será considerado o gerenciamento do ciclo de vida da edificação, incluindo então os períodos de operação e manutenção. Para embasar essa decisão, foi levada em conta a pesquisa realizada por Charef, Alaka e Emmitt (2018), que constatou que, dos profissionais que trabalhavam na área de BIM 6D e 7D, 86% atribuíam a sexta dimensão à sustentabilidade e 85% conferiam à sétima dimensão a gestão das facilidades.

#### 2.1.4.5 8D

Dados os altos índices de acidentes de trabalho atrelados a construção civil, a oitava dimensão do BIM está relacionada com a prevenção pelo projeto, ou originalmente a PtD (*Prevention through Design*), com três principais pontos: traçar um perfil de risco do modelo; sugerir sugestões para a segurança dos modelos com características de alto risco; e propor controle de riscos que são inevitáveis (KAMARDEEN, 2010).

### 2.1.5 Sistema de classificação da informação

Afim de aumentar a produtividade na construção civil, faz-se necessária a evolução e padronização dos processos, para tornar mais simples as trocas de informações entre as partes envolvidas no desenvolvimento de um projeto. O BIM, por si só, faz parte do processo de mudança, auxiliando no processo colaborativo da construção (CATELANI; SANTOS, 2016).

No âmbito da padronização, a ISO 12006 (*International Standard Organization*) é a responsável pelas determinações acerca da *Omniclass*, que é a base da classificação na indústria AEC, abrangendo todo o ciclo de vida de uma edificação. Existem ainda o *Unifomat* e o *Masterformat*, ambos menos abrangentes que a *Omniclass*; o primeiro tem foco nos sistemas organizacionais de um edifício e o segundo é a base da tabela “Resultados de Trabalho” do *Omniclass* (MANZIONE, 2013).

No Brasil, foi criada em 2009 a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, ABNT/CEE-134, incumbida de criar critérios para as componentes BIM, instituir uma versão brasileira para a ISO 12006-2 e gerar um sistema de classificação para a Construção (CATELANI; SANTOS, 2016).

A norma brasileira NBR15965 é a tradução da ISO 12006, que tem previsão para conclusão de sete partes. A primeira parte, ou NBR 15965-1, concluída em 2011, trata de “terminologias e princípios de sistemas de classificação para planejamento, projeto, gerenciamento, trabalho, operação e manutenção de projetos de construção” (KASSEM; AMORIM, 2015). Kassem e Amorim (2015) apresentam também a NBR 15965-2, baseada na *Omniclass*, que aborda terminologias e fundamentos para sistemas de classificação nas mesmas etapas de projeto de construção citadas acima.

Foram publicadas também a parte 3, sobre processos da construção civil, e a parte 7 da norma, que discorre sobre as informações da construção, até o momento da conclusão deste trabalho. (ABNT, 2012).

O fato da norma brasileira fundamentar-se na norma americana, pode causar confusão no que diz respeito à hierarquização da classificação (MATTANA, 2017). Mesmo assim, com a introdução da NBR15965 no cenário brasileiro ajuda a desmistificar o BIM e estabelecer um padrão para os projetos que sejam feitos nessa base.

### 2.1.6 Ferramentas BIM

Existem vários softwares BIM disponíveis no mercado, para o auxílio na elaboração de projetos. No Quadro 2 estão descritos alguns deles, juntamente com a dimensão a qual favorecem e a empresa que os desenvolve.

Quadro 2 - Ferramentas utilizadas para desenvolvimento do BIM

Dimensão	Software
3D	AUTODESK REVIT, GRAPHISOFT ARCHICAD, BENTLEY AECOSIM BUILDING DESIGNER, NEMETSCHEK VECTORWORKS, TRIMBLE SKETCHUP PRO, NEMETSCHEK ALLPLAN ARCHITECTURE, TRIMBLE TEKLA STRUCTURE, NEMETSCHEK SCIA ENGINEER, DATA DESIGN SYSTEM DDS, ACCA SOFTWARE EDIFICIUS, AUTODESK AUTOCAD CIVIL 3D.
Checagem dos modelos	SOLIBRI MODEL CHECKER, AUTODESK NAVISWORKS, TRIMBLE TEKLA BIM SIGHT
4D	TRIMBLE VICO OFFICE, DIGITAL PROJECT DP MANAGER, AUTODESK NAVISWORKS, INNOVAYA VISUAL 4D SIMULATOR, SYNCHRO SOFTWARE PRO
5D	INNOVAYA DESIGN ESTIMATING, TRIMBLE VICO OFFICE, ACCA SOFTWARE PRIMUS, NEMETSCHEK ALLPLAN BCM, AUTODESK QUANTITY TAKEOFF
6D	IES-VE, GRANLUND RIUSKA, DOE ENERGY PLUS, GRAPHISOFT ECODESIGNER STAR, ZOETIS EQUEST, AUTODESK GREEN BUILDING STUDIO, GRAITEC ARCHI WIZARD, AUTODESK ECOTECH, AUTODESK REVIT, BENTLEY AECOSIM ENERGY SIMULATOR, BIONOVA ONECLICK LCA, GREENDELTA OPEN LCA, CYPE LEED.
7D	PLANON UNIVERSE, ENGWORKS YOUBIM, NEMETSCHEK ALLPLAN ALLFA, ARCHIBUS
8D	-
Complementos relacionados	SOFTPLANSIENGE, BIM OBJECT, TERRESTRIAL LASER SCANNER (TLS).

Fonte : elaboração própria

Os softwares podem ter uma contribuição significativa para a gestão de resíduos, como no âmbito da quantificação de materiais. No decorrer do trabalho, esse assunto será abordado de forma mais aprofundada.

## 2.2 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

### 2.2.1 A Indústria da construção civil

Segundo Martins (2012), o setor da construção civil tem grande representatividade na economia dos Estados, pelo consumo de insumos, equipamentos e serviços, além da geração de empregos em uma cadeia produtiva. Em um país como o Brasil, onde a escolaridade de grande parte da população não é muito elevada, a mão-de-obra na construção civil passa a ser uma alternativa viável para aqueles com menos instrução participarem do mercado de trabalho. (MELO, 2001).

O crescimento acumulado do setor da construção civil no Brasil nos 4 trimestres do ano de 2010, no auge da ascensão econômica dos anos 2000, segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção, foi de 13,1% (IBGE, 2018).

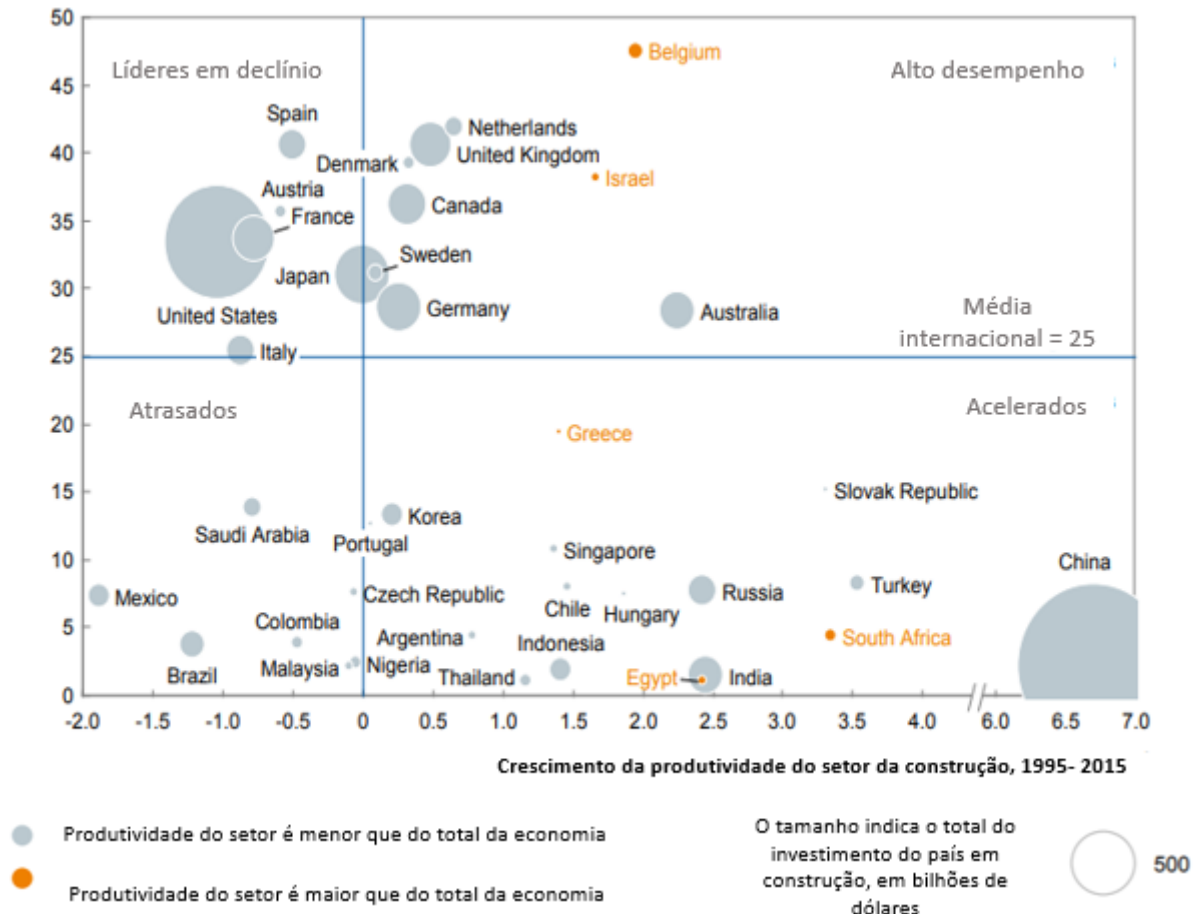
Mesmo afetando positivamente a economia do país, um inconveniente é gerado ao meio ambiente e ao equilíbrio sustentável da cidade: os Resíduos de Construção e Demolição (RCD), cada vez em maiores proporções. De acordo com pesquisas realizadas Barros e Hochleitner (2017), estudiosos estimam que os Resíduos de Construção e Demolição representam de 26% até 57% do total de Resíduos Urbanos.

Como destacado por Fazinga (2012), o setor da construção civil recebe inúmeras críticas pelo seu caráter artesanal do processo produtivo, responsável por altos índices de desperdício e ineficiência. Já no gerenciamento e controle da produção, as dificuldades se traduzem na baixa instrução da mão-de-obra e na variedade de fornecimento de materiais. Esses problemas ocorrem não só no mercado brasileiro, mas também por todo o mundo.

Uma pesquisa da McKinsey Global Institute (1998), que pode ainda ser trazida aos dias de hoje pela pouca variação dos métodos construtivos, diz que a produtividade do setor da construção residencial no Brasil equivale a 35% dos Estados Unidos. Uma pesquisa mais recente da mesma instituição (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017), mostra que a produtividade no mundo na construção cresceu em média apenas 1% ao ano, nas duas últimas

décadas. A Figura 2 mostra um comparativo da produtividade da mão-de-obra no em âmbito mundial, com destaque à baixa performance no Brasil.

Figura 2 - Produtividade do trabalho na construção no ano de 2015



Fonte: Adaptado de McKinsey Global Institute (2017)

Razões apontadas para o baixo desempenho são a alta regulamentação do setor e dependência do setor público, além da informalidade e da corrupção. Esses fatores levam à gestão e execução ineficiente dos projetos, com baixo nível e aptidão dos empregados, e a reduzida busca por inovação e pesquisas no setor (BARBOSA et al, 2017).

Sendo assim, pesquisadores tais como Vrijhoef e Koskela (2005) indicam alternativas para a redução das insuficiências do setor: a valorização da produção especializada, que se refere a adequação das técnicas de acordo com as particularidades do local do empreendimento-foco; o produto único, o qual busca evitar projetos repetitivos aplicados diversas vezes, sem nenhuma exclusividade; e a organização temporária para produção, onde diversos profissionais de diferentes áreas complementares atuam em um mesmo projeto.

## 2.2.2 Conceituação

### 2.2.2.1 Resíduos

O intenso processo de urbanização e crescimento da industrialização, baseados em procedimentos insustentáveis, aumentaram significativamente a produção de resíduos sólidos e, portanto, as exigências de instrumentos para minimizar os problemas gerados por esses. A questão dos resíduos se relaciona com questões ainda maiores como ambientais, sanitárias, de saúde pública e de equilíbrio da própria sociedade (SANTOS; GONÇALVES-DIAS, 2010). Pesquisas demográficas da ONU indicam que a população urbana, grande responsável pela produção dos resíduos domésticos, chegará em 7,9 bilhões de habitantes em países em desenvolvimento (UNFPA, 2007).

Partindo desse dado, outras problemáticas envolvendo resíduos sólidos surgem, como reduzido espaço físico disponível para disposição, sistema logístico eficiente e abrangente de coleta e tratamento e principalmente a proliferação de vetores de doenças, como moscas, ratos e baratas (GUTHER, 2008).

A seguir algumas conceituações de resíduos serão expostas, a fim de contextualizar, posteriormente, o papel e a responsabilidade da indústria da construção civil nessa problemática.

A NBR 10004:2004 (ABNT, 2004a, p. 1) descreve resíduos da seguinte forma:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou de corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível.”

Uma visão mais específica é dada por Lima (2001, p. 32), para resíduos sólidos, como “materiais heterogêneos (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente utilizados, gerando entre outros aspectos, proteção à saúde pública e a economia de recursos naturais”.

A NBR 10004 (ABNT, 2004a) ainda classifica os resíduos sólidos em:

- Classe I: Perigosos;
- Classe II: Não Perigosos;

- Classe IIA: Não Inertes;
- Classe IIB: Inertes

Uma classificação quanto à periculosidade é atribuída de forma semelhante pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Os chamados “Resíduos Inertes”, que incluem os resíduos da construção civil, ou entulhos, em sua maioria, incluídos nessa classificação, são definidos pela NBR 10004 (ABNT, 2004a, p. 5) como:

“Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor” (ABNT, 2004a).

As NBR 10007 (ABNT, 2004c) e 10006 (ABNT, 2004b), citadas na última definição, tratam dos procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos e de amostragem de resíduos sólidos, respectivamente.

Além disso, pode-se classificar os resíduos sólidos quanto a sua origem, de acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), a qual será detalhada em sequência neste trabalho:

- a) resíduos domiciliares;
- b) resíduos de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico;
- f) resíduos industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde;



h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris;

j) resíduos de serviços de transportes;

k) resíduos de mineração.

Serão tratados mais especificamente, na atual pesquisa, dos Resíduos da Construção Civil (RDC). O RDC é definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) como apresentado acima e também pela Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002, p. 95), descrita a seguir:

“Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”

Portanto, os resíduos da construção civil, citados anteriormente, são representados prioritariamente pelos Resíduos Sólidos da Construção e Demolição (RSCD), chamados popularmente de entulho, sobras do processo construtivo, provenientes de construções novas, reformas, reparos, demolições ou da preparação e escavação de terrenos (BLUMENSCHNEIN, 2007). Para Angulo (2005), os RCD (Resíduos de Construção e Demolição) são diferentes tipos de materiais, provenientes de diferentes processos, sejam eles novas obras, reformas ou demolições, incluindo limpeza de terrenos com existência de solos ou vegetação.

Além disso, no artigo 3º (BRASIL, 2002), juntamente com a Resolução nº 431 (BRASIL, 2011) classifica os Resíduos da Construção Civil conforme denominado a seguir:

- I. Classe A – são resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a. de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;
  - b. de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos etc), argamassa e concreto;
  - c. de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc) produzidas nos canteiros de obras;
- II. Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
  - III. Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
  - IV. Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Essa classificação tem importância ao que tange triagem do resíduo, para posterior destinação e possível reaproveitamento do resíduo. Tal processo será tratado com maior detalhe na sequência deste trabalho.

#### *2.2.2.2 Desperdícios e perdas*

Para a compreensão do trabalho, deve-se esclarecer os conceitos de perda e de desperdício e a diferença básica entre esses conceitos, assim como a classificação de perda.

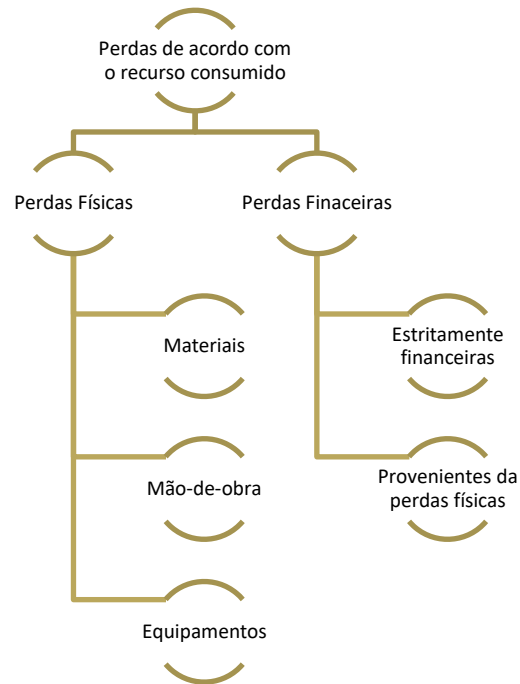
Perda na construção civil é definida por Formoso et al (1996, p. 1) como “qualquer ineficiência que se reflita no uso de materiais em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação”. Souza (2005, p. 23) complementa essa explicação afirmando que perda seria “toda quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada no projeto e seus memoriais, ou demais prescrições do executor, para o produto sendo executado”. A seguir será feita a distinção entre as diferentes classificações de perdas, afim de complementar ao anteriormente definido.

### 2.2.2.2.1 Classificação das perdas

As perdas podem ser classificadas de diversas formas, dispostas a seguir:

- a) Segundo o tipo de recurso consumido: se dividem como o apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Classificação das perdas segundo o tipo de recurso consumido



Fonte: Adaptado de Andrade e Souza (2000)

As perdas físicas são definidas como uma quantidade adicional de recursos presente em obra, estes subdivididos como no organograma, em relação ao realmente necessário. Já as perdas financeiras dizem respeito ao aumento dos custos financeiros de produção, devido ao mal-uso de recursos ou ao dimensionamento incorreto dos mesmos (ANDRADE; SOUZA, 2000).

- b) Segundo sua natureza: existem em três formas,
- Aparente: aquela que se transforma em entulho;
  - Incorporada: aquela presente no produto final, como o uso excessivo e/ou desnecessário de argamassa;
  - Devida à roubos.

c) Segundo seu controle: relacionam-se com o controle e redução das perdas, uma vez que as classificam em (BRAGA, 1999):

- Inevitáveis ou intrínsecas: aquelas que ocorrem por razões incontroláveis ou que os custos para reduzi-las é maior do que os custos pela sua ocorrência.

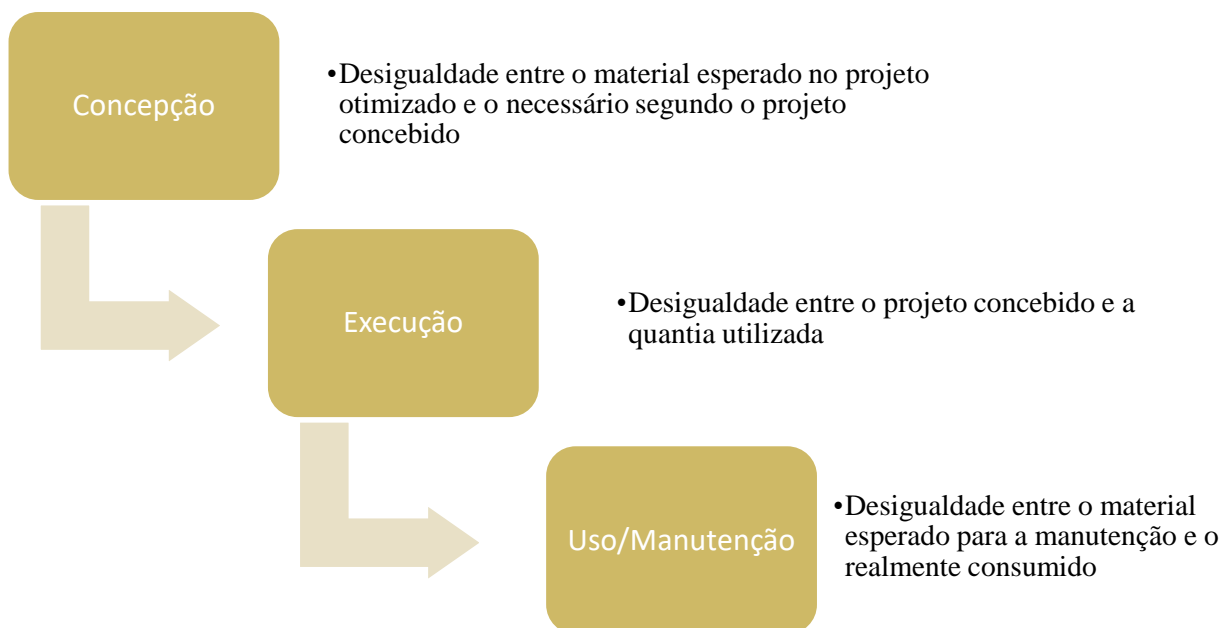
- Evitáveis ou desperdícios: a situação contrária do primeiro caso, onde os custos para redução das perdas são menores do que os custos causados pela mesma.

Ainda, Souza et al (1998) definem o desperdício como a parte do total de perdas economicamente possível de ser evitada.

d) Segundo sua forma de ocorrência: diz respeito às circunstâncias imediatas que geram o desperdício, sejam elas técnicas, como falhas na dosagem; materiais, equipamentos de transporte inadequados, por exemplo; entre outras (ANDRADE; SOUZA, 2000).

e) Segundo o momento de incidência: o uso excedente de recursos pode acontecer em variadas fases da construção, como disposto na Figura 4:

Figura 4 - Perda segundo o momento de incidência



Fonte: Adaptado de Andrade e Souza (2000) e Souza (1998)

Andrade e Souza (2000) ainda destacam que na etapa de Execução pode ser articulada uma nova ramificação, que dividem o percurso do material no canteiro e podem existir perdas nesses processos, são essas: recebimento, estocagem, transporte, processamento intermediário e aplicação.

- f) Segundo sua forma de incidência: tem relação à forma de aparição e pode acontecer nas diversas etapas do empreendimento. Um exemplo citado por Andrade (2000) é o cimento empedrado devido à umidade, na etapa de aplicação na execução.
- g) Segundo sua origem: buscam atribuir a etapa originária da perda, em quaisquer etapas do empreendimento, seja na concepção, no planejamento, na aquisição de recursos, na execução ou no uso/ manutenção (ANDRADE; SOUZA, 2000).

Braga (1999) cita ainda outros tipos de classificação das perdas:

- i. Imediatas ou retardadas
- ii. Internas e externas: o primeiro diz respeito as perdas relacionadas com o próprio empreendimento e o segundo às perdas relacionadas ao meio (ambiental ou social)
- iii. Previsíveis e imprevisíveis: de acordo com a possibilidade ou não de prever sua ocorrência.

Ainda, Agopyan et al. (1998) afirmam que, segundo conceitos defendidos por Koskela (1992), Shingo (1981) e Skoyles (1987), as perdas ainda podem ser classificadas sob dez outros aspectos, na construção civil:

- a) Perdas por superprodução: quando são produzidas quantidades superiores às necessárias.
- b) Perdas por substituição: uso de materiais com desempenho maior do que ao especificado em projeto, desnecessariamente.
- c) Perdas por espera: quando os serviços possuem dependências entre si, mas não estão sincronizados corretamente, gerando interrupções no sistema produtivo e perdas pela paralização.
- d) Perdas por transporte: quando existe planejamento deficiente da logística de transporte dos materiais do canteiro de obras, gerando movimentação excessiva e, conseqüentemente, perdas.

- e) Perdas no processamento: surgem no processo construtivo da obra, ou nas próprias atividades executadas, realizadas inadequadamente, seja por falta de técnica, descuido, negligência etc.
- f) Perdas nos estoques: perdas geradas pelo mal dimensionamento dos estoques, com estoques acima do necessário ou então deficiência de material por mal planejamento das entregas e pedidos.
- g) Perdas no movimento: geradas pelo baixo estudo do canteiro de obras antes do início das atividades, gerando perdas na movimentação dos trabalhadores e dos materiais, desnecessariamente.
- h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: são produtos que não atingem os requisitos de qualidade exigidos, demandando retrabalho e, conseqüentemente, perdas.
- i) Outras: podem ser aqui citados os roubos, o vandalismo, os acidentes etc.

Especificamente em relação à alvenaria, um dos objetos de estudo desse trabalho, as perdas são elevadas, pelo alto índice de quebras, projetos mal especificados e incompletos, retrabalhos e baixo detalhamento e padronização dos projetos (SILVA et al, 2017). Por isso, o processo construtivo da alvenaria se torna interessante para o monitoramento, visto que também está presente na maioria das obras da construção civil na atualidade.

### **2.2.3 Ciclo de vida dos resíduos em empreendimentos da construção civil**

Neste tópico será abordado o ciclo dos Resíduos da Construção Civil (RDC), excluindo a Análise do Ciclo de Vida (ACV) do material, ou seja, antes da sua entrada na obra. O ciclo apresentado a seguir ilustra o ciclo dos RDC e será explicado em mais detalhes na Figura 5 - gura 5.

Figura 5 - Ciclo de vida dos resíduos



Fonte: Virtual (2018).

### 2.2.3.1 Geração do resíduo

Para Ahankoob et al (2012), a perda mais representativa para o aumento de custo numa construção é o desperdício de material, mesmo existindo outros tipos de perda conhecidos e prejudiciais, como de tempo, mão-de-obra, energia etc. Os mesmos autores afirmam também que as perdas podem representar de 5% até 10% do total de material utilizado. Souza (2005) questiona e investiga a veracidade e a amplitude da afirmação que a perda em uma obra seria de 33%, tratamento que inspirou o presente trabalho na avaliação com o uso de BIM da geração de resíduos em obra para alguns processos.

Na etapa de geração dos resíduos, tem-se duas fontes dominantes, a construção, que representa de 19 até 52% do RDC, e a demolição, com 50 até 81% do RDC. (ÂNGULO, 2000).

As causas do desperdício são apontadas pela literatura e listadas no Quadro 3 - abaixo.

Quadro 3 - Causas do desperdício e possíveis ações corretivas segundo a literatura

<b>Causa</b>	<b>Fonte</b>	<b>Possíveis ações corretivas</b>
Clima	Ahankoob et al (2012), Nagapan, Rahman e Asmi (2011), Polat et al (2017)	Armazenamento adequado e seguro para os materiais.
Falta de gestão adequada do material	Ahankoob et al (2012), Poon et al. (2004), Formoso et al. (2002), Polat et al (2017)	Planejamento e coordenação do canteiro de obras, introdução de práticas Lean no processo de planejamento.
Baixa qualidade de armazenamento	Ahankoob et al (2012), Nagapan (2011), Polat et al (2017)	Construção de novos abrigos para armazenamento.
Baixo controle de qualidade dos processos da obra	Ahankoob et al (2012), Formoso et al. (2002), Rocha Neto (2010), Messeguer (1991), Nagapan (2011)	Monitoramento do sistema produtivo claro e constantemente avaliado; avaliar as atividades logo após o seu término
Baixo planejamento da execução	Formoso et al. (2002)	Sistematizar os procedimentos em projeto e integrá-los cronograma da obra; integrar práticas da <i>Lean construction</i> aos processos
Trabalhadores inexperientes	Ahankoob et al (2012), Formoso et al. (2002), Rocha Neto (2010), Nagapan (2011), Polat et al (2017)	Promover constantemente treinamentos de especialização dos empregados; buscar empregados mais capacitados.
Falta de integração entre os sistemas do projeto	Formoso et al. (2002), Soilbeman (1993), Polat et al. (2017)	Compatibilizar os projetos do empreendimento, como: estrutural, hidrossanitário, elétrico, arquitetônico etc.
Roubos	Ahankoob et al (2012)	Contratação de segurança especializada; proteção da obra por isolamento com cercas.
Projeto inadequado	Gavilan e Bernold (1994), Rocha Neto (2010), Soilbeman (1993), Polat et al. (2017)	Projeto apresentando erros, especificações e detalhamento faltantes, falta de compatibilização entre as diferentes especialidades etc.

Fonte: Ahankoob et al (2012), Formoso et al. (2002), Poon et al. (2004), Soilbeman (1993), Polat et al (2017), Rocha Neto (2010), Nagapan (2011), Jaillon, Poon e Chiang. (2009), Messeguer (1991), Gavilan e Bernold(1994).

Continua



Quadro 3 - Causas do desperdício e possíveis ações corretivas segundo a literatura

Continuação

Mudanças no projeto	Ahankoob et al (2012), Jaillon, Poon e Chiang (2009), Nagapan (2011), Polat et al (2017)	Fazer revisões e testes de projeto antes que a execução da etapa em questão seja iniciada.
Manuseio inadequado dos materiais	Ahankoob et al (2012), Rocha Neto (2010), Polat et al (2017)	Conhecimento prévio do trabalhador do tipo de material manuseado; promover treinamentos aos trabalhadores;
Perdas no transporte e na aplicação	Ahankoob et al (2012), Formoso et al. (2002), Soilbeman (1993), Polat et al (2017)	Contratação de transporte adequado e confiável; fiscalização constante de empresas terceirizadas para garantia da qualidade do serviço.
Corte inadequado do material	Ahankoob et al (2012), Polat et al (2017)	Preparar o material a ser cortado; prever anteriormente qual a necessidade de corte.
Compra inadequada de materiais	Ahankoob et al (2012), Soilbeman (1993), Polat et al (2017)	Realizar levantamentos mais precisos do estoque, que sejam atualizados constantemente; adotar análises mais criteriosas na aquisição de materiais, não apenas pelo menor preço.

Fonte: Indicada.

Formoso et al. (2002) apontam ainda, em sua pesquisa, razões específicas para as perdas de tijolos em blocos, relacionados diretamente com o processo de alvenaria. Primeiramente, relatam problemas com o transporte e chegada do material, relacionados principalmente com a falta de controle do número e da qualidade dos blocos que chegam. Outro motivo apontado é a falta de coordenação na modulação de blocos em projeto, gerando quebras de material, que podem chegar a representar 18% em relação ao peso total de blocos inicialmente disponível.

Porém, algumas perdas, como já tratado em tópicos anteriores, são inevitáveis e devem ser tratadas adequadamente. Em sequência, são apresentadas as demais etapas do ciclo dos resíduos na construção civil.

### 2.2.3.2 Identificação e classificação

A separação ou triagem das classes de resíduo diretamente na fonte traz benefícios para o construtor, uma vez que desembaraça o processo de reciclagem. Pode também dividir os

materiais segundo os métodos usados para a reciclagem, evitando também a contaminação ou a mistura de elementos (ÂNGULO, 2005).

Segundo Martins (2012), para que procedimentos de reutilização ou reciclagem possam acontecer, a separação dos resíduos de obras deve ser feita na origem, para que problemas mais complexos e caros não sejam gerados posteriormente. Por isso, o gerenciamento e planejamento do manejo de resíduos tem papel importante, principalmente para grandes obras, as quais possuem maior potencial gerador de resíduos e uma rede mais complexa para ser gerenciada.

Villalba et al. (2002) afirma que a triagem pode ser considerada uma forma de aumentar o nível de reciclabilidade do resíduo, já que são levados em conta aspectos em relação às propriedades comuns dos materiais em questão, fator que facilita a identificar qual aplicação melhor se encaixa para cada grupo.

Vale destacar ainda que a triagem, de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), deve ser realizada *a priori* pelo gerador dos resíduos na fonte e com destinação previamente determinada para esse fim, além de obedecer às classes do CONAMA já definidas anteriormente no presente trabalho.

Portanto, percebe-se que a triagem é uma etapa que facilita e viabiliza as demais no ciclo de vida dos resíduos e que, caso não seja feita, o processo não pode ser completado de maneira correta e sustentável. Angulo (2005) conclui que mesmo a triagem sendo parte essencial para o reaproveitamento dos resíduos no canteiro de obras, isoladamente ela não pode vencer o pouco incentivo à reciclagem e alto preço de processamento dos rejeitos.

### 2.2.3.3 Acondicionamento e armazenamento

Brum (2013, p. 51) define que, após a etapa de separação dos resíduos, os mesmos “devem ser acondicionados em recipientes apropriados até serem transportados até o depósito final”. Para isso, alguns recipientes para armazenamento indicados pelo mesmo autor são baias, bombonas, *bags* e caçambas.

O SINDUSCON (2005) determina que, para definir qual o tipo de dispositivo deve ser utilizado, para o acondicionamento, além de suas dimensões e demais características, devem ser conhecidos alguns fatores, como: volume, características físicas, complexibilidade para coleta, controle do meio, segurança dos operários e conservação das características do resíduo.

A localização dos recipientes de acondicionamento no canteiro pode, além de garantir o correto tratamento do resíduo, ter caráter estratégico, quando o objetivo é a otimização da circulação dos mesmos, fator que favorece a entrada e saída de materiais (BRUM, 2013).

#### 2.2.3.4 Transporte

Lima (2009) divide a etapa de transporte em duas subetapas: o interno e o externo. O Transporte interno caracteriza-se pela movimentação de materiais dentro da obra, feito geralmente por carrinhos, elevadores para carga, guias etc. Essa etapa vem antes do acondicionamento. Já o transporte externo diz respeito à remoção dos resíduos da obra. Esta só pode ser feita após o preenchimento de um formulário com informações do gerador, do transportador e dos resíduos a serem transportados, a fim de assegurar a destinação correta dos últimos. Segundo o mesmo autor, tipo de veículo utilizado nessa etapa são caminhões com poliguindaste ou caçamba basculante, com a cobertura de uma lona para evitar derramamentos nas operações de transporte.

O transporte exerce um papel de destaque na gestão dos resíduos da construção civil, uma vez que o custo será diretamente proporcional à quantidade produzida e a distância percorrida, como constatado na pesquisa de Brum (2013), que resultou em uma economia com o custo de transporte de resíduos, fazendo a reutilização dos mesmos dentro e fora do canteiro.

#### 2.2.3.5 Destinação final: descarte, reaproveitamento, reciclagem

A última etapa, ou a etapa inicial de um ciclo, no caso de reaproveitamento, é a destinação final do resíduo. Este não é um caminho único e pode ter variações que dependem do seu tipo, manuseio, se está ou não contaminada, entre outras variáveis. Abordaremos aqui as práticas possíveis para gestão dos resíduos, após sua geração.

Segundo Pinto (1999) alternativas como a reciclagem tornaram-se inevitáveis no último século, devido a elevada geração de resíduos sólidos, tanto em países desenvolvidos como naqueles ainda em desenvolvimento. Segundo o mesmo autor, a reciclagem e a reutilização de matérias-primas na construção é histórica e correntemente praticável pela humanidade, seja para lidar com a escassez de materiais, pelo grande volume de resíduos gerado e disponível ou pela facilidade de práticas construtivas.

Tavares (2007) coloca em questão os benefícios ambientais trazidos pela reciclagem dos resíduos, uma vez que estes podem variar de acordo com certos fatores, por exemplo, distância de transporte. Mesmo assim, a reciclagem pode trazer vantagens evidentes, como a redução da poluição, tal quando usado como cinza volante na indústria cimenteira ou pela redução de

entulho despejado na natureza; a redução do volume em aterros sanitários; ou a redução do consumo de energia. Além disso, Tavares (2007) enumera as vantagens econômicas geradas pela reciclagem, como reaproveitamento do material que antes seria simplesmente depositado em aterros sanitários.

John (2000) concluiu com sua pesquisa que a experiência de reciclagem do Brasil é econômica e tecnicamente viável para implantação, dependendo da redução das distâncias de transporte pela construção de uma malha de transportes adequada para a captação de resíduos.

No caso dos resíduos de Classe A classificação conforme a Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002), aqueles não recicláveis, a alternativa recomendada são os aterros sanitários para a deposição de resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes, cujas recomendações para projetos, implantação e operação estão dispostas na NBR 15113 (ABNT, 2004d)

Nessa situação, outros problemas são gerados como elevados gastos com transporte de rejeitos, perda de matérias que poderiam ser reutilizados, deposição inadequado em aterros sanitários etc (MARTINS, 2012). Por essa razão, a gestão adequada dos resíduos e uma previsão adequada da sua destinação e da logística envolvida nesse processo se fazem necessárias, para que as obras obtenham um caráter sustentável segundo os pilares ambiental, social e econômico.

Por fim, Pinto (1999) conclui em sua pesquisa que a Gestão Diferenciada dos Resíduos, incluindo as etapas de manejo desses e reciclagem, é atraente financeiramente. A amortização rápida dos investimentos iniciais e a diminuição do impacto na vida urbana do canteiro de obras tornam a valorização dos resíduos uma escolha preferível, em detrimento ao processo convencional em obras, onde os rejeitos são descartados inadequadamente.

#### *2.2.3.6 Alternativas para redução dos resíduos em obras*

Apesar da valorização dos resíduos ser uma alternativa viável e desejável, a Resolução CONAMA n° 307/2002 determina que “os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final” (BRASIL, 2002, p.1). Ou seja, prevalece o objetivo de não geração dos resíduos. Algumas possibilidades executáveis em canteiro de obras poderiam reduzir significativamente a quantidade de resíduos em obra.

Cheng, Won e Das (2015) relatam como o desperdício de concreto pode ser minimizado com alguns métodos, analisados por pesquisadores diversos, como Meibodi, Kew e Haruglu (2014), Jaillon, Poon e Chiang (2009) e Lawton et al (2002). Esses métodos consistem

basicamente no uso de pré-fabricados, no projeto compatível com a realidade do canteiro e em técnicas apropriadas e conhecidas pelos empregados. Cheng, Won e Das (2015) concluem também que poucas são as alternativas para redução dos resíduos nas fases anteriores a execução.

Koskela (1992), um dos grandes estudiosos em *Lean Construction* (construção enxuta) da atualidade, destaca em seu estudo como a construção civil está sujeita à baixa produtividade, pouca segurança no trabalho e a qualidade insuficiente. A ideia de incluir a industrialização em obra, ou os princípios do *Lean Production* no canteiro de obras tem em muito a colaborar com a diminuição de resíduos. Aplicando os princípios destacados por Koskela (1992):

- Reduzir atividades que não adicionam valor (também chamadas de desperdício);
- Reduzir a variabilidade;
- Simplificar o processo ao reduzir o número de partes, passos e dependências;
- Focar no controle dos processos;
- Melhorar continuamente os processos;
- Entre outros.

Neste estudo, Koskela (1992) ainda complementa que a quantidade de atividades que não agregam valor na construção civil é expressiva, porém, como os processos convencionais não medem esse tipo de índice, elas são muitas vezes desconsideradas. Tais ideias são corroboradas por Venturini (2015), que implantou o sistema *Lean* em um canteiro atual e pode perceber como uma obra eficiente em termos de produtividade, organização e planejamento trouxe o aumento da produtividade e a redução dos desperdícios.

Além disso, observa-se a necessidade de minimizar a incompatibilidade do projetado e do real, buscando alternativas mais sustentáveis e convenientes com a realidade atual do mercado da construção. A tecnologia BIM, por exemplo, possibilita essa incrementação da eficiência energética e da sustentabilidade, com a vinculação de diversos tipos de ferramentas de análise, além da verificação facilitada e mais precisa das intenções de projeto, da descoberta de erros anteriormente à etapa de construção, da implementação otimizada de técnicas de *Lean Construction*, entre outros (EASTMAN et al, 2014). Na sequência deste trabalho, será abordada de maneira mais direta a relação do BIM com a gestão de resíduos.

#### **2.2.4 Gestão e gerenciamento dos resíduos da construção civil**

A fim de diferenciar, primeiramente, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, usaremos as definições dispostas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010, p. 10):

“X – Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta lei;

XI – Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;”

Dessa maneira, o gerenciamento tem um âmbito mais prático e aplicado, efetivamente voltado para as ações realizadas no manejo dos resíduos sólidos e, por outro lado, gestão se define mais à busca de estratégias para o correto manejo. Nagalli (2014) diferencia gestão e gerenciamento de resíduos definindo que, o primeiro, coordena a atuação dos agentes, através de um planejamento adequado para o manejo dos rejeitos da construção civil e, o último, tem enfoque em procedimentos práticos no manejo dos resíduos, citando as técnicas de prevenção quantitativa e qualitativa.

A gestão dos resíduos, segundo Cheng, Won e Das (2015), consiste na redução dos mesmos, além do planejamento da sua disposição. Podemos englobar nisso a política dos 3Rs, que abrange a redução, o reuso e a reciclagem de materiais. Seguindo essa lógica, o primeiro passo seria estudar uma obra com menores perdas e, caso existam, a sua reutilização em outros processos. Se nenhuma das duas opções for viável, sua adequada disposição e preferível reciclagem deve ser prevista e planejada, incluindo nisso o total de perdas, transporte e taxas a serem reservadas.

Trazendo essa abordagem para a indústria da construção civil, a o gerenciamento de resíduos sólidos foi impulsionada pela aprovação da Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), que instituiu a obrigatoriedade de implantação pelo poder público local dos Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Desta forma, desejou a redução ou até a eliminação dos impactos causados pela geração e posterior manejo dos resíduos da construção civil.

Pinto (2005) aponta quais ações são alvo dos Planos Integrados, para que se alcance uma política sustentável, do âmbito econômico e ambiental. Dentre elas estão a destinação adequada de grandes volumes de resíduos, redução dos resíduos na fonte e a preservação ambiental. Para

Fatta *et al.* (2003), pontos-chave do gerenciamento de resíduos da construção civil são sua sustentabilidade e viabilidade; a redução dos resíduos; estímulos dos investimentos em meio ambiente; promoção de práticas como reuso, reciclagem e recuperação etc.

Mariano (2008) ainda traz outra questão à discussão: transformar resíduos em produtos e implantar um sistema concreto de gerenciamento de resíduos sólidos traz também maior sustentabilidade social e ambiental, já citadas anteriormente neste trabalho.

Segundo John (2000), o processo de gestão dos resíduos na cidade de São Paulo movimentava um valor entre 74 e 101 milhões de reais por ano, sendo, portanto, um grande negócio, com balanço financeiro que não pode ser desconsiderado ou negligenciado. Pinto (1999) elenca os principais investimentos na implantação de um sistema de gestão diferenciada de resíduos, entre eles obras civis, equipamentos para a reciclagem e remoção adequada dos rejeitos, assim como os próprios custos operacionais envolvidos no processo.

### **2.2.5 Métodos para estimação da geração de resíduos da construção civil**

Sabe-se, primeiramente, que a quantificação dos resíduos gerados em uma obra depende de avaliações experimentais e características regionais (BARROS, 2017). Ainda não existe um método unificado e padronizado de estimação, sendo um desafio para as próximas gerações (LU *et al.*, 2011), portanto, a seguir serão apresentados alguns métodos para a mensuração da quantidade de resíduos gerada em uma obra, os quais servirão de comparativo nos próximos capítulos do trabalho.

#### a) Baseada no valor financeiro das atividades

Yost e Halstead (1996) criaram um método que permite a quantificação dos resíduos através do valor financeiro de construção, disposto em licenças de RCD no município de estudo. O método foi escolhido após a verificação de que utilizar dados de população não refletiam as atividades de construção e demolição adequadamente. O passo a passo seguido foi o seguinte:

- i. Determinação empírica da quantidade de resíduo gerada no canteiro;
- ii. Estimativa do valor financeiro por unidade de área da obra;
- iii. Obtenção do valor financeiro total do empreendimento, de acordo com estimativas oficiais do governo;

- iv. Utilizar os dados dos passos i e ii para converter valor financeiro em quantidade de resíduos.

O estudo teve resultados satisfatórios, porém depende de dados oficiais do governo, nem sempre disponíveis em todas as regiões.

b) Baseada na Análise do Fluxo de Vida do Material

Cochran e Townsend (2010) utilizaram um outro método para análise da quantidade de resíduos gerada por um empreendimento, analisando o fluxo de vida desses materiais. O método teve base em três simples equações, dispostas a seguir:

- i.  $C_w = M \times w_c$   
 ii.  $D_w = M - C_w$   
 iii.  $D_{w(ano\ atual)} = M_{(ano\ atual-50anos)} - C_{w(ano\ atual-50anos)}$

Sendo:

$C_w$ : material descartado durante a instalação

$M$ : material mantido no empreendimento após a instalação

$w_c$  (%): valor percentual de descarte, obtido de alguns guias de construção;

$D_w$ : resíduos de demolição

Percebe-se que, os autores buscam ainda fazer uma estimativa da quantidade de resíduo gerada após alguns anos de operação, já que todos possuem uma vida de serviço limitada. Aqui foi utilizado o exemplo para materiais com durabilidade de 50 anos.

A principais conclusões do estudo foram que os valores assumidos para a durabilidade de materiais podem influenciar significativamente nos resultados finais e que, com mais pesquisas, esse tipo de abordagem pode ser utilizado principalmente para estimar a quantidade de resíduos da construção gerada por uma região.

c) Baseada no metro quadrado de área construída

Para esse tipo de estimativa, foram levantados na literatura alguns métodos. No primeiro, Lage *et al.* (2009), em um estudo feito na região da Galícia (Espanha), levantaram dados estatísticos característicos da população e da construção civil na área, tendo como equação básica:



$$R_{\text{construção civil}} = \sum_{\text{região}} (R_{Ci} + R_{Ri} + R_{Di}) = \sum_{\text{região}} (C_C \times S_{Ci} + C_R \times S_{Ri} + C_D \times S_{Di})$$

Sendo,

$R_{\text{construção civil}}$ : Resíduo total gerado pela construção civil, podendo ser de construção ( $R_C$ ), renovação ( $R_R$ ) ou demolição ( $R_D$ );

$S_C, S_R, S_D$ : Área total, relacionada com as respectivas modalidades;

$C_C, C_R, C_D$ : Quantidade de resíduo gerado por unidade de área, para as respectivas etapas.

Portanto, para cada região de estudo, seria necessário refazer os levantamentos para gerar novos coeficientes, além de que o ano e as características de consumo do momento econômica dessa região também seriam variáveis. Dessa forma, esse método apresenta grande oscilação e não pode ser aplicado em todos os casos.

Solís-Guzmán *et al.* (2009) utilizou um método parecido, onde a quantidade de resíduo gerada foi estimada para cada material ou “item”, como são chamados no estudo, a partir da quantidade estimada para o mesmo, multiplicado por um coeficiente de conversão unitária. Os coeficientes utilizados foram retirados *Andalusian Construction Costs Database* (ANDALUCÍA, 2008) e, como no outro caso, não podem ser aplicados a qualquer região.

d) Utilizando dados de compra, utilização e estoque

Formoso *et al* (2002) buscaram com seu estudo investigar as causas do desperdício na construção civil, usando como casos de estudo obras da região de Porto Alegre. Para isso, estimaram também a quantidade de resíduo gerado em cada um dos 5 canteiros, utilizando a seguinte fórmula:

Quantidade de resíduos (%)

$$= \frac{[(Material_{\text{comprado}} - Material_{\text{estocado}}) - Material_{\text{utilizado em obra}}]}{Material_{\text{usado em obra}}}$$

Além disso, o desperdício de materiais foi medido nas diferentes fases de construção: anteriormente à chegada dos materiais no canteiro, durante o transporte, durante a construção e devido a outros eventos, tais como vandalismo ou roubo.

Andrade e Souza (2000) também utilizam uma técnica parecida para medição de resíduos em obra, para cada material, utilizando dados de estoque, uso e recebimento de materiais. É medido:

- No recebimento: se a quantidade descrita em nota fiscal corresponde ao recebido;
- Na estocagem: se ocorre perda devido ao armazenamento incorreto dos materiais;
- Na aplicação: se ocorre perda devido ao manuseio incorreto de materiais ou à técnicas incorretas de construção;
- No transporte: se ocorrem perdas no processo de transporte do material.

#### e) O BIM na gestão de resíduos de construção

Fazendo uso da tecnologia disponível na atualidade, Cheng e Ma (2013) empregaram o BIM para estimar a quantidade de resíduo gerado em obras. O *software* AUTODESK REVIT foi utilizado para quantificar o volume de material a ser utilizado e, logo, estimar a quantidade de material caso ocorresse a demolição da construção.

Barros e Hochleitner (2017) fizeram um uso semelhante, ao desenvolver um *plugin*, arquivo que adiciona novas funcionalidades ao *software*, através do programa de computador Autodesk Revit, para quantificar o resíduo de cada elemento de projeto. Então, buscou-se na literatura o índice de geração de resíduo do elemento por unidade de medida e, através do *plugin* programado e da quantificação dos elementos pelo *software* AUTODESK REVIT, chegou-se a uma estimativa do total de resíduo gerado pela edificação. Calculou-se também o número de caçambas utilizada no transporte dos resíduos, separando-os em inertes e não-inertes.

Lu et al. (2011) também utilizaram o *software* AUTODESK REVIT para estimar a geração de resíduo de uma edificação: foi gerado um *plugin* para a estimação do resíduo da edificação, onde após fornecido pelo programa computacional a quantidade de cada elemento em projeto, essa foi multiplicada pelo nível de geração de resíduo da base de dados.

### 2.2.6 Legislação e Normas brasileiras sobre resíduos da construção

A seguir, serão citadas e descritas algumas Leis e Normas Brasileiras referentes ao manejo de resíduos sólidos, por ora já mencionadas anteriormente neste documento.

Primeiramente, vale mencionar o artigo 23, inciso VI, da Constituição Federal que determina a proteção ao meio ambiente e a luta contra a poluição em todas suas formas, o que inclui também a contaminação por conta dos resíduos sólidos. Além deste artigo, ainda são mencionados 25, que dispõe que toda a população tem direito à um ambiente equilibrado ecologicamente, impondo ao Poder Público e à coletividade de promovê-lo e preservá-lo.

A seguir, são pontuadas algumas Leis Federais relacionadas com a temática.

- Lei Federal nº 2.312 (3 setembro de 1954), regulamentada pelo decreto 49.974-A (21 de janeiro de 1961): enquadra coleta, transporte e destino final adequados dos resíduos como importantes para a saúde pública social.
- Lei Federal nº 9.605 (12 de fevereiro de 1998), regulamentada pelo decreto 3.179 (21 de setembro de 1999): estabelece as punições e demais consequências legais para aqueles que prejudicarem o meio ambiente por atitudes lesivas.
- Lei Federal nº 12.305 (2 de agosto de 2010), regulamentada pelo decreto nº 7.404 (23 de dezembro de 2010): estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a Lei Federal nº 9.605.
- Lei Federal nº 11.445 (5 de janeiro de 2007): estabelece os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Resoluções CONAMA:

- Resolução CONAMA nº 02 (22 de agosto de 1991): regulamenta o fim de cargas degradadas, contaminadas ou fora do padrão de especificação.
- Resolução CONAMA nº 023 (12 de dezembro de 1996): estabelece critérios para a movimentação de resíduos entre fronteiras.
- Resolução CONAMA nº 307 (05 de julho de 2002): dispõe sobre a gestão de resíduos da construção civil, incluindo diretrizes, critérios e procedimentos.
- Resolução CONAMA nº 448 (2012): alterou os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução CONAMA nº 307.
- Resolução CONAMA nº 348 (2014): Classifica os resíduos de amianto como resíduos perigosos.

NBRs:

- NBR 5681 (1980): Controle tecnológico de execução de aterros em obras de edificações – Procedimento
- NBR 10004 (1987): Resíduos Sólidos – Classificação
- NBR 10006 (1987): Solubilização de resíduos – Procedimento
- NBR 10007 (1987): Amostragem de resíduos – Procedimento
- NBR 11174 (1990) e NB 1264 (1989): Armazenamento de resíduos de Classe II – não-inertes e de Classe III – inertes
- NBR 13221 (1994): Transporte de resíduos – Procedimento
- NBR 15112 (2004): Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto de implantação e operação.
- NBR 15114 (2004): Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação

### **2.2.7 O BIM na gestão de resíduos da construção**

Após elucidar os tópicos referentes tanto ao BIM como à gestão de resíduos, pode-se relacionar os dois temas, buscando respostas ao questionamento inicial: como o BIM pode auxiliar na gestão de resíduos da construção? As pesquisas sobre o tema são escassas e grande parte foi feita fora do Brasil. O Quadro 4, adaptado de Won e Cheng (2017), ilustra algumas formas as quais o BIM pode auxiliar na gestão dos resíduos.

Quadro 4 - Usos do BIM que podem ser implementados para a gestão de resíduos da construção e demolição

Uso do BIM	Efeito nos resíduos da Construção e Demolição	Razão de Exclusão	Fase				
			Planejamento	Projeto	Construção	Operação	Demolição
Fase de planejamento	Sim	-					
Estimativa do custo dos resíduos	Sim	-					
Revisão de projeto	Sim	-					
Compatibilização de projetos	Sim	-					
Planejamento da utilização do canteiro	Sim	-					
Projeto do sistema de construção	Sim	-					
Fabricação digital	Sim	-					
Controle e Planejamento 3D	Sim	-					
Condições iniciais do modelo	Não	Pré-requisito (geração do modelo)					
Programação	Não	Necessita de regulações relevantes e premissas					
Análise do local	Não	Necessita de informação adicional					
Validação do código	Não	Necessita de regulações relevantes e premissas					
Autoria de projeto	Não	Pré-requisito (geração do modelo)					
Análise de engenharia	Não	Melhora do processo de projeto					
Avaliação da sustentabilidade	Não	Melhora do processo de projeto					
Modelagem de arquivos	Não	Pré-requisito (geração do modelo)					
Gestão dos materiais	Não	Necessita de informação adicional					
Gestão de ativos	Não	Apenas na fase de operação					
Programação da manutenção do empreendimento	Não	Apenas na fase de operação					
Análise dos sistemas do empreendimento	Não	Apenas na fase de operação					
Planejamento de sinistros	Não	Apenas na fase de operação					
Gestão das instalações	Não	Apenas na fase de operação					
Gestão do espaço e rastreamento	Não	Apenas na fase de operação					

Fonte: Adaptado de Won e Cheng (2017)

A seguir, são apresentadas algumas utilidades do BIM para o auxílio na gestão dos resíduos do canteiro de obras.

#### a) BIM para planejamento e programação

A fase de planejamento auxilia o gestor a visualizar suas necessidades ao longo do trabalho, como espaço e material necessário em cada fase do projeto. Uma melhor compreensão do projeto como um todo é essencial para evitar atividades desnecessárias ou pouco efetivas (WON; CHENG, 2017).

Quando o BIM é utilizado para a redução de resíduos nas fases iniciais de um projeto, como de planejamento, *design* e até mesmo na gestão da construção, as mudanças são maiores que quando aplicado diretamente à operação da obra já construída, uma vez que os materiais excedentes vêm desde as fases preliminares (SHEN *et al.*, 2004).

Prover os materiais no tempo certo para o canteiro para evitar longos períodos de armazenamento, que podem danificar as funcionalidades do material, e também para que movimentações desnecessárias sejam eliminadas, facilita a gestão eficiente do canteiro de obras.(WON; CHENG, 2017).

#### b) BIM para o auxílio ao *Lean Construction*

Originalmente, as técnicas *Lean* colaboram por si só para a redução do desperdício, por modificações relacionadas à espera, movimentação, processos, superprodução, estoques e transporte. O BIM pode potencializar as técnicas, aplicando novos métodos de controle da produção e planejamento com exatidão e continuidade (CHENG; WON; DAS, 2015).

Da mesma forma que o BIM, a metodologia Toyota busca a redução do desperdício e do retrabalho, otimizando as técnicas construtivas e as tornando mais exatas, planejadas e eficientes, prevenindo conflitos muito antes da execução efetiva do projeto. *Lean* e BIM, portanto, compartilham de diversas características semelhantes, tais como a redução do desperdício e o aumento da transparência (TJELL, 2010). Unindo a ideia do *Lean* ao planejamento de obras, pode-se oportunizar o a entrega sistematizada de materiais, seguindo a metodologia *just-in-time* (AHANKOOB et al, 2012).

A pré-fabricação de peças, uma das técnicas para ganhar tempo de produção, também pode ser usada aliada ao BIM, e ser responsável pela redução de resíduos no canteiro, pela diminuição dos processos artesanais (ABANDA; TAH; CHEUNG, 2017). A fabricação de objetos diretamente do projeto permite que erros sejam menos tolerados e a produtividade seja aumentada (WON; CHENG, 2017).

#### c) BIM para a redução de erros de projeto

Como é sabido, a inexatidão de projeto ocorre prioritariamente pela quantidade de disciplinas envolvidas no processo. O BIM pode auxiliar no aumento da qualidade e da exatidão dos projetos e, pela redução de erros e mudanças no meio do processo construtivo, diminuir significativamente o volume de resíduos (CHENG; WON; DAS, 2015).

Liu *et al.* (2011) esclarece que a tecnologia BIM permite a visualização do projeto como um todo, de maneira colaborativa e permite testes e revisões, sobretudo o aceite ou rejeição de novas soluções de projeto em tempo real e forma integrada. Assim, como a comunicação entre as partes e a coordenação de projeto otimizadas, é possível a redução dos desperdícios, principalmente por esse gerenciamento eficiente nas fases de pré-construção. O BIM pode, portanto, oferecer um ambiente mais barato, assertivo e elucidativo para os tomadores de decisões de projeto testarem as possibilidades, antes de chegar ao canteiro de obras.

A compatibilização entre projetos e identificação de conflitos entre projetos é mais uma das potencialidades do BIM, que acontece ainda nas fases de projeto e impede que esse erro se propague para o canteiro, exigindo medidas precipitadas e pouco satisfatórias em termos econômicos e técnicos (WON; CHENG, 2017).

d) BIM para a previsão de resíduos e manejo

Primeiramente, ao utilizar o BIM para avaliar as possíveis soluções de *design* de projeto com exatidão, pode-se reduzir substancialmente a quantidade de resíduos, como já foi citado em tópicos anteriores. Porém, ao prever anteriormente quais os tipos de materiais que serão inevitavelmente resíduos do canteiro, além de seu volume, é possível destinar antecipadamente quais deles poderão ser reutilizados ou reciclados (CHENG; WON; DAS, 2015). Porwal e Hewage (2012), por exemplo, ao utilizar o BIM para a redução do desperdício de vergalhões na fase de projeto, constatou que ao utilizar esse método, adquiriu mais precisão na estimativa e gerou maior controle sobre a produção. Hewage e Porwal (2011), os mesmos autores em um novo trabalho, propuseram também um sistema BIM que fizesse a previsão de uma nova geração de resíduos, caso ocorressem mudanças de projeto ou de premissas, de maneira a permitir a geração instantânea e integrada de todas as informações necessárias para o manejo das disposições adequadamente, seja para descarte, reuso ou reciclagem.

Lu et al. (2017) também propuseram um sistema BIM que pode calcular automaticamente o potencial de geração de resíduos de uma obra, com a geração de gráficos, como o de setores, para que os projetistas pudessem avaliar as soluções de projeto mais viáveis econômica, técnica e ambientalmente.

Além disso, ao conhecer a quantidade de material que não será utilizado, a previsão do sistema de transporte dos resíduos para disposição final, assim como as tarifas a serem pagas e os caminhões a serem utilizados, podem ser antevistos no modelo e precisados em projeto. (CHENG; MA, 2013). O autor comparou seu método, utilizando BIM, ao de Solís-Gusman et al (2009), e foi constatada um valor 15,8% maior em volume neste último, sendo que esse não especifica informações sobre o resíduo gerado, tais como tipo de material.

#### 2.2.7.1 Considerações do capítulo

Um artigo que complementa as ideias apresentadas anteriormente é Cheng, Won e Das (2015), em que o BIM foi relacionado com os tipos de desperdício em obra. A aplicação foi considerada em cada fase e em variadas atividades do empreendimento, desde a concepção até a utilização e a organização do canteiro, além de demonstrar que a colaboração de diversas partes se faz imprescindível para o sucesso do resultado. O Quadro 5 elucida como o BIM relaciona-se com os tipos de desperdício na construção civil.

Quadro 5 - Relação entre BIM e os tipos de desperdício

Uso do BIM	Tipo de desperdício			
	Super produção	Transporte	Inventário	Correção
Validação de projeto				
Quantidade de material				
Fase de planejamento				
Utilização do Canteiro				
Fabricação digitalizada				

Fonte: adaptado de Cheng, Won e Das (2015).

Outra pesquisa que merece destaque é a de Ahankoob et al (2012) que definem como BIM pode contribuir para a gestão de resíduos de uma edificação, conforme apresentado no Quadro 6. Percebe-se que estes autores avaliam a contribuição do processo BIM nas etapas de projeto. Por isso, este trabalho fará uma investigação dessas contribuições propostas por Ahankoob et al. (2012) para um estudo de caso desenvolvido na cidade de Biguaçu/SC, relacionando as possíveis contribuições de BIM em uma obra real.

Quadro 6 - Contribuições do BIM para a gestão de resíduos

Contribuição BIM para gestão de resíduos	Como ocorre
1 – Detecção de conflitos, interferências e colisões	Através da análise visual do modelo, contribuindo com projetistas e engenheiros para reduzir interferências entre os projetos e minimizar mudanças de projeto durante a fase de execução de obras
2 – Planejamento da Construção	BIM pode contribuir para um efetivo planejamento de compras de materiais e planejamento e controle de prazos da obra.



3 – Redução do retrabalho	As mudanças realizadas no modelo são automaticamente atualizadas
4 – Integração dos projetos e projeto do canteiro	Através da integração do modelo 3D com o planejamento 4D, pode-se planejar todas as etapas e fases de execução, e as demandas e armazenamento de materiais no canteiro.
5 – Detecção de erros e omissões	BIM permite a detecção prévia de erros e conflitos no modelo, antes da execução da obra, diminuindo tempo de obra, custos, disputas legais e melhora o processo.
6 – Levantamento de quantidades preciso	BIM contribui com o levantamento preciso de quantidades, ou seja, os materiais não serão superfaturados e podem ser comprados na quantidade exata para a execução da obra. Diminui gastos com materiais extras.

Fonte: Ahankoob et al (2012)

### 3 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa quali-quantitativa baseada em um estudo de caso de uma edificação, que ocorreu através da realização de levantamento de dados quantitativos oriundos de medição em canteiro de obra e levantamento de dados qualitativos através da realização de entrevistas e revisão bibliográfica.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Foi escolhida a edificação do CRAS (Centro de Referência de Assistência Social) do município de Biguaçu/SC para realizar um estudo de caso proposto por esta pesquisa.

O projeto do CRAS é um projeto padrão do Governo do Estado de Santa Catarina replicado nos diversos municípios do Estado de Santa Catarina, que possui pequenas adaptações, dependendo de características particulares do local a ser implantado. No caso do CRAS de Biguaçu/SC, trata-se de uma construção térrea, com 171,66 m<sup>2</sup>, com dois banheiros adaptados para PCD (Pessoas com Deficiência) e dois banheiros comuns, uma recepção, uma cozinha, um almoxarifado, uma sala para atendimentos, uma sala multiuso e uma sala para a administração. O terreno onde foi implantado é um terreno plano, sem desníveis em relação ao nível da rua.

O principal intuito do CRAS é a proteção básica do Sistema Único de Assistência Social (SUAS), realizando atendimentos às famílias e pessoas com maior vulnerabilidade social em cada município (PLANEJAMENTO, 2017). A Secretaria de Estado da Assistência Social, Trabalho e Habitação atesta que cerca de 3500 pessoas são atendidas a cada mês, assegurando atendimento integral às famílias (SST/SC, 2016). Trata-se de uma edificação importante para o desenvolvimento de atividades sociais nos municípios catarinenses.

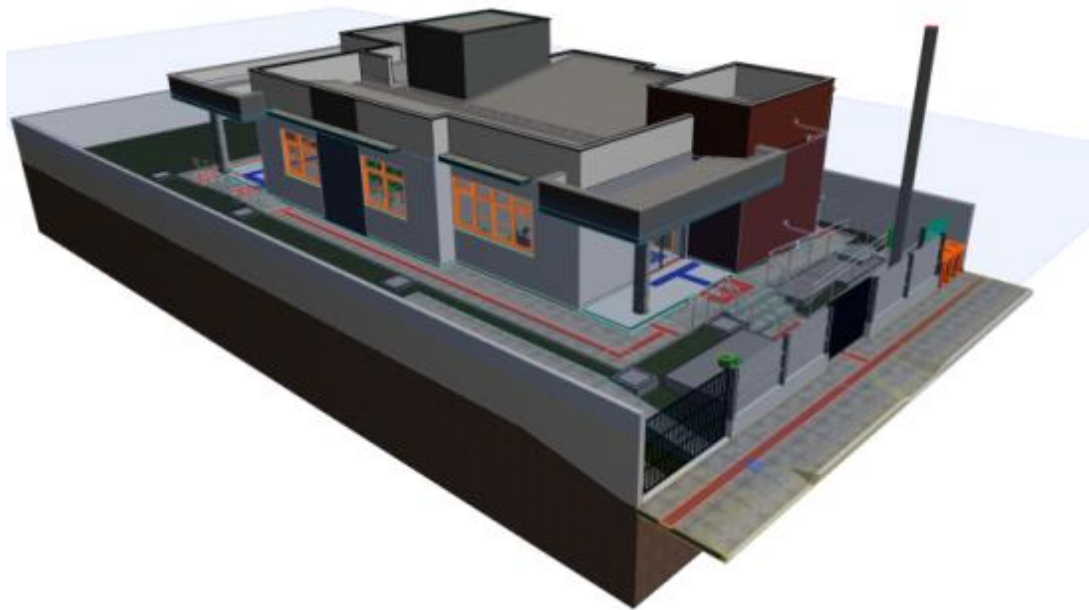
A edificação do CRAS foi um dos primeiros estudos de casos do Governo de Santa Catarina sobre a implantação de BIM no poder público. A modelagem BIM ocorreu dentro do LaBIM (Laboratório de BIM do Governo do Estado de Santa Catarina) com o apoio de empresas parceiras e a primeira licitação em BIM do Governo do Estado de Santa Catarina ocorreu para esta edificação do CRAS de Biguaçu/SC (SANTA CATARINA, 2017).

O projeto arquitetônico do CRAS foi modelado pelo LaBIM na ferramenta GRAPHISOFT ARCHICAD, e cedido para fins acadêmicos. Os projetos complementares, tais como o Estrutural, o Hidrossanitário, o Elétrico e o Preventivo Contra Incêndio foram modelados por uma empresa da Florianópolis, através de cooperação técnica com o LaBIM. As

ferramentas utilizadas para modelagem destes projetos foram o ALTOQI EBERICK, ALTOQI QIELETRICO, ALTOQI QIINCENDIO E ALTOQI QIHIDROSSANITARIO. A etapa de projeto da edificação do CRAS ocorreu através de colaboração entre o Governo de Santa Catarina e a referida empresa, por um longo período maior que 1 ano.

As paredes de vedação do CRAS foram modeladas em alvenaria, com tijolos cerâmicos de 18cm, exceto nos banheiros adaptados onde foram adotados tijolos com 14cm e nas paredes com shafts, com tijolos de 8cm. Os revestimentos de parede contemplam chapisco, reboco e pintura. No caso dos revestimentos de piso, tem-se o piso cerâmico, o contrapiso e os pisos podotáteis, assentados com cola sobre o próprio piso cerâmico. Na Figura 6 tem-se uma imagem renderizada gerada no modelo BIM.

Figura 6 - Modelo BIM do CRAS de Biguaçu



Fonte: autora (2018)

### 3.2.METODOLOGIA DA PESQUISA

Após a definição do tema da pesquisa, os conceitos relacionados com a metodologia BIM e com a gestão de resíduos foram levantados através de uma revisão de literatura de forma exploratória, para que servissem de embasamento para a realização do estudo desejado. Utilizou-se dados e informações obtidos em artigos, teses e outras fontes de informação, disponíveis na internet, em bases de pesquisas e em materiais impressos, a revisão bibliográfica foi construída tomando como base as palavras-chave do estudo. Essa revisão ocorreu no primeiro semestre do ano de 2018, durante a primeira etapa do trabalho de TCC.

A escolha do projeto do CRAS ocorreu devido à disponibilidade do projeto na plataforma BIM, por se tratar de um projeto público e de fácil acesso para a pesquisa, e também porque o projeto estaria na fase de execução na época da realização desta pesquisa, permitindo visitas a obra e levantamento de dados.

O objetivo central do trabalho foi a verificação das possíveis contribuições do BIM na gestão de resíduos, além de avaliar quantitativamente o nível de efetividade dos recursos na execução de obras para um estudo de caso real.

Desenvolveu-se, em sequência, o levantamento de dados em campo, através de visitas periódicas no canteiro de obras para a verificação do uso do modelo BIM *in loco* e das fragilidades no processo de controle do desperdício no canteiro de obras. Optou-se pelo controle do serviço de alvenaria, que estava sendo executado no momento da primeira visita. Os dados de área de alvenaria obtidos em campo foram comparados com os dados presentes no modelo BIM e também na quantidade de tijolos cerâmicos comprados, através da análise dos pedidos feitos pela construtora.

Além disso, foi mantido um diário de obra a cada visita, com os apontamentos e impressões relatados sobre os assuntos de interesse. Foi realizado o estudo do modelo BIM, com medições sobre o modelo na ferramenta GRAPHISOFT ARCHICAD e outros registros importantes. Através do estudo do modelo e dos levantamentos *in loco*, foi elaborada a tabela com as medições das quantidades do serviço de alvenaria, serviço escolhido para análise nesta pesquisa.

Os envolvidos na modelagem do projeto do CRAS foram colaboraram com as primeiras entrevistas realizadas no âmbito desta pesquisa, no período que compreende o mês de Julho, que será detalhado e analisado nos próximos capítulos. No mês de setembro, o engenheiro da execução da obra também realizou uma entrevista para os resultados desta pesquisa.

Após o levantamento de dados qualitativos e a obtenção das medições com dados quantitativos, os mesmos foram analisados para a geração de resultados e análise das propostas para a popularização do uso de BIM no canteiro de obras como facilitador do processo construtivo e, conseqüentemente, para a redução do desperdício em obra.

Houve, posteriormente, uma etapa conclusiva, relatando as principais impressões deixadas pelo estudo e os resultados de principal relevância relatados no decorrer da pesquisa.

Para melhor entendimento do método utilizado, foi elencado abaixo a enumeração detalhada das etapas seguidas e um breve esclarecimento das escolhas adotadas.

1. Definição do tema do projeto de pesquisa;

Um tema que tem ganhado relevância na indústria da construção civil na última década, principalmente, foi o BIM (*Building Information Modeling*). Muitas empresas buscam a implementação do sistema e profissionais que possam trabalhar efetivamente com esse novo conceito (BARISON; SANTOS, 2011).

Além disso, sabe-se que a construção civil é um dos ramos da economia que mais gera impacto ao meio ambiente, devido à exploração demasiada dos recursos naturais, ao alto desperdício gerado nas atividades produtivas e a destinação incorreta dos rejeitos (GONÇALVES, 2015).

Unindo estes argumentos aos já expostos anteriormente nesse trabalho, na justificativa, por exemplo, decidiu-se estudar qual contribuição o uso de BIM poderia trazer para a gestão de resíduos na construção civil.

2. Elaboração do referencial teórico;

A fim de obter um conhecimento prévio dos temas escolhidos para estudo, foram pesquisadas as mais diversas bibliografias referentes aos assuntos de gestão de resíduos e de BIM. Esta pesquisa ocorreu de forma exploratória, entre os meses de Março e Agosto de 2018. A partir disso, pode-se escolher qual postura tomar nas análises e quais critérios seriam aplicados para chegar às conclusões finais.

Uma das bibliografias encontradas nesta etapa de revisão de literatura, a pesquisa de Ahankoob et al (2012), foi utilizada como base para o desenvolvimento do método desta

pesquisa, pela sua definição sobre a contribuição do processo BIM para a gestão de resíduos (Quadro 6 - Contribuições do BIM para a gestão de resíduos).

### 3. Escolha e estudo do projeto selecionado para estudo de caso;

O projeto utilizado como estudo de caso deveria ser acessível para fins acadêmicos e já estar disponível na plataforma BIM, em algum *software* de fácil acesso e que permitisse a realização das análises desejadas. Optou-se pelo projeto do CRAS de Biguaçu/SC, que já havia sido objeto de estudo na dissertação de Mattana (2017). Nesta dissertação, não foi estudada a 6ª dimensão, a sustentabilidade, portanto, a gestão dos resíduos permanecia inexplorada para este caso de estudo.

Na sessão anterior, o âmbito do projeto estudado já foi explicado, e deixou perceptível a importância do mesmo para o equilíbrio social da comunidade local, ou seja, na sustentabilidade social desta mesma comunidade.

Assim, o projeto do CRAS de Biguaçu cumpria todos os requisitos propostos para aplicação e foi escolhido como estudo de caso.

### 4. Visitas à obra para acompanhamento e levantamento de dados;

Foram realizadas diversas visitas em obra para levantamento de dados e acompanhamento do progresso do empreendimento. O período das visitas foi de abril de 2018 até setembro de 2018, ou seja, coincidiu com o período da pesquisa. Optou-se pela análise e medição do serviço de alvenaria, pois essa era a etapa de obra na 1ª visita ao canteiro de obras e por outras razões que serão apresentadas a seguir.

Na etapa de construção, levantou-se a área de alvenaria construída através de medição *in loco*, para ser posteriormente comparada com a área de alvenaria projetada existente no levantamento de quantidades do modelo BIM do CRAS. Na sequência da pesquisa, as conclusões após essas visitas serão mostradas, juntamente com o acervo fotográfico, os dados numéricos coletados e o diário de visitas em obra relatado em cada uma das delas. O Quadro 7 resume as visitas feitas em obra do CRAS DE Biguaçu/SC.

Quadro 7 - Resumo das visitas à obra do CRAS de Biguaçu

Visitas à obra	Data	Observações
Visita 1	30/04/2018	Reconhecimento inicial da obra e comunicação dos trabalhadores sobre nossa intenção de acompanhar a execução.
Visita 2	14/05/2018	Medição parcial das alvenarias do térreo, registro fotográfico e observações gerais da execução.
Visita 3	04/06/2018	Medição das demais alvenarias do térreo, registro fotográfico e breve conversa com o engenheiro responsável pela execução da obra, que estava no canteiro.
Visita 4	25/06/2018	Medição da alvenaria da cobertura e das aberturas do térreo e registro fotográfico.
Visita 5	16/07/2018	Medições restantes e demais observações da execução, assim como o registro fotográfico.
Visita 6	03/10/2018	Observações finais da obra já concluída.

Fonte: elaboração própria

##### 5. Escolha da alvenaria como objeto de estudo;

Como dito no tópico anterior, foi medida a área de alvenaria da construção e, portanto, foi este o sistema escolhido para estudo, dentro do projeto analisado. Algumas razões foram elencadas a seguir, que justificam a escolha desse processo.

A alvenaria é um serviço altamente consumidor de mão-de-obra (CARRARO, 1998), portanto, reduzir o desperdício e aumentar a produtividade seriam de grande utilidade para a indústria da construção civil. Carraro (1998) também destaca que os custos da alvenaria muito são representativos em um empreendimento, sendo, dessa forma, um objeto de estudo interessante para a redução do desperdício em obra.

Silva (2017) destaca que, apesar de a alvenaria estar presente, os processos construtivos pouco evoluíram e as perdas no serviço de alvenaria podem chegar a até 17%. Além disso, o serviço apresentava também certa facilidade para obter quantitativos, tanto em obra, como pelo modelo BIM.

Por essas razões e pela obra encontrar-se nesta etapa no momento da pesquisa, elegeu-se a alvenaria como objeto de estudo do presente trabalho.

6. Estudo do modelo BIM: utilização de ferramentas BIM para o levantamento de dados;

A modelagem original, elaborada pelo Governo do Estado de Santa Catarina, foi elaborada no *software* GRAPHISOFT ARCHICAD. Para obtenção dos resultados desta pesquisa, tentou-se, inicialmente, a migração para outro *software* disponível no mercado, o AUTODESK REVIT, devido à maior familiaridade da pesquisadora com o mesmo. Porém, devido aos problemas encontrados durante a geração do arquivo .ifc, essa mudança foi impossibilitada. Este problema envolvendo o arquivo .ifc será melhor descrito no capítulo de resultados.

Portanto, foi utilizado o GRAPHISOFT ARCHICAD para realizar as medições de área de alvenaria, para acesso e verificação do projeto e, por fim, para plotagem e geração das pranchas, que estão no apêndice deste trabalho.

7. Levantamento de dados de compra de materiais no CRAS de Biguaçu;

O levantamento dos dados de compra para a obra do CRAS de Biguaçu só foi possível através de contato direto com a empresa executora do projeto que, por motivos éticos, não será nomeada nesta pesquisa. A quantidade levantada será descrita no capítulo de resultados e foi uma aproximação feita pelo engenheiro responsável pela obra. Portanto, terá apenas valor comparativo com a quantidade medida em campo.

8. Elaboração da tabela de medições;

Após realizadas as visitas em campo e as devidas análises quantitativas através do modelo BIM, foi dado início à elaboração das tabelas de medições e aos cálculos de área, a fim de quantificar a de alvenaria executada em obra e aquela gerada pelo modelo. Para isso, foram obtidas e tabuladas as medidas lineares de cada trecho com alvenaria do empreendimento que foram, após os devidos cálculos, convertidas em medidas de área.

Da área total foram descontadas as aberturas e assim os resultados puderam ser comparados entre si e o grau de precisão do modelo BIM, analisado. Observa-se que na cobertura, os tijolos que foram utilizados para fazer o enchimento abaixo da calha, garantindo o caimento correto da água, foram também contabilizados no levantamento *in loco*.



9. Elaboração e aplicação de entrevistas com os envolvidos com o projeto do CRAS de Biguaçu;

Neste trabalho, as entrevistas fazem parte do caráter qualitativo da investigação, com o objetivo de mostrar o envolvimento das diferentes partes com o projeto, com a gestão de resíduos e com o BIM e de suas características comportamentais (RICHARDSON, 1985).

Foram preparadas entrevistas específicas para três profissionais envolvidos na obra do CRAS de Biguaçu: o responsável pela modelagem BIM do empreendimento, a responsável pela fiscalização da execução da obra e do cumprimento das exigências do contrato de licitação e o responsável pela execução da obra, considerando o contexto em que estavam inseridos e o papel desempenhado no empreendimento.

As entrevistas foram agendadas com as pessoas de interesse e gravadas, para serem posteriormente transcritas e analisadas. A transcrição dessas pode ser conferida nos apêndices A, B e C deste trabalho.

Para a preservação da identidade dos envolvidos e para garantir a liberdade dos mesmos ao responder as perguntas de forma espontânea, nenhum nome foi divulgado nesta pesquisa. Um resumo das características dos entrevistados está no Quadro 8.

Quadro 8 - Resumo das características dos entrevistados

Entrevistado	Formação	Cargo	Apêndice
Entrevistado 1	Engenheiro de produção Civil e de Materiais, Especialista em Direito Ambiental e Urbanismo	Coordenador de Projetos Especiais da SPG/SC	A
Entrevistado 2	Arquiteta e Urbanista	Responsável pela fiscalização do cumprimento das exigências do contrato de licitação no Governo do Estado de Santa Catarina.	B
Entrevistado 3	Engenheiro Civil	Responsável da empresa vencedora da licitação pela execução da obra do CRAS de Biguaçu/SC, além de outras obras do CRAS pelo Estado de Santa Catarina.	C

Fonte: elaboração própria.

#### 10. Obtenção dos resultados gerais;

A obtenção dos resultados da pesquisa ocorreu através de dados quantitativos e qualitativos. Os dados quantitativos, compreendem as medições feitas em campo e através do modelo BIM, e os dados de compra fornecidos pela empresa contratada, e os dados qualitativos são representados principalmente pelas entrevistas realizadas com os principais envolvidos no processo construtivo do empreendimento. Os principais resultados serão expostos no próximo capítulo do presente trabalho.

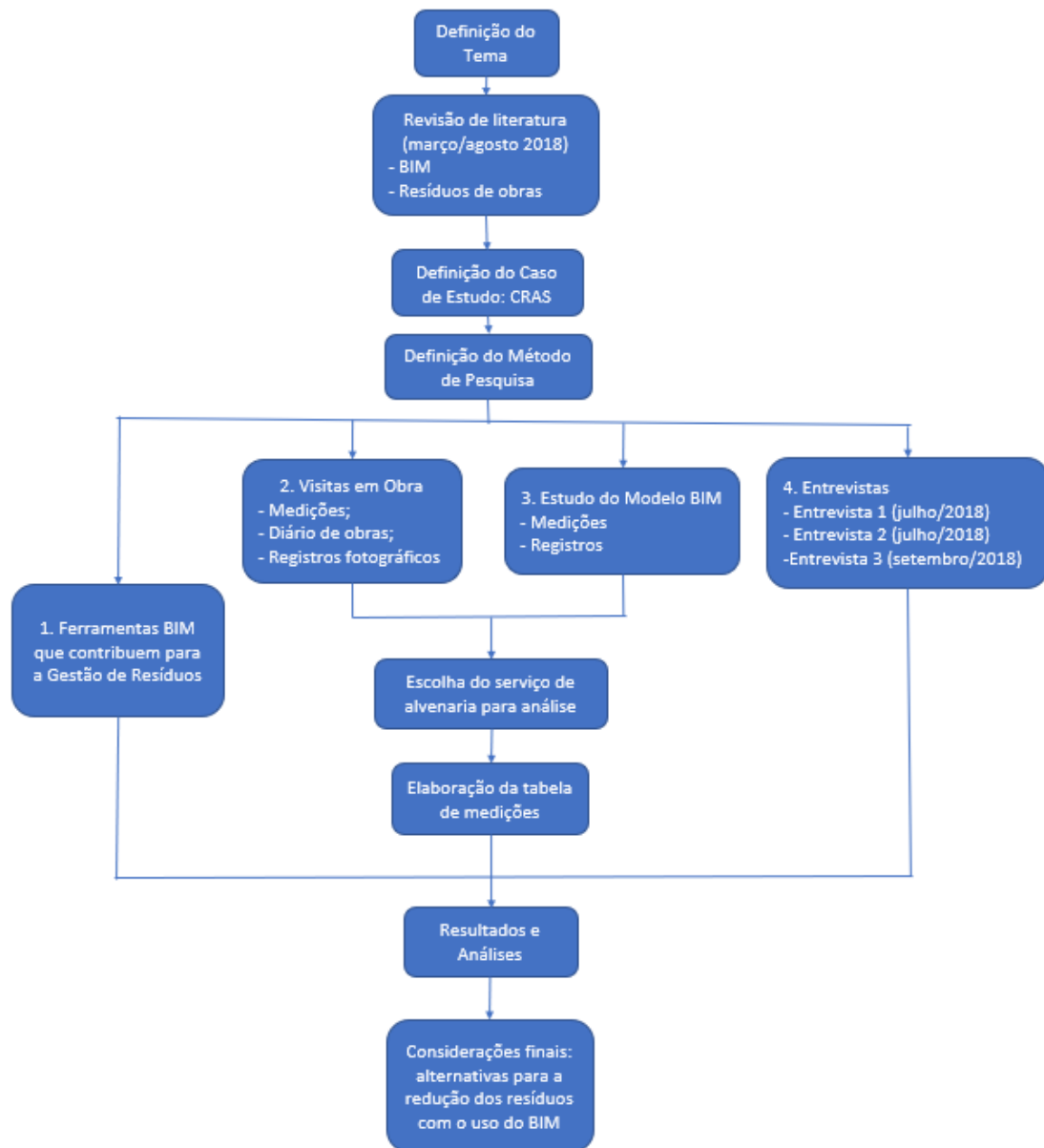
#### 11. Considerações finais

Após a análise de todo o material obtido na pesquisa, foram alcançadas as considerações finais do trabalho, que permitem entender ainda mais a relevância do tema e quais os próximos passos para a construção civil no âmbito da gestão de resíduos. Por fim, são feitas, também, sugestões para pesquisas futuras, que podem vir a complementar a temática e enriquecer o estudo apresentado neste trabalho.

### 3.3 MÉTODO UTILIZADO

Após a revisão de literatura e com base nas definições da contribuição do processo BIM para a gestão de resíduos propostas por Ahankoob et al. (2012), já mencionadas na revisão de literatura (Quadro 6), foi definido o método de pesquisa, demonstrada na Figura 7.

Figura 7 - Método utilizado na pesquisa



Fonte: elaboração própria.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 FERRAMENTAS BIM PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS

Com o objetivo de conhecer as ferramentas BIM e suas potencialidades na gestão de resíduos, foram investigadas algumas soluções de software BIM disponíveis atualmente no mercado e que podem auxiliar na gestão de resíduos. O quadro a seguir (Quadro 9) sintetiza as análises realizadas nesta etapa do trabalho, através da adaptação do estudo realizado por Won e Cheng (2017), que já foi exposto no capítulo 2 de revisão de literatura, item 2.2.7. Esses autores indicaram em quais situações ou fases do processo de gestão de obras e projetos BIM pode ser utilizado com alguma contribuição ou efeito direto na gestão dos resíduos de construção e demolição de uma edificação.

Muitos desses softwares e suas funcionalidades já foram mencionados anteriormente na revisão bibliográfica, porém agora é dada uma visão mais focada na gestão de resíduos, não nas dimensões BIM. Alguns usos já foram detalhados previamente e não serão novamente detalhados aqui, como na fase de planejamento, na estimativa do custo dos resíduos, na revisão e compatibilização de projetos e no controle e planejamento 3D.

Para o planejamento da utilização do canteiro os *softwares* mencionados por Deshpande e Whitman (2014) são o AUTODESK REVIT e o AUTODESK NAVISWORKS. O primeiro, tem funcionalidades capazes de prever virtualmente a utilização espacial do canteiro de obras, ainda com a possibilidade de modelagem de objetos não disponíveis nativamente. O segundo pode realizar simulações temporais do processo construtivo. Por experiência, pode-se dizer ainda que o AUTODESK REVIT permite a inclusão de parâmetros e características, tais como custo e peso, de diferentes materiais e configurações, para que a análise do sistema de construção seja realizada pelo projetista. Ainda, a configuração e orientação de sistemas pré-fabricados pode ser adequada em modelos 3D, fazendo essas mesmas análises de peso, custo, adicionando também cálculos de ganho de tempo e configurações de trabalho, neste caso.

Para a pré fabricação, Guidera (2007) mencionou outros *softwares* para a produção precisa de geometrias necessárias, como o RHINOCEROS, GEHRY CATIA, os quais já possuem versões BIM. Há ainda outras soluções BIM que contribuem para cada etapa proposta por Won e Cheng (2017), que foram indicadas no Quadro 9.



Quadro 9 - Contribuição de ferramentas BIM para a Gestão de Resíduos

Uso do BIM	Efeito nos resíduos da Construção e Demolição	Software BIM que contribui com a Gestão de Resíduos
Fase de planejamento	Sim	TRIMBLE VICO OFFICE, DIGITAL PROJECT DP MANAGER, AUTODESK NAVISWORKS, INNOVAYA VISUAL 4D SIMULATOR, SYNCHRO SOFTWARE PRO
Estimativa do custo dos resíduos	Sim	INNOVAYA DESIGN ESTIMATING, TRIMBLE VICO OFFICE, ACCA SOFTWARE PRIMUS, NEMETSCHEK ALLPLAN BCM, AUTODESK QUANTITY TAKEOFF
Revisão de projeto	Sim	SOLIBRI MODEL CHECKER, AUTODESK NAVISWORKS, TRIMBLE TEKLA BIM SIGHT
Compatibilização de projetos	Sim	SOLIBRI MODEL CHECKER, AUTODESK NAVISWORKS, TRIMBLE TEKLA BIM SIGHT
Planejamento da utilização do canteiro	Sim	AUTODESK REVIT, AUTODESK NAVISWORKS, GRAPHISOFT ARCHICAD
Projeto do sistema de construção	Sim	AUTODESK REVIT, GRAPHISOFT ARCHICAD e outras soluções BIM para projetos
Fabricação digital	Sim	AUTODESK REVIT, RHINONCEROS, GEHRY CATIA
Controle e Planejamento 3D	Sim	AUTODESK REVIT, GRAPHISOFT ARCHICAD, BENTLEY AECOSIM BUILDING DESIGNER, NEMETSCHEK VECTORWORKS, TRIMBLE SKETCHUP PRO, NEMETSCHEK ALLPLAN ARCHITECTURE, TRIMBLE TEKLA STRUCTURE, NEMETSCHEK SCIA ENGINEER, DATA DESIGN SYSTEM DDS, ACCA SOFTWARE EDIFICIUS, AUTODESK AUTOCAD CIVIL 3D.

Fonte: adaptado de Won e Cheng (2017)



No estudo de caso deste trabalho referente à edificação do CRAS, as ferramentas BIM que foram utilizadas no processo compreendem: (1) o GRAPHISOFT ARCHICAD para a modelagem da arquitetura e (2) outras soluções da empresa ALTOQI para projeto estrutural e demais complementares, tais como o ALTOQI EBERICK e o ALTOQI QIBUILDER, além do uso do (3) NEMETSCHek SOLIBRI e do (4) TEKLA BIM SIGHT para coordenação e verificação de conflitos. Essas informações constam na entrevista 1 realizada com o engenheiro responsável pela coordenação do processo de projeto BIM do CRAS, disponíveis no apêndice 1 deste trabalho.

Com essas informações das ferramentas utilizadas no processo do CRAS e com base no Quadro 9 e nas pesquisas de Won e Cheng (2017), pode-se afirmar que o estudo de caso deste trabalho teve contribuição para a gestão de resíduos nas etapas de: (1) revisão e compatibilização de projetos através do uso das ferramentas NEMETSCHek SOLIBRI MODEL CHECKER e TEKLA BIM SIGHT, (2) no planejamento do canteiro de obras através do uso da ferramenta GRAPHISOFT ARCHICAD, (3) no projeto dos sistemas de construção através do uso das ferramentas GRAPHISOFT ARCHICAD, ALTOQI EBERICK e ALTOQI QIBUILDER e (4) no controle e planejamento 3D através do uso da ferramenta GRAPHISOFT ARCHICAD.

#### 4.2 VISITAS AO CANTEIRO DE OBRAS DO CRAS BIGUAÇU

Com o objetivo de verificar como ocorre a interação entre o modelo BIM e o canteiro de obras, foram realizadas 6 visitas periódicas no canteiro de obras da edificação do CRAS Biguaçu/SC e, em todas elas, foi constatado o desperdício de material e a ausência de planejamento para a execução da obra. Notou-se que o modelo BIM está mais presente na etapa de projeto, auxiliando na verificação de conflitos e análises sobre o modelo BIM, do que no canteiro de obras onde as atividades e serviços de construção são realizados sobretudo da maneira convencional.

Durante o período da pesquisa, trabalhavam na obra uma equipe formada por 1 mestre de obras e 1 ajudante, com visitas esporádicas do engenheiro responsável e dos fiscais de obra do governo. Na Figura 8 Figura 8 - é demonstrada uma evolução da obra, de acordo com as visitas técnicas realizadas no decorrer desta pesquisa.



Figura 8 - Evolução da obra



30/04



14/05



25/06



16/07



03/10



Fonte: autora

Os principais objetivos das visitas técnicas eram:

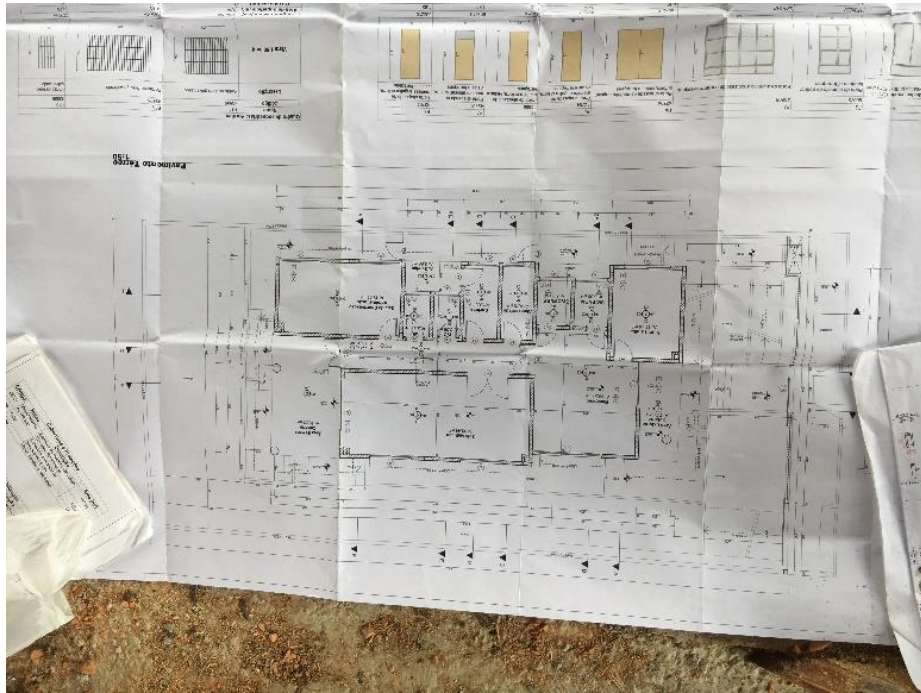
- Acompanhamento da obra e do processo utilizado;
- Verificação da utilização de BIM na execução do projeto e no controle de resíduos;
- A medição da alvenaria, para posterior cálculo de desperdício;
- Averiguação da armazenagem, do desperdício e descarte de materiais;

A seguir são apresentadas algumas constatações feitas após a realização das visitas periódicas ao canteiro de obras.

O processo de execução era bastante artesanal e era realizado de forma convencional, sem variação ou análise mais crítica por se tratar de um projeto realizado através de uma ferramenta BIM. Os projetos existentes na obra eram impressos através de plotagem, como

visto na Figura 9, eram consultados pelo mestre de obras no papel e executados por este e por um ajudante. A execução da estrutura foi realizada por uma outra equipe de obra, a qual não houve contato durante a pesquisa, pois quando as visitas foram iniciadas essa equipe da estrutura já não estava mais na obra. Com isso, pode-se perceber que existe rotatividade de funcionários.

Figura 9 - Projetos em papel para consulta do mestre de obras



Fonte: autora (30/04)

O serviço de execução da alvenaria foi acompanhado durante as visitas, e percebeu-se que os tijolos cerâmicos utilizados para a vedação, na Figura 10, eram os mesmos para toda a obra. Porém, no modelo BIM foram utilizados três tipos de tijolos cerâmicos, com espessuras de 18cm para as paredes de vedação, de 14cm, que seria colocado nas paredes dos banheiros para garantir a acessibilidade destes espaços, e de 8cm para os *shafts*. Os tijolos das tabelas e padrão da alvenaria estão na Figura 10. Portanto, não foi feita a observação no banheiro PCD, que possuía tijolos menores para permitir o giro da cadeira de rodas. Conforme relato do coordenador de projetos responsável, na entrevista que pode ser encontrada no apêndice A desse trabalho, houve uma preocupação especial com esta questão no processo de projeto do CRAS, e infelizmente na obra essa informação não foi percebida antes da execução:

“...Foi quando nos demos conta que os banheiros acessíveis do CRAS estavam com as medidas limite (*segundo a Norma*) e que qualquer erro de execução poderia comprometer a acessibilidade do banheiro. Então fizemos uma última mudança, que foram as espessuras das alvenarias dos banheiros, para podermos ter uma segurança na execução, que garantisse a acessibilidade nas medidas mínimas. Então foi esse nosso processo de construção do modelo” (Entrevista 1 – APÊNDICE A)

Figura 10 - Tijolo utilizado em obra para as tabelas (a) e para a alvenaria (b) (9 furos)



Fonte: autora

Os tijolos chegavam na obra em *pallets* e ficavam expostos às intempéries até serem transportados para uso para dentro da edificação. Caso não fossem necessários, eram separados da obra e aguardavam recolhimento. Percebe-se pouco planejamento de uso do canteiro de obras e falta de previsão para armazenagem permanente de materiais. Nas Figuras 11 e 12 está demonstrado o armazenamento de tijolos.



Figura 11 - Armazenamento em pallets



Fonte: autora (14/05)

Figura 12 - Armazenamento dos tijolos cerâmicos fora dos pallets

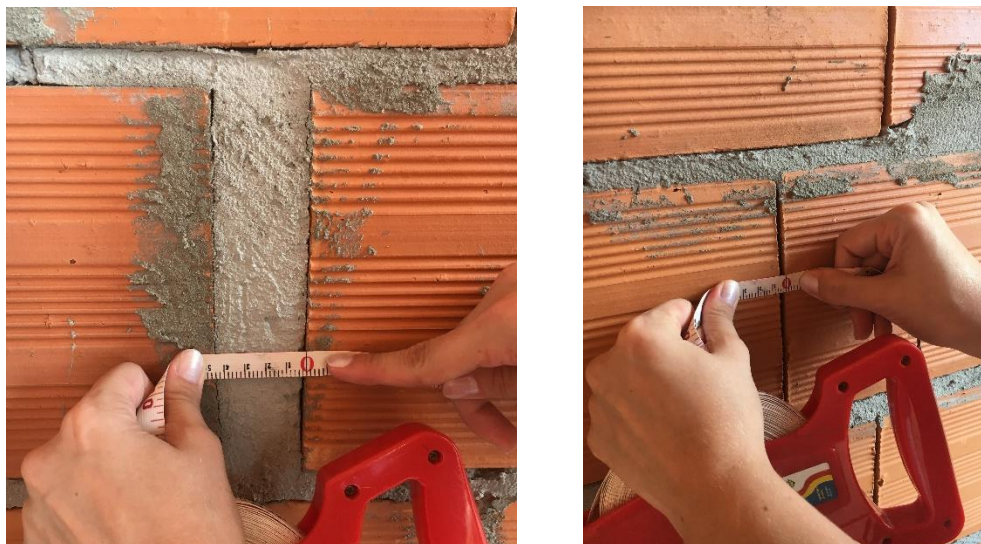


Fonte: autora

As juntas entre os tijolos da alvenaria eram irregulares e variavam entre as fiadas existentes. Os tijolos eram quebrados em diversas situações: para a implantação de instalações elétricas e hidráulicas, para colocação das esquadrias, para a colocação das vergas, para alcançar

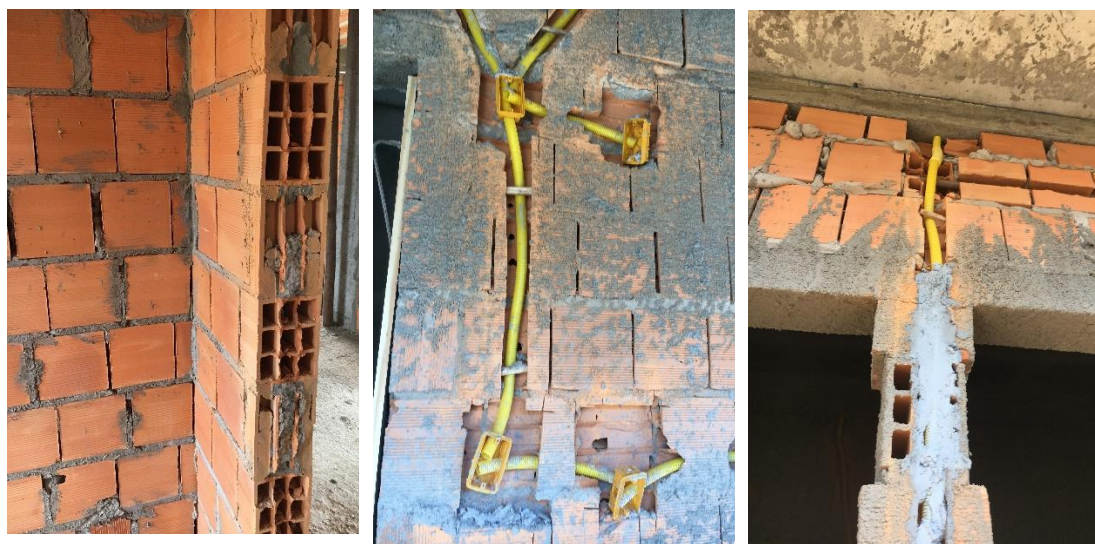
um comprimento exato de paredes, entre outros. A Figura 13 mostra a irregularidade das juntas e a Figura 14 a quebra dos tijolos. Essas duas situações retratam o que o sistema BIM procura combater: a falta de planejamento e racionalização dos sistemas construtivos e o desperdício de material, havendo alternativas aplicáveis que evitariam as perdas.

Figura 13 - Juntas entre tijolos



Fonte: autora

Figura 14 - Quebra de tijolos



Fonte: autora

A Figura 15 mostra a execução da alvenaria em obra e como as quebras estavam presentes na maior parte das paredes.



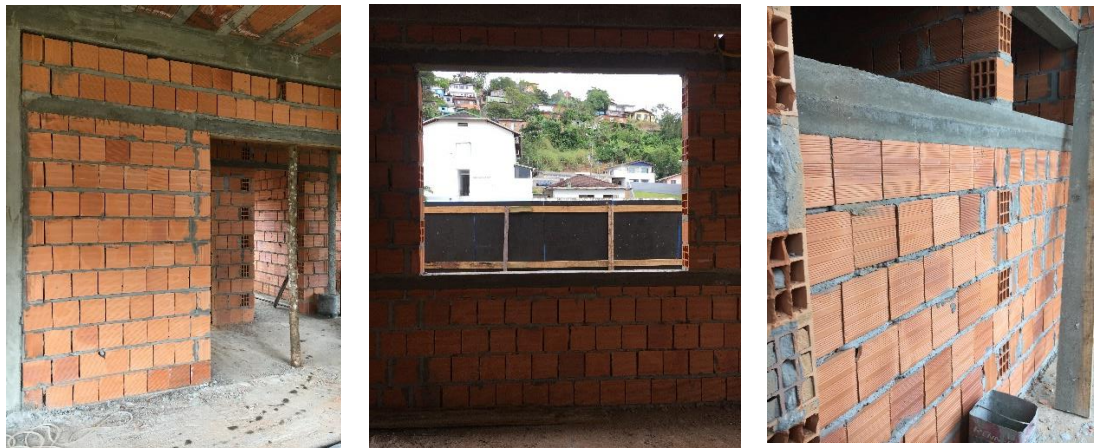
Figura 15 - Execução da alvenaria em obra



Fonte: LaBIM (2018)

As quebras ocorriam também em situações mais graves, por erros de execução, ao serem executadas em elementos estruturais, situação que será comentada mais adiante nesse trabalho. Por outro lado, vergas e contravergas, na Figura 16, eram moldadas in loco e abrangiam toda a parede, garantindo a correta execução nesses pontos de maior fragilidade.

Figura 16 - Vergas e contravergas



Fonte: autora

Foram relatadas várias evidências de desperdício de material em obra e pouco cuidado com limpeza e remoção de detritos, demonstrados nas Figuras 17 e 18. Os resíduos eram separados de maneira pouco precisa no canteiro, para posteriormente serem descartados



conforme sua classe de resíduo. Mais uma vez, percebe-se pouca preparação do canteiro para receber as diversas fases da obra e suas particularidades.

Figura 17 - Imagens de desperdício



Fonte: autora



Figura 18 - Desperdício de material no entorno do terreno da obra



Fonte: LaBIM (2018)

Na cobertura, Figura 19, o mesmo padrão de desperdício foi encontrado, com rasgos semelhantes feitos para a tubulação de alimentação de água, saindo da caixa d'água e na passagem de outros sistemas pela parte superior da laje, como as tubulações de ar condicionado e de água pluvial.

Figura 19 - Cobertura



Fonte: autora



Um diário de visitas em obra foi elaborado durante essas visitas e pode ser encontrado no APÊNDICE D deste trabalho.

O resultado da obra, no último dia de vista, 03 de outubro de 2018, pode ser verificado na Figura 20. Mesmo que o prazo de finalização já estava atrasado, o CRAS ainda não estava em operação, já que algumas esquadrias não estavam colocadas, assim como algumas instalações. O terreno também não estava completamente preparado para a inauguração.

Figura 20 - Obra do CRAS de Biguaçu – 03 de outubro de 2018



Fonte: autora.

#### 4.3 APLICAÇÃO DO BIM PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS

Com o objetivo de propor alternativas para a redução de resíduos no canteiro de obras através do uso de BIM, e com base no estudo realizado por Ahankoob et al. (2012) utilizado nesta pesquisa, foi possível pontuar as práticas que levam à redução dos resíduos em obra e, além disso, aplicar uma visão crítica ao que foi percebido nas visitas em campo.

##### I. Detecção de conflitos, interferências e colisões

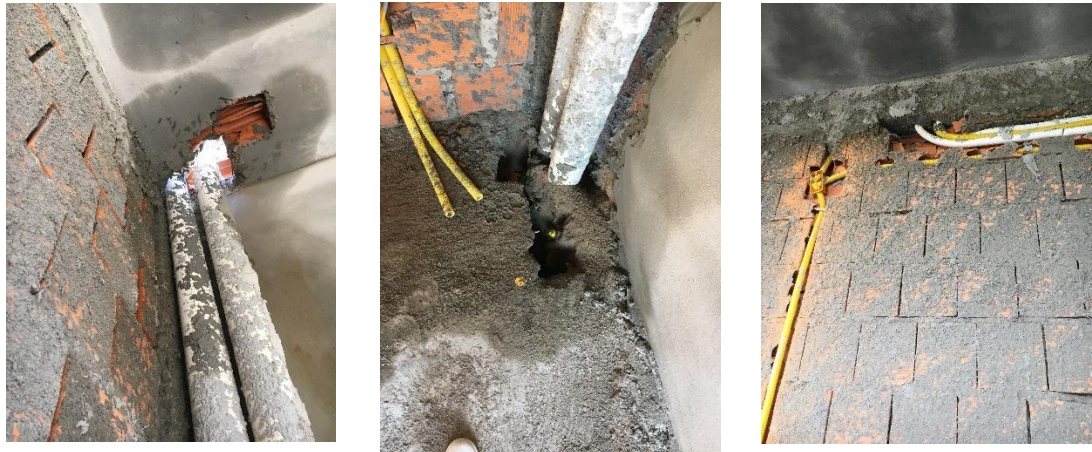
Com as ferramentas oferecidas pela metodologia BIM, pode-se de maneira sistemática identificar interferências, colisões e demais conflitos em projeto, os quais, caso não identificados em projeto, gerariam modificações na etapa de execução e, muito provavelmente, desperdício de material nesse processo de requalificação. Dessa forma, é possível, com o BIM, simular diversos cenários com o auxílio da visualização 3D.

Foi relatado pelas entrevistas realizadas com os responsáveis pela modelagem do projeto do CRAS de Biguaçu, inclusas no APÊNDICE A, que a verificação de conflitos e interferências foi realizada para esse projeto, e que o resultado havia sido positivo em relação às obras convencionais do CRAS realizadas antes da introdução do processo BIM.

“...Foi uma etapa muito importante, por que nós aprendemos a trabalhar de forma coordenada, com outras disciplinas, com recebimento de informações e a interface de verificação de conflitos e resolução de problemas” (Entrevista 1 – APÊNDICE A).

Entretanto, apesar da redução dos conflitos para este projeto com base na modelagem BIM, foram identificadas no canteiro de obras situações em que ainda ocorriam interferências e colisões entre os sistemas projetados. Por exemplo, elementos estruturais (lajes e vigas) tiveram de ser furados para a passagem de tubos de instalação (pluvial e ar condicionado), como observado na Figura 21.

Figura 21 - Furação não prevista de elementos estruturais



Fonte: autora

Portanto, percebe-se que ou a verificação de conflitos foi deficiente na fase de projeto, ou a execução da obra não seguiu o modelo BIM. Destaca-se pela entrevista realizada com o engenheiro executor da obra, disponível no APÊNDICE A, que o projeto disponibilizado foi o PDF em 2D, que tinha difícil interpretação para os executores da obra e pelos próprios operários com baixo nível de escolaridade, segundo o relatado pelo responsável pela execução da obra. Dessa forma, além da perda de material na quebra, a estrutura ficava fragilizada e, mesmo sem gerar grandes riscos de sinistro ou desabamento, favorece a deterioração dos acabamentos e o aparecimento de trincas e fissuras nas etapas posteriores de manutenção e operação da edificação, além de não favorecer o planejamento prévio possível de ser realizado através da detecção e conflitos em BIM, que poderiam ser evitados no canteiro de obras

## II. Sequência construtiva e Planejamento da construção

O BIM proporciona meios para o planejamento do cronograma da obra, com exatidão e detalhamento que permitem a redução de imprevistos e, consequentemente, gastos desnecessários de recursos humanos, materiais e de tempo. Com a previsão das fases da obra e de cada etapa que será implementada, torna-se mais simples medir a eficiência e o andamento da obra.

No caso da obra do CRAS de Biguaçu/SC, não foi evidenciada nenhuma programação ou planejamento rigoroso na obra (nem da forma convencional, tampouco através do uso de BIM), a qual estava sendo executada pela equipe de obra formada pelos próprios operários, conforme suas próprias experiências e vivências profissionais. Como os serviços não foram

executados pela mesma equipe devido a rotatividade de funcionários, eram estabelecidos prazos limites para a finalização da execução, mas nenhum com um planejamento aprofundado das etapas a serem realizadas.

Caso tivesse sido proposto um cronograma mais detalhado, que poderia ser repetido para as obras do CRAS em outros municípios já que o projeto é padrão e é replicado em diversas cidades do Estado de Santa Catarina, o atraso na entrega poderia ter sido reduzido ou evitado, pois se teria base para maior controle de produção em obra.

### III. Redução do retrabalho

Um dos benefícios do uso de BIM para a gestão de resíduos é a possibilidade de reduzir o retrabalho durante a execução da obra, uma vez que a fase de projeto e planejamento deve ter maior ênfase para que a etapa de execução seja facilitada. Sabe-se que, para projetos não executados em BIM, normalmente os problemas que causam retrabalho são encontrados na etapa de execução de obra e suas causas são devidas a inúmeros fatores (falta de planejamento, projetos deficientes, falta de controle etc). Caso os problemas fossem resolvidos na etapa de projeto, as repetições de execução poderiam ser evitadas e, como resultado, haveria uso adequado de material, tempo e da força de trabalho em obra, evitando-se assim o retrabalho.

Alguns erros de projeto foram relatados na entrevista com o responsável pela execução do CRAS de Biguaçu, estes que causaram retrabalho e atrasos na obra. Pode-se citar a falta do extravasor e da tubulação de limpeza no projeto de água fria, que teve que ser adequado durante a execução da obra, e, também, a falta de adequação prévia do terreno de cada CRAS com o projeto padrão. Segundo o engenheiro da obra, o projeto entregue em 2D, em PDF, não contemplava a adequação do terreno com o projeto padrão da edificação.

Em uma das visitas pode-se perceber também a inadequação do caimento das calhas na cobertura, o que gerou uma readequação do projeto em obra e um retrabalho na obra, pois foi necessário resolver a questão na etapa de execução. Para este problema, foi realizado um enchimento com tijolos cerâmicos na base das calhas para diminuir a altura.

### IV. Sincronização do projeto e do *layout* do canteiro

Com o advento do BIM, é possível prever o estado do canteiro de obras em cada fase, com inclusão de equipamentos e a antecipação do *layout* e do espaço utilizado para cada



finalidade. Assim, a organização do canteiro proporciona facilidade de fluxo e locomoção de pessoas e materiais e evita a subutilização de recursos.

No canteiro, foi percebida certa organização dos resíduos para descarte (22a e c), principalmente aqueles com possibilidade de contaminação, porém pouco critério ao dispor materiais, e zonas de produção (22d e f), como reproduzido na Figura 22.

Figura 22 - Armazenamento e transporte de material em obra



(a) Descarte de sacos de cimento



(b) Descarte de material desperdiçado



(c) Descarte de formas



(d) Armazenamento de blocos cerâmicos



(e) Transporte de blocos



(f) Produção de concreto em obra

Fonte: autora

Figura 23 - Disposição de materiais no canteiro de obras



Fonte: LaBIM (2018)

Os blocos, na Figura 22 d, por exemplo, poderiam ter sido armazenados em um local protegido das intempéries e que proporcionasse maior facilidade para o transporte, evitando perda de tempo e possibilidade de quebras. A argamassa, produzida em obra, era transportada em baldes, gerando desperdício no processo e uso demasiado pela falta de controle produtivo, a exemplos das juntas com grandes espessuras entre blocos.

Ainda, na última visita em obra, foram encontrados resíduos no local, armazenados sem nenhuma distinção, apresentado na Figura 24.

Figura 24 - Resíduos da obra após finalização



Fonte: autora.

## V. Detecção de erros e omissões

O BIM permite ao projetista a atualização imediata de todas as vistas de trabalho, quando realizada uma modificação, ao contrário dos produtos adeptos ao CAD. Com isso, erros e omissões são reduzidas em campo e uma parte significativa de material, tempo e recursos financeiros pode ser economizada.

Para a obra estudada, pode-se adotar os mesmos comentários já feitos no item I deste capítulo

Vale salientar, que o engenheiro responsável pela coordenação da modelagem do CRAS informou que durante a etapa de projeto vários ajustes foram efetuados no modelo, para evitar erros ou omissões na etapa de projeto, devido à revisão de duas importantes Normas, conforme segue:

“...Nós passamos por duas revisões de Norma, a 6118, de concreto e a 9050, de acessibilidade. Então tivemos que, também, depois de quase tudo pronto, fazer esses ajustes para essas duas Normas. A de concreto foi feita antes, então nós já tínhamos aplicado. Porém, a 9050 foi depois, então tivemos que adaptar alguns detalhes”  
(Entrevista 1 - APÊNDICE A).

Entretanto, alguns problemas de projeto, envolvendo incompatibilidades e insuficiências, em quesitos técnicos e conceituais, foram verificadas pelo engenheiro executor do projeto, conforme a entrevista realizada, que se encontra no APÊNDICE C -Entrevista com o engenheiro responsável pela execução da obra. Pode-se citar algumas, como:

- Projeto inadequado de acessibilidade, ao que diz respeito aos pisos podotáteis;
- Falta de detalhamento do caminhamento vertical das tubulações hidráulicas e elétricas;
- Falta de adaptação dos projetos para cada terreno, uma vez que o projeto do CRAS foi replicado para todos os municípios incluídos na licitação.

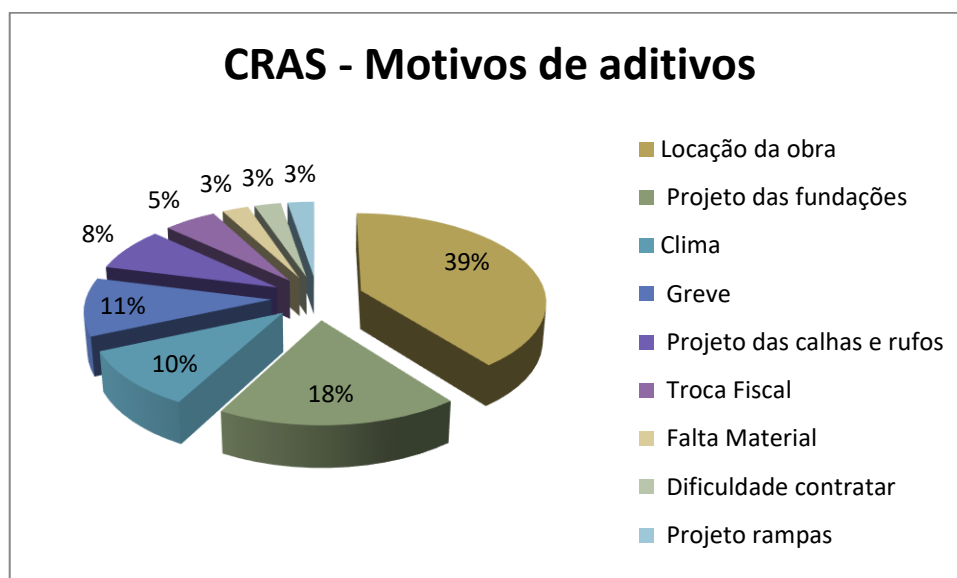
Também foram verificadas, dessa vez nas visitas ao canteiro de obras, problemas que podem vir a afetar a geração de resíduos, no atraso da obra e na redução da qualidade da execução:

- Troca de equipe de execução, por irregularidades no pagamento, ocasionando alta rotatividade dos funcionários;

- Desorganização no canteiro, quanto ao armazenamento do material recebido e que seria utilizado, aos rejeitos de material já utilizado e ao espaço utilizado para fabricação de argamassa e peças de madeira;
- Falta de acompanhamento próximo de um responsável na obra, tanto da empresa executora quanto da fiscalização por parte do Governo, fator que diminui o controle da produtividade e da qualidade dos serviços dos trabalhadores.
- Falta de um planejamento prévio da execução e do uso de BIM dentro do canteiro de obras, já que se percebeu a utilização do BIM apenas no processo projetual, mas na etapa de execução não houve contribuição direta.

Todas essas inconsistências colaboram para o aumento dos resíduos de obra, uma vez que são identificadas geralmente quando já estão no canteiro. Uma estudante de Arquitetura e Urbanismo da UFSC (FERNANDES, 2018), pesquisou no seu trabalho de conclusão de curso os principais geradores de aditivos de tempo e de valor nos contratos das obras do CRAS, das concorrências 22, 34 e 42 de 2017, sendo a concorrência referente ao CRAS de Biguaçu a de número 42. Os resultados estão expostos no Gráfico 1:

Gráfico 1 - Motivos dos Aditivos de obras licitadas do CRAS



Fonte: Fernandes (2018)

Percebe-se que os itens mais representativos são relativos às etapas iniciais da execução da obra, como a locação da obra e o projeto de fundações, além de outros menos



representativos, como o projeto de calhas e rufos e o projeto de rampas. Ou seja, como já mencionado, a qualidade e os prazos de projeto ficam afetados devido à falta de um planejamento prévio, a erros, omissões ou falta de detalhamento nos materiais entregues à empresa executora.

Apesar disso, a entrevistada responsável pela fiscalização do cumprimento do contrato da empresa vencedora da execução da licitação assegurou que já houveram melhoras em relação as inconsistências de projeto, na migração do convencional para o BIM.

## VI. Previsão das quantidades de material

Com a previsão exata dos materiais a serem comprados em cada sistema construtivo em questão pode-se evitar uma compra superestimada, que virá a acarretar desperdício ou devolução de material. O processo BIM permite essa estimativa exata de material, aliado a adequada gestão e armazenamento.

No CRAS de Biguaçu, a quantificação de material, segundo relatado pelo engenheiro responsável pela execução da obra, foi feita pela sua própria experiência profissional, pois já atuou na execução de diversos CRAS, e que as quantidades fornecidas pelo projeto estavam abaixo do necessário. Ao mesmo tempo, percebeu-se nas visitas em campo o uso não racionalizado do material, com quebras de blocos e juntas irregulares, por exemplo.

Além das sobras de alvenaria, que serão comentadas a seguir, foram encontrados pisos cerâmicos não utilizados, na última visita em obra, após sua finalização. Essa situação é vista na Figura 25: É possível que a empresa utilize o material que sobrou desta obra na execução de outra obra idêntica, uma vez que são responsáveis pela execução dos CRAS em outras cidades do Estado, porém pela distância entre as obras essa transferência é dificultada.

Figura 25 - Sobras de pisos cerâmicos e resíduos gerados no assentamento de uma sala



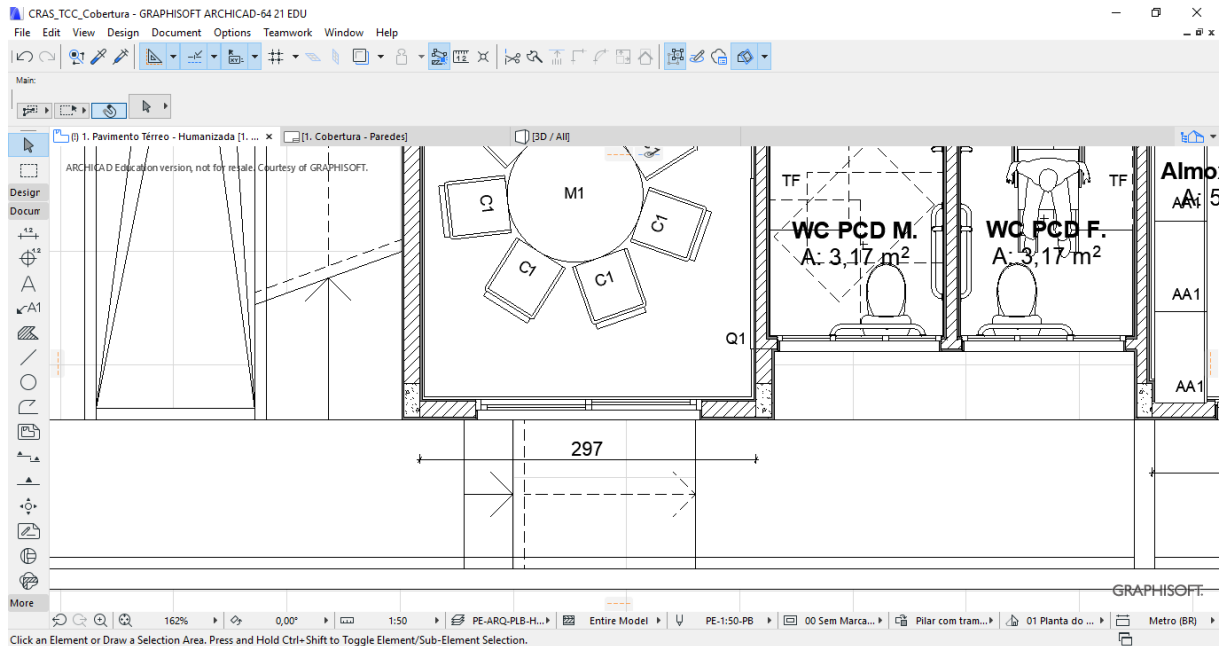
Fonte: autora.

#### 4.4 ESTIMATIVA DO DESPERDÍCIO DE ALVENARIA EM OBRA

Para identificar a precisão do levantamento de quantidades mencionado por Ahankoob et al (2012), foram realizadas, em canteiro de obras, medições referentes à alvenaria, para posterior comparativo com as medições realizadas no *software* BIM GRAPHISOFT ARCHICAD. Os motivos da escolha da alvenaria para estudo já foram mencionados no capítulo da metodologia. O procedimento adotado foi o seguinte:

- Medição no *software*: foi medido o comprimento entre os pilares e a altura do início da primeira fiada até o pilar, utilizando o comando *dimension* do GRAPHISOFT ARCHICAD. Paredes que eram iguais e paralelas tiveram suas medidas duplicadas, ou seja, no caso de existir duas paredes iguais, apenas uma delas foi medida e sua área contabilizada duas vezes. Por essa razão, nem todas as paredes terão denominação nas plantas baixas do APÊNDICE E. Foram medidas também as aberturas dos ambientes, para serem subtraídas do valor total de área de alvenaria encontrado. Foi criada uma tabela para a visualização dos resultados e realização dos cálculos, que será demonstrada em sequência. Um exemplo de medição do comprimento está demonstrado na Figura 26.

Figura 26 - Medição da alvenaria no *software* GRAPHISOFT ARCHICAD



Fonte: elaboração própria.

- **Medição *in loco*:** medidas as áreas de parede, com o comprimento entre os pilares e a altura entre o início da primeira fiada e o final da última, anterior ao encunhamento. Todas as medidas foram tabuladas e serão apresentadas na sequência do trabalho. O mesmo critério para paredes paralelas foi adotado. Portanto, o método utilizado para realização dos cálculos consistiu na medição das dimensões lineares no canteiro de obras, com as paredes ainda não rebocadas e entre os pilares. A mesma metodologia para as aberturas foi adotada na medição *in loco*.

As plantas baixas, com a denominação das paredes estão nos APÊNDICE E deste trabalho. As aberturas estão representadas APÊNDICE F.

O Descrito como “Tijolo telhado x”, na tabela da cobertura, indica a fiada de tijolos utilizada para garantir o caimento do telhado, realizado no canteiro de obras para ajustar um problema de projeto. Por fim, os resultados obtidos estão demonstrados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Medições de Parede no Térreo e Resultados

Térreo								
Parede	Medido no canteiro de obras (m)			Medido na ferramenta BIM Archicad (m)			Área Medida em obra(m <sup>2</sup> )	Área medida no Archicad (m <sup>2</sup> )
	Altura	Comprimento	Espessura	Altura	Comprimento	Espessura		
Pa1	2,94	3,19	0,15	2,95	3,18	0,18	9,3786	9,381
Pa2	2,94	3,19	0,15	2,86	3,21	0,18	9,3786	9,1806
Pa3	2,94	2,42	0,15	2,86	2,44	0,18	7,1148	6,9784
Pa4	2,94	2,95	0,15	2,76	3,02	0,18	8,673	8,3352
Pa5	2,94	2,44	0,15	2,98	2,46	0,18	7,1736	7,3308
Pa6	2,93	3,03	0,15	2,98	3,05	0,18	8,8779	9,089
Pa7	2,96	1,23	0,15	2,828	1,216	0,15	7,2816	6,877696
Pa8	3,1	1,96	0,15	2,98	1,97	0,15	6,076	5,8706
Pa9	2,96	1,23	0,15	2,828	1,216	0,15	7,2816	6,877696
Pa10	2,83	3,15	0,15	2,74	3,1	0,18	8,9145	8,494
Pa11	2,93	1,56	0,15	2,98	1,565	0,18	9,1416	9,3274
Pa12	3,07	3,36	0,15	2,98	3,3	0,18	10,3152	9,834
Pa13	2,93	1,48	0,15	2,98	1,51	0,18	8,6728	8,9996
Pa14	2,93	3	0,15	3,02	3,01	0,18	8,79	9,0902
Pa15	2,92	1,54	0,15	2,828	1,53	0,18	8,9936	8,65368
Pa16	2,92	1,55	0,15	2,828	1,53	0,18	9,052	8,65368
Pa17	2,82	2,05	0,15	2,98	2,053	0,18	5,781	6,11794
Pa18	2,82	3,66	0,15	2,98	3,66	0,18	10,3212	10,9068
Pa19	2,92	2,95	0,15	2,98	2,91	0,18	8,614	8,6718
Pa20	2,83	3,65	0,15	2,98	3,66	0,18	10,3295	10,9068
Pa21	2,72	2,95	0,15	2,98	2,97	0,18	8,024	8,8506
Pa22	2,72	4,12	0,15	2,66	4,12	0,18	11,2064	10,9592
Pa23	2,86	4,63	0,15	2,98	4,61	0,18	13,2418	13,7378
Pa24	2,83	3,92	0,15	2,98	3,9	0,18	22,1872	23,244
Pa25	2,93	4,3	0,15	2,98	4,38	0,18	12,599	13,0524
Pa26	2,93	3,66	0,15	2,98	3,67	0,18	10,7238	10,9366
Pa27	2,83	4,39	0,15	2,76	4,42	0,18	12,4237	12,1992
Pa28	2,83	3,65	0,15	2,76	3,67	0,18	10,3295	10,1292
<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>							270,8965	272,685892
<b>Área sem aberturas(m<sup>2</sup>)</b>							206,61145	217,750892
<b>Diferença na área total (%)</b>							1,053914931	
<b>Diferença na área sem aberturas (m<sup>2</sup>) superior</b>							11,139442	

Fonte: elaboração própria.

Tabela 2 - Medições de Parede na Cobertura e Resultados

Cobertura						
Parede	Medido no canteiro de obras (m)		Medido na ferramenta BIM Archicad (m)		Área Medida em obra(m <sup>2</sup> )	Área medida no Archicad (m <sup>2</sup> )
	Altura	Comprimento	Altura	Comprimento		
Pa1	0,96	0,36	1,10	0,37	0,3456	0,407
Pa2	0,96	2,83	1,10	2,83	2,7168	3,113
Pa3	0,96	3,42	1,10	3,30	3,2832	3,63
Pa4	0,96	2,55	1,10	2,53	2,448	2,783
Pa5	0,96	1,28	1,10	1,26	2,4576	2,772
Pa6	2,22	1,68	2,25	1,62	7,4592	7,29
Pa7	0,96	1,46	1,10	1,38	2,8032	3,036
Pa8	0,96	2,58	1,10	2,60	2,4768	2,86
Pa9	0,96	1,54	1,10	1,54	1,4784	1,694
Pa10	0,96	1,03	1,10	1,01	0,984	1,111
Pa11	0,96	2,03	1,10	2,05	1,9488	2,255
Pa12	2,36	2,92	2,25	2,60	20,6736	17,55
Pa13	0,96	3,16	1,10	3,21	3,0336	3,531
Pa14	0,96	0,46	1,10	0,45	0,8832	0,99
Pa15	0,96	3,38	1,10	3,22	3,2448	3,542
Pa16	1,52	3,52	1,53	3,38	5,3504	5,1714
Pa17	1,52	2,93	1,53	2,97	4,4536	4,5441
Pa18	1,52	3,70	1,53	3,55	5,624	5,4315
Pa19	1,52	0,28	1,53	0,30	0,4256	0,45135
Pa20	0,64	0,66	0,66	0,66	0,4224	0,4356
Pa21	0,64	5,66	0,66	5,62	3,6224	3,7092
Pa22	0,64	2,80	0,66	2,77	1,792	1,8282
Pa23	0,64	0,63	0,66	0,64	0,4	0,4224
Pa24	0,64	0,28	0,66	0,31	0,1792	0,2046
Pa25	0,96	4,41	1,10	4,40	4,2336	4,84
Pa26	1,52	1,54	1,53	1,56	2,3408	2,3868
Pa27	1,52	1,28	1,53	1,27	1,9456	1,9431
Pa28	0,96	4,18	1,10	4,18	4,0128	4,598
Pa29	0,96	0,41	1,10	0,42	0,3936	0,462
Pa30	0,96	4,72	1,10	4,67	4,5312	5,1315
Pa31	0,96	3,43	1,10	3,46	3,2928	3,8005
Pa32	0,64	0,28	0,66	0,31	0,1792	0,2046
Pa33	0,96	0,67	1,10	0,66	0,6432	0,726
Pa34	0,96	1,45	1,10	1,46	1,392	1,606
Pa35	0,66	2,87	0,66	2,86	1,8942	1,8876
Pa36	0,64	3,37	0,73	3,39	2,1568	2,4747
Pa37	0,64	3,38	0,73	3,39	2,1632	2,4747
Pa38	0,64	0,66	0,66	0,66	0,4224	0,4356

Continua

## Continuação

Pa39	0,64	6,40	0,73	6,40	4,096	4,672
Pa40	0,96	3,90	1,10	3,92	3,744	4,312
Tijolo telhado 1	0,96	0,19	0,12	4,40	0,1824	0,792
Tijolo telhado 2	2,88	0,19	0,12	12,75	0,5472	2,295
Tijolo telhado 3	0,64	0,19	0,12	6,84	0,1216	1,2312
Tijolo telhado 4	2,48	0,19	0,12	3,82	0,4712	0,6876
Tijolo telhado 5	1,92	0,19	0,12	7,84	0,3648	1,4112
Tijolo telhado 6	5,06	0,19	0,12	9,6204	0,9614	1,154448
<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>					118,5964	128,288898
<b>Diferença área total (%)</b>					1,081726747	
<b>Diferença área total (m<sup>2</sup>) superior</b>					9,692498	

Fonte: elaboração própria.

A partir destas análises, percebe-se que o valor de área construída de alvenaria de vedação foi 1,05% menor que o indicado pelo *software* BIM para a alvenaria do térreo e 1,08% para a alvenaria da cobertura, com os valores praticamente se equiparando, como o esperado. Razões apontadas para que a área construída tenha sido menor do que o estimado pelo medido no modelo BIM são, ao analisar a tabela de medições, as alturas de alvenaria até o encunhamento, que variavam consideravelmente em obra. Portanto, percebe-se que utilizar uma ferramenta BIM para a quantificação de alvenaria em uma obra pode ser uma alternativa adequada e com exatidão aceitável. Mesmo assim, na obra em questão, percebeu-se que houve uma quantidade significativa de rejeitos em obra e que métodos poderiam ter sido empregados para evitar tal fator.

A fim de enriquecer ainda mais a pesquisa e justificar a origem deste desperdício, podemos fazer também um comparativo com as quantidades de tijolos compradas para essa obra, que segundo o engenheiro responsável foram feitas através da experiência na profissão. Sabendo que o total de metros quadrados de alvenaria medidos na obra foi de 325,2m<sup>2</sup> (118,6m<sup>2</sup> + 206,6m<sup>2</sup>) e que em cada m<sup>2</sup> de parede existiam 25 tijolos, temos que foram utilizados 8.130 tijolos na obra do CRAS de Biguaçu. Segundo a entrevista 3, no APÊNDICE C -Entrevista com o engenheiro responsável pela execução da obra, temos que:

“Não lembro exatamente, mas ficou um pouco acima de 10 mil tijolos. Compramos em uma carga fechada, que dependendo do fornecedor dá em torno de 6 mil – 6,4 mil tijolos cada uma, e depois compramos mais ½ carga. Então, mais ou menos 10 mil e 200 tijolos.”

Utilizando 10.200 tijolos como valor de compra, percebe-se uma diferença de 2.070 tijolos. Com cargas fechadas de 6.400 tijolos, uma diferença de 1470 tijolos e com cargas

fechadas de 6.000 tijolos, uma diferença de 870 tijolos. Ou seja, todos os valores aproximados oferecidos pelo engenheiro têm uma diferença considerável ao medido em obra, contribuindo para as perdas de material. A Tabela 3 sintetiza as informações.

Tabela 3 - Diferença da quantidade de tijolos medida em obra e a comprada

Quantidade aproximada de tijolos comprados	Diferença do valor medido (unidades)	Diferença do valor medido (%)
$6.000 \times 3/2 = 9.000$	$9.000 - 8.130 = 870$	10,70
$6.400 \times 3/2 = 9.600$	$9.600 - 8.130 = 1.470$	18,08
10.200	$10.200 - 8130 = 2.070$	25,46

Fonte: elaboração própria.

Além disso, percebe-se que os valores diferem do levantado em obra e através do *software*, justificando as perdas de material observadas em campo. As causas investigadas que podem ter gerado esta situação foram:

- Transporte inadequado de materiais, feito através de equipamentos improvisados, como baldes ou carrinhos de mão irregulares;
- Quebra de material por manuseio inadequado;
- Quebra de alvenaria para inserção de instalações elétricas e hidráulicas;
- Falta de racionalização e planejamento dos processos construtivos da obra;

Apesar dos valores divergentes de material encontrados, vale destacar que o entrevistado 3 identificou alguns problemas de projeto, que consequentemente geraram desperdício em obra. Esse acontecimento foi resumido em sua entrevista (APÊNDICE C):

“(…) Também teve o caso do projeto de água fria, que não foi colocada saída do extravasor nem da limpeza, então se a boia quebrar a água transborda toda. O extravasor acabamos colocando por conta, para garantir no caso de defeito da peça, que poderia gerar muitos danos materiais.

Além disso, tiveram problemas com o piso podotátil, que primeiramente modificamos em obra e depois juntamente com o pessoal do Pacto.

O caso mais grave, eu diria, que foi a falta de adequação dos projetos de acordo com cada ambiente, pois os terrenos eram diferentes. Foi projetado um sistema de acessibilidade bem interessante que não cabia para todas as obras.” (APÊNDICE C)

## 4.5 PERCEPÇÕES SOBRE O ESTUDO

Pode-se expor, após a exploração de diversas fontes de dados, algumas percepções sobre esse estudo e demais resultados que foram obtidos.

### 4.5.1 Percepções sobre a licitação BIM

Analisou-se, ainda, o contrato público da licitação das obras, sendo que as partes as quais mencionavam o uso do BIM foram destacadas. Em entrevista, o responsável pela modelagem do projeto BIM esclareceu que esta foi uma das primeiras licitações que exigiam a tecnologia BIM e que, conseqüentemente, essa tecnologia poderia gerar estranheza para os concorrentes:

“...E nós percebemos que o melhor nível de cobrança de BIM em obra não era na obra em si, mas sim no *as built*. E no *as built*, nós pedíamos que, ao ser executada a obra, as alterações fossem sendo registradas no modelo. Então esse foi o único uso do BIM na obra: editar a obra, à medida que fossem percebidas alterações nos projetos”.  
(Entrevista 1 – APÊNDICE A)

Primeiramente, consta no item 13.10.3. os requisitos exigidos para o *as built* da construção.

“13.10.3. *As built*, que deverá cumprir os seguintes requisitos:

13.10.3.1 Ser elaborado durante a execução do contrato sobre o Modelo BIM fornecido pelo Estado;

13.10.3.2 Apresentar as devidas justificativas de cada alteração;

13.10.3.3 Executar as alterações conforme indicação de “Guia de As Built” em capacitação a ser realizada pelo Estado;

13.10.3.4 Ser entregue em formato nativo ARCHICAD, VECTORWORKS ou AECOSIM;

13.10.3.5 Ser aprovado pelo Fiscal Técnico.” (SANTA CATARINA, 2017, p. 22)

Ou seja, a empresa contratada na execução da obra deveria ter conhecimento prévio de algum dos *softwares* BIM mencionados ou terceirizar os serviços exigidos, no caso do *as built* da obra. Além disso, percebe-se que a licitação solicita o arquivo do *as built* no formato nativo, ou seja, deverá ser modelado e disponibilizado em um dos *softwares* indicados na licitação e não deve ser entregue em IFC. Portanto, facilitar a execução ou o acesso aos arquivos



através da consulta virtual, no formato nativo do modelo BIM, seria uma alternativa viável e conveniente para a etapa de execução. A empresa de execução poderia receber também estes arquivos no formato nativo para facilitar a elaboração do *as built*.

Por outro lado, a Contratada, deveria receber:

“15.5.9 Disponibilizar à CONTRATADA o Modelo BIM nos formatos IFC e Nativo com a representação da edificação nas suas diversas disciplinas.” (SANTA CATARINA, 2017, p. 27)

Receberia, além disso:

“25.11 A licitante vencedora receberá capacitação do Laboratório BIM do Estado de Santa Catarina dos softwares TEKLA BIMSIGHT, ARCHICAD, VECTORWORKS referente a nível básico com 08 horas com objetivos de:

25.11.1 Conhecimento do modelo BIM;

25.11.2 Indicação, no modelo IFC, baseado em arquivo com extensão .bcf (comunicação e compartilhamento) para fins de verificação das inconsistências que gerarem aditivos de serviços; (aprovado o aditivo, a comprovação do quantitativo deverá ser realizada no modelo Nativo – ARCHICAD, VECTORWORKS, AECOSIM);

25.12 A capacitação não acarretará em custos para a contratada, senão apenas despesas com transporte e deslocamento dos funcionários, não devendo, portanto, serem objeto de composição de custos nas propostas.

25.13. Elaboração do *As built* de acordo com cláusula 13.10.3;” (SANTA CATARINA, 2017, p. 43)

Foi confirmado com o engenheiro responsável pela modelagem do projeto que o treinamento foi dado para a empresa vencedora da licitação, porém sem muito aprofundamento. A entrevista pode ser conferida na íntegra no APÊNDICE C desse trabalho. O engenheiro responsável pela execução da obra revelou também que para a realização do *as built* foi contratada uma empresa terceirizada, primeiramente pelas dificuldades encontradas para o acesso ao projeto em formato .pln (extensão do GRAPHISOFT ARCHICAD) e também pela própria empresa não trabalhar com projetos, não ter segurança para elaboração do *as built* em uma ferramenta BIM que estavam tendo contato pela primeira vez, e por não possuir as ferramentas indicadas na licitação.

#### **4.5.2 Percepções quanto à interoperabilidade BIM**

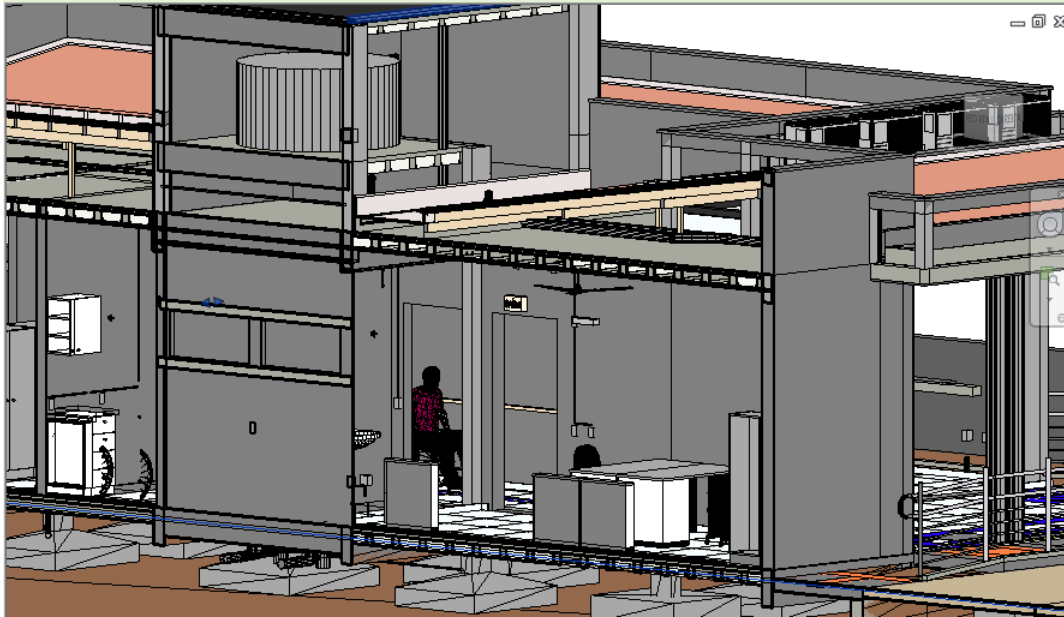
Constatou-se uma deficiência na geração do .ifc do projeto do CRAS através do uso da ferramenta nativa GRAPHISOFT ARCHICAD, quando feita a tentativa de manipular o modelo em outro *software* BIM, como o AUTODESK REVIT. Esse problema está nas Figuras 27 e 28.

Figura 27 - Modelo .ifc do CRAS de Biguaçu gerado no GRAPHISOFT ARCHICAD e aberto no AUTODESK REVIT



Fonte: autora.

Figura 28 - Paredes internas não representadas pelo modelo .ifc no AUTODESK REVIT



Fonte: autora.

As limitações da interoperabilidade são, portanto, conferidas no modelo de estudo desta pesquisa. Ao abrir o modelo no *software* AUTODESK REVIT, diversas instâncias e características de família foram perdidas ou não representadas, fator que dificulta o trabalho em mais de uma ferramenta da plataforma BIM. É importante destacar esta dificuldade, uma vez que a empresa executora, responsável pela entrega do modelo do as Built em BIM, poderia optar pelo uso de outra ferramenta BIM e poderia ter o mesmo problema de interoperabilidade ao tentar importar o IFC gerado pela ferramenta nativa (GRAPHISOFT ARCHICAD) em outra ferramenta BIM.

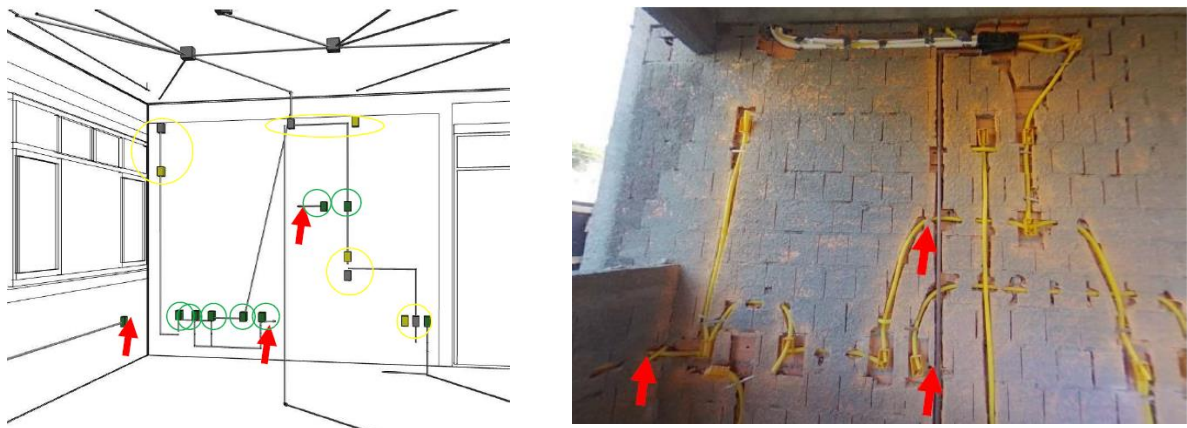
#### 4.5.3 Colaboração entre equipes no projeto do CRAS de Biguaçu

Percebeu-se, tendo como base as entrevistas realizadas, que a colaboração entre as equipes, uma etapa importante para o funcionamento adequado da metodologia BIM, como já mencionado na revisão da literatura, foi deficiente e comprometeu os resultados finais do empreendimento.

Pode-se citar diversos exemplos que corroboram essa afirmação, como a inacessibilidade dos executores aos projetos no formato BIM e a dificuldade encontrada pelos mesmos na troca de informação com os responsáveis pelo modelo BIM.

O Relatório de Visita Técnica do CRAS de Biguaçu (SANTA CATARINA, 2018), elaborado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, apontou diversas inconformidades da execução comparando com o modelo BIM (Figura 29) porém, segundo o engenheiro responsável pela execução, com o não fornecimento do projeto em formato BIM, a visualização de detalhes era impossível ou dificultada apenas com o uso dos PDFs ou projetos impressos.

Figura 29 - Divergências entre a execução e o modelo BIM do CRAS de Biguaçu



Fonte: Santa Catarina (2018)

Alguns relatos dos entrevistados, que reafirmam a importância da comunicação eficiente entre equipes de projeto, são apresentados a seguir:

“...E claro, a grande vantagem do BIM, para a minimização, é a industrialização, onde podemos produzir em um local com muito mais controle e essa gestão de resíduos muito mais atuante, não necessariamente em obra”. (Entrevista 1 – Apêndice A).

“...você pode planejar melhor a obra e as possíveis interferências em cada uma delas, de forma a gerar menos resíduos. Mas acredito que o ideal seria um software de acompanhamento de obras em BIM, não só os projetos, para fazer melhor o gerenciamento da execução”. (Entrevista 2 – Apêndice B).

“...Acho que pode colaborar sim, desde que o profissional que for utilizar o BIM seja uma pessoa habilitada e com conhecimento para executar. Teria que ter uma visão bem diferenciada da execução”. (Entrevista 3 – Apêndice C).

Uma das razões para essa fala de harmonia entre as equipes pode ser o estranhamento gerado pelo processo BM, no início de sua implantação, como resumido pelo entrevistado 1:

“...A única dificuldade foi o fato de não estarmos preparados para as novidades, que esquecemos que estamos descobrindo coisas, que erros vão acontecer, situações inesperadas vão acontecer, justamente por nunca termos feito isso antes. Então nos culpamos muito por conta de erros, sendo que tudo é uma grande novidade. Ou seja,

a maior dificuldade é essa: aceitarmos que vamos errar, pois estamos aprendendo”  
(Entrevista 1 – APÊNDICE A)

Outro ponto importante de se levantar é o despreparo da empresa vencedora da licitação para a realização do *as built* em formato BIM, uma vez que é essencialmente uma empresa de execução de obras, não de criação ou manipulação de ferramentas BIM para projetos. A solução encontrada pela empresa para cumprir os requisitos da licitação foi terceirizar o serviço para uma empresa de projetos, acarretando em custos extras para a construtora.

Ao acessar a licitação da obra e analisar as entrevistas feitas com os envolvidos da obra, percebe-se pouca familiaridade com a metodologia BIM e até com o conceito BIM na construção civil. Grande parte das companhias busca o mínimo para a adequação às exigências básicas dos projetos os quais participam e negligenciam a oportunidade de crescimento, inovação e economia que têm em mãos.

O responsável pela modelagem do projeto menciona na sua entrevista que o uso de BIM na execução de projetos é ainda, no Brasil, algo muito recente e que pode causar certa estranheza por parte daqueles que sempre utilizaram projetos convencionais e que esse processo de aprendizado será algo gradual e progressivo.

No Quadro 10, podemos verificar em quais fases que geram efeitos nos resíduos e tiveram algum tipo de colaboração para redução com o uso do BIM.

Quadro 10 - Fases que tiveram colaboração de *softwares* na gestão de resíduos

Uso do BIM	<i>Software</i> BIM que contribui com a Gestão de Resíduos
Revisão de Projeto	SOLIBRI MODEL CHECKER, TRIMBLE TEKLA BIM SIGHT
Compatibilização de projeto	SOLIBRI MODEL CHECKER, TRIMBLE TEKLA BIM SIGHT
Projeto do sistema de construção	GRAPHISOFT ARCHICAD

Fonte: elaboração própria

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, analisou-se a aplicação e a efetividade das ferramentas BIM para a gestão de resíduos, nas etapas de projeto e de execução, fazendo a utilização do CRAS do município de Biguaçu/SC como estudo de caso. O CRAS foi modelado através de ferramentas BIM e caracteriza-se como a primeira obra em BIM licitada pelo Governo do Estado de Santa Catarina. Ou seja, o processo de implementação dessa metodologia é ainda precoce e gerou algum estranhamento pelas empresas responsáveis pela execução do serviço.

Para a análise, foram realizadas visitas periódicas à obra para coleta de dados qualitativos e quantitativos, estes representados pelo registro fotográfico da execução e pelo diário de obra mantido ao longo do período e esses pela medição em obra das paredes de alvenaria do térreo e da cobertura. Os valores de alvenaria obtidos foram comparados com o medido através do *software* BIM e dos dados de compra relatados pelo engenheiro responsável pela execução da obra. Foram realizadas ainda entrevistas com os principais envolvidos na obra: o engenheiro responsável pela modelagem do projeto, a fiscal de cumprimento do contrato de licitação e o engenheiro responsável pela execução da obra. Percebe-se, portanto, como a utilização do BIM em projetos e execução de obras é vista por diferentes atores envolvidos e qual o nível de aceitação de novas metodologias no setor da construção civil, caracterizado pelo seu atraso tecnológico e processual.

A partir desse estudo, observa-se a resistência do setor à inclusão de novas técnicas e como iniciativas semelhantes à do Governo do Estado de Santa Catarina colaboram para que as empresas atualizem sua operação e otimizem as técnicas, trabalhando em consonância com os responsáveis por todo o processo produtivo de um empreendimento. Além disso, a gestão dos resíduos, geralmente mal administrada nas obras de construção civil, mostra-se uma estratégia benéfica não só para o meio ambiente como para a otimização dos processos e das despesas para as contratantes.

Quanto ao atingimento dos objetivos, inicialmente propostos:

- i. Objetivo geral: investigar como o processo BIM pode auxiliar na gestão de resíduos de uma edificação.

Em relação às entrevistas realizadas com os principais envolvidos no processo BIM do CRAS de Biguaçu, ao serem questionados sobre uma possível gestão de resíduos em obra com o uso do BIM, os entrevistados foram unânimes em afirmar que o BIM poderia sim

auxiliar, porém se mostraram imprecisos quanto ao âmbito deste auxílio. As entrevistas podem ser consultadas na íntegra nos Apêndices A, B e C.

Na obra em questão, não houve o uso do modelo BIM para o auxílio da gestão dos resíduos em obra, em nenhum aspecto, seja no levantamento dos quantitativos dos materiais, na organização do canteiro de obras, na racionalização dos processos ou no encaminhamento de resíduos finais. Todos os procedimentos relacionados ao processo de execução desta edificação, segundo as visitas realizadas e relatos dos entrevistados, foram realizados da maneira convencional.

Neste caso, percebe-se novamente a falta de comunicação entre as equipes envolvidas no projeto, para que as atividades sejam feitas de maneira colaborativa, eficiente e otimizada. Caso tivesse ocorrido, soluções para problemas recorrentes nas obras dos CRAS em todos os municípios poderiam ter sido corrigidos, inclusive na redução dos custos em material e no tempo de projeto e execução.

Portanto, como visto nos relatos acima e na própria revisão da bibliografia já descrita, BIM pode sim auxiliar na gestão dos resíduos em obra, porém precisa ser mais explorado nesse quesito. A implantação do sistema é ainda muito recente para a maioria das empresas e instituições, sejam de projeto ou de execução, que ainda não conhecem toda a potencialidade dos processos e ferramentas. O objetivo-mor seria, portanto, a divulgação das possibilidades desempenhadas pelo BIM e quais seus benefícios, na gestão de resíduos.

ii. Objetivos específicos:

- Conhecer as ferramentas BIM e as suas potencialidades na gestão de resíduos;

O Quadro 9 foi elaborado para apresentar as possíveis ferramentas BIM existentes atualmente e que podem contribuir com a gestão de resíduos de uma edificação. Este quadro foi criado com base nas pesquisas de Won e Cheng (2017). Com este Quadro, foi possível perceber a diversidade de ferramentas existentes que podem, de alguma maneira, serem utilizadas para a gestão dos resíduos com o BIM.

Algumas ferramentas BIM foram mencionadas nesse caso de estudo, com maior destaque para o GRAPHISOFT ARCHICAD, *software* utilizado na modelagem do CRAS de Biguaçu. As potencialidades oferecidas são inúmeras, dentre elas a interatividade entre diferentes atores do projeto, sincronização de informações automática, levantamento e cadastro

de dados etc. Entretanto, estas são desconhecidas de grande parte dos gestores da obra, o que faz com que o processo fica interrompido e as ferramentas subutilizadas.

- Verificar como ocorre a interação entre o modelo BIM e o canteiro de obras;

Algumas inferências podem ser feitas, ainda, sobre a interação com o BIM no canteiro de obras. Sobre o levantamento de dados de alvenaria com o uso do BIM, mesmo que tenha sido relativamente assertivo ao encontrado em obra, dificilmente poderia ser utilizado em obras no atual cenário da construção brasileira, uma vez que o nível de desperdício é historicamente elevado e tal precisão não se encaixaria para compra de material. Observou-se também certa dificuldade na obtenção de resultados direcionados à gestão de resíduos em BIM, como percebe-se no conteúdo das entrevistas nos Apêndices A, B e C, uma vez que a preocupação na obra com essa etapa era secundária e superficial.

O maior obstáculo constatado após as devidas análises do material quantitativo e qualitativo coletado, é que houve uma certa desarmonia entre as etapas do processo de projeto e gestão de obra nesta edificação, que também chama-se de colaboração entre as equipes envolvidas, fator essencial para o sucesso do BIM em um empreendimento. A inacessibilidade ao projeto BIM por parte dos executores da obra prejudicou a gestão e o entendimento da obra como um todo, assim como a falta de administração coordenada das atividades comprometeu o sucesso do resultado do empreendimento.

- Propor alternativas para a redução dos resíduos no canteiro de obras, usando o BIM.

No caso da obra e do modelo BIM estudados, a construção do CRAS de Biguaçu e a alvenaria de vedação, respectivamente, pode-se citar algumas alternativas para a redução dos resíduos em obra, a partir da experiência obtida no decorrer do trabalho.

Como já foi mencionado, quando a etapa de projeto recebe a devida atenção e investimento por parte do contratante, muitos problemas que seriam encontrados e resolvidos apenas na etapa de execução, podem ser solucionados anteriormente e, com isso, o desperdício e os gastos serem consideravelmente reduzidos. Essa foi a intenção do Governo do Estado de Santa Catarina, ao realizar a modelagem e a compatibilização no LaBIM, segundo a entrevista realizada com o engenheiro responsável pela modelagem.

Pelo BIM ser uma metodologia nova e ainda não adotada na maior parte dos setores públicos e privados, a etapa de modelagem levou mais de um ano, um tempo consideravelmente



grande para uma obra de 171,66m<sup>2</sup>. Ainda assim, apresentou alguns erros de modelagem, projeto e representação para a empresa vencedora da licitação, conforme o engenheiro executor menciona na entrevista.

Entretanto, na etapa de execução, percebeu-se a falta de cuidado no planejamento das etapas de construção, no gerenciamento e organização do canteiro de obras, no armazenamento de materiais e de rejeitos e no transporte de materiais internos.

Portanto, além das revisões de projeto constantes e da adaptação de cada um para os diferentes terrenos, sugere-se que nas próximas licitações seja dada prioridade a colaboração e à melhoria constante dos processos, conceito chave para o funcionamento da metodologia BIM, seja na gestão de resíduos ou nas etapas anteriores ou posteriores.

Por fim, sugerem-se alguns tópicos para serem abordados em trabalhos futuros:

- a) Contrapor a efetividade do modelo BIM no levantamento de quantitativos em outros serviços da execução, tais como metros quadrados (m<sup>2</sup>) de cerâmica, metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de concreto etc;
- b) Aplicar os conceitos da gestão de resíduos em BIM em todo o processo de gestão e execução de uma obra, comparando os de custos o período de execução em relação ao projeto tradicional;
- c) Realizar a logística dos resíduos em obra, desde a sua geração até sua disposição final;
- d) Analisar o Ciclo de Vida dos materiais utilizados em obra e comparação com outras opções menos agressivas ao meio ambiente;
- e) Investigar a geração de resíduos em obras que utilizem da fabricação digital de componentes de obra.

## REFERÊNCIAS

ABANDA, F. H.; TAH, J. H. M.; CHEUNG, F. K. T. BIM in off-site manufacturing for buildings. **Jornal Of Building Engineering**. Online, p. 89-102. set. 2017.

ABNT. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004a.

\_\_\_\_\_. **NBR 10006: Resíduos Sólidos – Procedimento para Obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004b.

\_\_\_\_\_. **NBR 10007: Resíduos Sólidos – Amostragem de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004c.

\_\_\_\_\_. **NBR 15113. Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inerte – aterro: diretrizes para projetos, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004d.

\_\_\_\_\_. **NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1 – Terminologia e estrutura**. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 3 – Processos da construção**. Rio de Janeiro, 2012a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 7 – Informação da construção**. Rio de Janeiro, 2012b.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. S. L. de; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras: Metodologia**. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 2.

AHANKOOB, A.; KHOSHNAVA, M.; ROSTANI, R., PREECE, Christopher Nigel. **BIM Perspective On Waste Reduction**. In: Management In Construction Research Association (MICRA), 2012, Kuala Lumpur. Proceedings... .Malaysia: UTM RAZAK School of Engineering & Advanced Technology, 2012. p. 195 - 199.

AIA, D. E. **Building Information Modeling Protocol Exhibit: The American Institute of Architects**: 9p. p. 2008.

ANDALUCÍA, Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio de La Junta de. **Base de Costes de la Construcción de Andalucía**. Andalucía: Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio de La Junta de Andalucía, 2008. Disponível em: <<https://www.juntadeandalucia.es/index.html>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

ANDRADE, A. C.; SOUZA, U. E. L. **Método para Quantificação de Perdas de Materiais nos Canteiros de Obras de Construção de Edifícios: Superestrutura e Alvenaria**. São Paulo: Escola Politécnica da USP. N 205, 2000, 20p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Construção Civil, BT/PCC/250)

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. **Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de suas Características no Comportamento Mecânico dos Concretos**. São Paulo, 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. **Leadership And Management In Engineering**, Alburn, v. 3, n. 11, p.241-252, jul. 2011.

BAPTISTA, A. R. R. T. G. **Utilização de ferramentas BIM no planejamento de trabalhos de construção – estudo de caso**. 2015. 83p (Dissertação de mestrado). Faculdade de engenharia – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto.

BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J.; RIBEIRO, M.; SRIDHAR, M.; PARSONS, M.; BERTRAM, N. **Reinventando o setor de construção por meio de uma revolução na produtividade**. 2017. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects->

and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution/pt-br>. Acesso em: 12 jul. 2018.

BARISON, M.; SANTOS, E. T. ENSINO DE BIM: Tendências atuais no cenário internacional. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 2, n. 6, p.67-80, dez. 2011.

BARROS, B. P.; HOCHLEITNER, H. D. **Criação de um plug-in aliado a tecnologia BIM para quantificação de resíduos de construção em uma habitação unifamiliar**. 2017. 78 pp. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

BERNSTEIN, H. M.; YOUNG, N. W. Jr.; JONES, S. A. Interoperability in the Construction Industry, **McGraw Hill Construction**, p. 36, 2007.

BLUMENSCHNEIN, R. N. Manual Técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras. Brasília: SEBRAE/DF, 2007. 48p

BOGADO, J. N. R. G. M. **Aumento da Produtividade e Diminuição de Desperdícios na Construção Civil: Um Estudo de Caso**' 01/08/1998 112 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis Biblioteca Depositária: Biblioteca Central

BRACHT, M. K. **Estudo de Alternativas de Projto com Foco em Eficiência Energética Utilizando BIM**. 2016. 85p. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

BRAGA, D. B. **Sobre a Denominação e a Classificação das Perdas na Construção Civil**. In: XIX Encontro de Engenharia de Produção, 1999, Rio de Janeiro- RJ. EP99 - XIX ENEGEP - Livro de Resumo. Rio de Janeiro - RJ: UFRJ, 1999. p. 5-248.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre gestão de Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1995; e dá outras providências. Brasília, 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 431**, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, 2011.

BRUM, F. M. **Implantação de um programa de gestão de resíduos da construção civil em canteiro de obra pública: o caso da UFJF**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

CARMINATTI JUNIOR, R. **Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em Light Steel Framing**. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Construção Civil, Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CARRARO, F. **Produtividade da Mão-de-Obra no Serviço de Alvenaria**. 1998. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CARVALHO, H.; SCHEER, S. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. In: Encontro Brasileiro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de interesse Social com Foco no Projeto**. 2009. 241 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CATELANI, W. S.; SANTOS, E. T. Normas Brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, São Paulo, n. 84, p.54-59, out. 2016.

CHAREF, R.; ALAKA, H.; EMMITT, S. Beyond the Third Dimension of BIM: A Systematic Review of Literature and Assessment of Professional Views. **Journal Of Building Engineering**, [s.l.], v. , n. , p.1-33, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2018.04.028>.

CHENG, J. C.P.; MA, L. Y.H. **A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning**. Waste Management, v. 33, n. 6, p. 1539-1551, mar. 2013.

CHENG, J. C. P.; MA, L. Y. H.. A BIM-Based System for Demolition and Renovation Waste Estimation and Planning. **Waste Management**, Hong Kong, v. 33, n. 6, p.1539-1551, 13 mar. 2013.

CHENG, J. C. P.; WON, J.; DAS, M. Construction and demolition waste management using BIM technology. In: CONF. OF THE INT'L. GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., 2015, Perth. **Proceedings...** . Perth: Iglc, 2015.

COCHRAN, K. M.; TOWNSEND, T. G. **Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach**. Waste Management. v. 30, n. 11, p. 2247-2254, nov. 2010.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002**. Alterada pelas Resoluções 348, de 2004, nº 431, de 2011, e nº 448/2012. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 1 julho de 2018.

COUTINHO, R. R. de S. **O papel das construtoras e incorporadoras na adoção da tecnologia BIM na indústria da construção no Brasil: um estudo prospectivo**. 10/08/2015 103 f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo Instituição de Ensino: Universidade de Brasília, Brasília Biblioteca Depositária: UnB

COVAS, N. Personalidade Entrevistada. **Concreto & Construções**, São Paulo, n. 84, p.10-23, out. 2016.

CURT Collaboration, **Integrated Information and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation**. In: Committee, A. E. P. (Ed.) WP-1202. Construction Users Roundtable (CURT), 2004, 48 p.

DESHPANDE, A.; WHITMAN, B.. Evaluation os the Use of BIM Tools for Construction Site. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 50., 2014, Auburn. **Proceddings**. Auburn: Associated Schools Of Construction, 2014. p. 70 - 78.

DRUM, C. L. **Déficit habitacional e impactos econômicos do programa minha casa minha vida no Rio Grande Do Sul**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/2558/1/000423481-Texto+Completo-0.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

EARDIE, R.; BROWNE, M.; ODEYINKA, H.; MCKEOWN, C.; MCNIFF, S. BIM Implementation Throughout the UK Construction Project Lifecycle: an Analysis in Automation in Construction, **Elsevier**, n. 36, p. 145-151. Published online doi:10.1016/j.autcon.2013.09.001 (December 2013)

EASTMAN C., The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design, **Journals of the American Institute of Architects**, v. 63, p.46-50, 1975.

EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. 1ª Edição. Porto Alegre: Bookman. 2014 483 p.

ELKINGTON, J. **Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. New Society Publishers. Gabriola Island BC: Canada, 1998. 407 p.

FATTA, D.; PAPADOPOULOS, A.; AVRAMIKOS, E.; SGOUROU, E.; MOUSTAKAS, K.; KOURMOUSSIS, F.; MENTZIS, A.; LOIZIDOU, M. Generation and management of construction and demolition waste in Greece – an existing challenge. **Resources, Conservation and Recycling**, No. 40, p. 81-91, 2003

FAZINGA, W. R. **Particularidades da construção civil para implantação do trabalho padronizado**. 2012. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2012.

FERNANDES, C. A. P. **Interoperacionalidade em sistemas de informação**. 2014. 130p. (Mestrado). Universidade do Minho, Azurém, Portugal.

FERNANDES, P. W. C. **O Dilema do Arquiteto: do Projeto ao Canteiro de Obras**. 2018. TCC I (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

FIGUEREDO, P. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil.html>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; CESARE, C. de; ISATTO, E. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Núcleo orientado para a inovação da edificação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1996.

FREITAS, M. R. de. O canteiro de obras brasileiro e a adoção de recursos tecnológicos: em busca de melhoria das práticas através da inovação dos processos. **Reec**, Goiânia, v. 10, n. 1, p.1-6, jul. 2015.

FREJ, T. A.; ALENCAR, L. H. Fatores de sucesso no gerenciamento de múltiplos projetos na construção civil em Recife. **SciELO**, São Paulo, v. 20, n. 3, p.1-9, 09 jul. 2010.

G1. **Por que o Brasil precisa da construção civil para voltar a crescer**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/especial-publicitario/em-movimento/noticia/por-que-o-brasil-precisa-da-construcao-civil-para-voltar-a-crescer.ghtml>>. Acesso em: 30 mar. 2018.



GAVILAN, R. M.; BERNOLD, L. E. Source Evaluation of Solid Waste in Building Construction. **Journal Of Construction Engineering And Management**. New York, p. 536-552. set. 1994.

GONÇALVES, D. B. A Gestão de resíduos da construção da Construção Civil no Município de Sorocaba-SP. **Reec**, Goiânia, v. 11, n. 2, p.15-26, dez. 2015.

GRAPHISOFT, **The Graphisoft Virtual Building: Bridging the Building Information Model from Concept into Reality**. Graphisoft Whitepaper, 2003

GUIDERA, S. Digital Design, BIM, and Digital Fabrication: Utilization and Integration in Architectural Engineering Curriculums. **American Society For Engineering Education**, Bowling Green, v. 545, n. 12, p.1-22, 2007.

GUTHER, W. M. R. **Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental**. 2008. 148 f. Monografia (Especialização) - Curso de Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

HEWAGE, K.; PORWAL, A. Sustainable Construction: An Information Modelling Approach for Waste Reduction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUILDING RESILIENCE, 1., 2011, Kandalama. **Proceedings...** . Kandalama: International Institute For Infrastructure Renewal And Reconstruction (IIIRR), 2011. p. 1 - 12.

HOWELL, I; BATCHELER, B. Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potencial, Some Success and Several Limitations. **Newforma white paper**, p. 9, 2004.

IBGE. **PIB Brasil e Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>.

Acesso em: 5 jul. 2018.

INTOSAI - International Organization of Supreme Audit Institutions. **Diretrizes para as Normas de Controle Interno do Setor Público**. Tradução de Cristina Maria Cunha Guerreiro, Delanise Costa e Soraia de Oliveira Ruther. Salvador: Tribunal de Contas do Estado da Bahia,

2007. 99 p. Disponível em: <[https://www.tce.ba.gov.br/images/intosai\\_diretrizes\\_p\\_controle\\_interno.pdf](https://www.tce.ba.gov.br/images/intosai_diretrizes_p_controle_interno.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2018.

ISATTO, E. L. Gestão & Tecnologia de Projetos. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p.81-84, nov. 2007.

JAILLON, L.; POON, C. S.; CHIANG, Y. H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. **Waste Management**, Hong Kong, v. 29, n. 1, p.309-320, jan. 2009.

JOHN, V. M. AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário – Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2000, São Paulo. **Anais**. São Paulo: CETESB, 2000. CD-ROM.

KAMARDEEN, I. 8D BIM Modelling Tool for Accident Prevention Through Design. **Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference**, 2010.

KASSEM; AMORIM. **BIM – Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília. 2015.

KHEMLANI, L. **The IFC Building Model: A Look Under the Hood**. 2004. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/temp\\_lixo/bc7466dd436cdf1fb4556f4f3a7b512f\\_sergio.leal\\_8dac58d154bc337780a9c3c3124d0d9259095\\_29WedWednesday3th24135AugustAug088312012152822000000PM.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/temp_lixo/bc7466dd436cdf1fb4556f4f3a7b512f_sergio.leal_8dac58d154bc337780a9c3c3124d0d9259095_29WedWednesday3th24135AugustAug088312012152822000000PM.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2018.

KOSKELA, L. **Application of new production philosophy to construction**. 75 p. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. University of Stanford. Technical Report n° 72, August, 1992.

LABIM. **Fotos 360 da Obra do CRAS de Biguaçu**. Mensagem recebida por: <[veronicamgnecco@gmail.com](mailto:veronicamgnecco@gmail.com)>. em: 21 jun. 2018.

LAGE, I. M.; ABELLA, F. M.; HERRERO, C.V.; ORDÓÑEZ, J. L. P. **Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain)**. Waste Management, v. 30, n. 4, p. 636-645, abr. 2010.

LAURIANO, L. A. **Como anda a gestão da sustentabilidade no setor da construção?** Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2013. 49 p. Disponível em: <<http://acervo.ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Relatórios de Pesquisa/Relatórios de pesquisa 2013/RP1301.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

LAWTON, T. et al. The Gammon Skanska Constuction System. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ADVANCES IN BUILDING TECHNOLOGY, 1., 2002, Hong Kong. **Proceddings**. Hong Kong: Elsevier, 2002. p. 1073 - 1080.

LEE, A.; WU, S.; MARSHALL-PONTING, A. J.; AOUAD, G.; COOPER, R.; TAH, J. H. M.; ABBOTT, C.; BARRET, P. S. **nD Modelling Roadmap – A Vision for Nd-Enabled Construction**. University of Salford, 2005.

LIBRELOTTO, L. I. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA):** Aplicação no setor de edificações. 2005. 371 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Campina Grande-PB: ABES. 2001.

LIMA, R. S.; LIMA, R. .R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Séria de publicações temáticas do CREA-PR, Paraná, 2009, 58 p.

LIU, Z.; OSMANI, M.; PETER, D.; BALDWI, A. N. The Potential Use of BIM To Aid Construction Waste Minimization. In: CIB, 26., 2011, Sophia Antipolis. **Proceedings...** . Sophia Antipolis: Cib, 2011. p. 78 - 102.

LOBANOVA, V. **Comparison of structural modeling in Open BIM Projects**. 2017. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Civil And Construction Engineering, Saimaa University Of Applied Sciences, Saimaa, 2017.

LU, W., YUAN, H., LI, J., HAO, J.J.L., MI, X. and DING, Z. (2011) **An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China**, Journal of Waste Management, Vol. 31, No. 4, pp.680–687.

MACEDO, P. M. T. de. **Avaliação de Sustentabilidade em Edifícios: um Estudo de Indicadores de Água e Energia na Unidade da Fiocruz Pernambuco**. 01/10/2011 146 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, RECIFE Biblioteca Depositária: BIBLIOTECA CENTRAL DA UFPE

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARIANO, L. S. **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil com Reaproveitamento Estrutural**: Estudo de caso de uma cobra com 4.000m<sup>2</sup>. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MARQUES, A. C. **A Análise Ambiental em Diálogo com a Ferramenta BIM**. 30/03/2017 126 f. Doutorado em ARQUITETURA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: FAU-UFRJ

MARQUES NETO, J. da C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2005. 142p.

MARTINS, E. M.; CRUZ, V. F.. **Definição de Trocas de Informação da Construção conforme o PSU - BIM Project Execution Planning Guide**: Discussão e Adaptação. 2016. 60 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

MARTINS, F. G. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Obras de Grande Porte: Estudos de Caso.** 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.

MASOTTI, L. F. C. **Análise da Implementação e do Impacto do BIM no Brasil.** 2014, 79p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MATTANA, L. **Contribuição para o Ensino de Orçamento com Uso de BIM no Levantamento de Quantitativos.** 2017. 279 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Produtividade: a chave do desenvolvimento acelerado no Brasil.** São Paulo, McKinsey Brasil, 1998.

\_\_\_\_\_. **Reinventing Construction: a route to higher productivity.** Houston, McKinsey & Company, 2017.

MEIBODI, A. B.; KEW, H.; HAROGLU, H. A Model for Quantifying Construction Waste in Projects According to the European Waste List. **New York Sci.**, New York, v. 7, n. 12, p.111-116, nov. 2014.

MELO, M. B. F. V. **Influência da cultura organizacional no sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho em empresas construtoras.** 2001. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

MESSEGUER, A. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo: SINDUSCON, 1991.

MMA. **Contexto e Principais Aspectos.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

MUTTI, C. **Treinamento de Mão de Obra na Construção Civil: Um Estudo de Caso.** 1995 (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil.** São Paulo: Oficina de Textos. 2014.

NAKAMURA, J. **Construtoras apostam no BIM 4D para melhorar assertividade do planejamento de obras.** 2014. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/213/construtoras-apostam-no-bim-4d-para-melhorar-assertividade-do-planejamento-335226-1.aspx>>. Acesso em: 28 maio 2018.

NAPAGAN, S., RAHMAN, I. A., ASMI, A. **A Review of Construction Waste Cause Factors.** In: Asian Conference of Real State (ACRE), 2011, Johor Bahru. Proceedings... Malaysia, University Tun Hussein Onn Malaysia, 2011.

NICAL, A. K.; WODYŃSKI, W. Enhancing Facility Management through BIM 6D. **Procedia Engineering**, Sopron, v. 164, n. 4, p.299-306, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.623>.

NYC DEPARTMENT OF DESIGN + CONSTRUCTION. **BIM Guidelines.** 2012.

OLIVEIRA, E. D.; SCHEER, S.; TAVARES, S. F. Avaliação de impactos ambientais pré-operacionais em projetos de edificações e a modelagem da informação da construção. **TIC2015**, 2015.

OTUH, N. F. **BIM Based Energy/Sustainability Analysis for Educational Buildings: A Case of Study.** 2016. 49 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construction Engineering, Hamk, Visamäki, 2016.

PEREIRA, A. M. ; BARCO, C. L.; UTIYAMA, M. H. R.; RAZZINO, C. do A.; CINTRA, P. F. **APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA (LEAN CONSTRUCTION) NA**

CONSTRUÇÃO CIVIL. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: 2015.

PICCHI, F. A. **Sistemas da Qualidade: Uso em Empresas de Construção de Edifícios**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 1993, 462p

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. L **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. v. 1. Brasília: CAIXA, 2005. 196 p.

\_\_\_\_\_. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. – Manual de Orientação: Procedimentos para solicitação de financiamento. Brasília: Caixa Econômica Federal; Ministério das Cidades; Ministério do Meio Ambiente, 2005. 9. 68

PINTO, T. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. 1999. 189p. (Tese de Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

PLANEJAMENTO, Secretaria do Estado de. **20 novos Centros de Referência em Assistência Social serão construídos em Santa Catarina**. 2017. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/noticias/1844-20-novos-centros-de-referencia-em-assistencia-social-serao-construidos-em-santa-catarina>>. Acesso em: 18 out. 2017.

POLAT, G.; DAMCI, A.; TURKOGLU, H.; GURGUN, A. P. Identification of Root Causes of Construction and Demolition Waste: the case of Turkey. In: CREATIVE CONSTRUCTION CONFERENCE, 5., 2017, Primosten. **Proceedings...** . Primosten: Elsevier, 2017. p. 948 - 955.

POON, C. S.; YU, A. T. W.; WONG, S. W.; CHEUNG, E. Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong. **Journal Of Construction Management And Economics**. Online, p. 675-689. set. 2004.

PORWAL, A.; HEWAGE, K. N.. Building Information Modeling–Based Analysis to Minimize Waste Rate of Structural Reinforcement. **Journal of Construction Engineering and Management**, Online, v. 138, n. 8, p.943-954, ago. 2012.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1985.

ROCHA NETO, H. S. da. **Avaliação dos Índices de Desperdício de Materiais**: estudo de caso em uma obra de edificação na cidade de Feira de Santana - BA. 2010. 133 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.

RUSCHEL, R.C., ANDRADE M. L., MORAIS, M. **O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013. ISSN 1678-8621 © 2005, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

SANTA CATARINA. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. Santa Catarina: Governo do Estado de Santa Catarina 2014.

\_\_\_\_\_. **Caderno de Projetos BIM do Governo de Santa Catarina**. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina, 2014.

\_\_\_\_\_. **Editais de Concorrência nº 42 de 03 de outubro de 2017**. Florianópolis, 2017.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Visita Técnica: Obra do CRAS em Biguaçu**. Florianópolis, 2018.

SANTOS, M. C. L. dos; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. **Resíduos Sólidos Urbanos e seus Impactos Sócioambientais**. São Paulo: Iee-usp, 2012. 82 p.

SANTOS, Samuel; VENDRAMETTO, O.; GONZÁLEZ, M. L.; CORREIA, C. F. **Profile of Building Information Modeling – BIM - Tools Maturity in Brazilian Civil Construction Scenery**. IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems



(APMS), IFIP Advances in Information and Communication Technology, AICT-459 (Part I), pp.291- 298, 2015.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) – Processo de orçamentação com estudos sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**. 2015. 180 (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil – PPGCEC, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SHEN, L. Y. ; TAM, V. W. Y., DREW, D. Mapping approach for examining waste management on construction sites. **Journal Of Construction Engineering And Management**. Virginia, p. 472-481. jun. 2004.

SHINGO, S. **A study of Toyota production system from an industrial engineering viewpoint**. Tokyo. Japan Management Association, 1981.

SILVA, A. S. da ; SOUZA FILHO, W. B. de; SANTOS, C. M. da S.; ARAÚJO A. P. D. Análise das Perdas de Materiais no Serviço de Alvenaria: estudo de caso realizado em obras de edificações de pequeno porte. **Principia**: Divulgação científica e tecnológica do IFPB, João Pessoa, v. 35, p.90-102, jun. 2017.

SINDUSCON. **Gestão ambiental de resíduos na construção civil: a experiência do Sinduscon-sp**. Obra Limpa; I&T; Sinduscon-SP. 48p. Sinduscon-SP, 2005.

\_\_\_\_\_. Guia de Sustentabilidade na Construção. 2008. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/DiretivaHabitacaoSustentavel/GuiaSustentabilidadeSindusConMG.pdf>> Acesso em: 17 mai. 2012.

SKOYLES, E. R., SKOYLES, J. **Waste prevention on site**. London: Mitchell, 1987.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações**: Sua incidência e controle. Porto Alegre, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOLIS-GUZMÁN, J. ; MARRERO, M.; MONTES-DELGADO, M. V.; RAMÍREZ-DE-ARELLANO, A. A Spanish model for quantification and management of construction waste. **Waste Management**, Hong Kong, v. 29, n. 9, p.2542-2548, set. 2009.

SOLTANI, S. The Contributions of Building Information Modelling to Sustainable Construction. **World Journal of Engineering and Technology**, v. 4, 193-199, 2016.

SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. de; AGOPYAN, V. (a) Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. **Qualidade na Construção**. v.2, n.13, p.10-5, 1998.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.

SST/SC. **Estado entrega 26 CRAS e 6 Creas em 2016**. 2016. Disponível em: <<http://www.sst.sc.gov.br/index.php/noticias/556-estado-entrega-26-centros-de-referencia-e-seis-centros-de-referencia-especializados-de-assistencia-social-em-2016>>.

STAUB-FRENCH, S.; KHANZODE, A. 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned. **ITcon**, v. 12, p. 381-407 2007. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.137.7622&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 28/05/2018.

TALAMONI, I. de C.; GALINA, S. V. R. Inovação no setor de tecnologia da informação e comunicação no Brasil - uma análise comparada entre indústria e serviço no período de 2001 a 2011. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n. 4, p.19-32, dez. 2014.

TAVARES, L. de P. M. **Levantamento e Análise da Deposição e Destinação dos Resíduos da Construção Civil em Ituiutaba, M.G.** 2007. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

TJELL, J. **Building Information Modeling (BIM) in Design: Detailing with Focus on Interior Wall Systems**. 2010. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Civil and Environmental Engineering, Technical University Of Denmark, Berkeley, 2010.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** Porto Alegre, 1999. Dissertação (Curso de pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UNFPA – United Nations Population Found. **State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth.** New York: UFPA, 2007.

VENTURINI, J. S. **Proposta de Ações Baseadas nos 11 Princípios do Lean Construction para Implantação em um Canteiro de Obras.** 2015. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VILLALBA, G.; SEGARRA, M.; FERNÁNDEZ, A. I.; CHIMENOS, J. M.; ESPIELL, F. A **proposal for quantifying the recyclability of materials.** Resources, conservation and recycling. n. 37, p. 39-53, 2002.

VIRTUAL, I. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <<https://www.iso140012015.com.br/pgrs.aspx>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. **Revisiting the three peculiarities of production in construction.** In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13., Sydney. Australia, 2005. Proceedings ... Australia, 2005.

WON, J.; CHENG, J. Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization. **Automation In Construction**, Online, v. 79, p.3-18, jul. 2017.

YOST, P. A.; HALSTEAD, J. M. **A methodology for quantifying the volume of construction waste.** Waste Management & Research, v. 14, n. 5, p. 453-461, out. 1996.

## **APÊNDICE A – Entrevista realizada com o engenheiro responsável pelo modelo BIM da obra**

### **Bloco 1 – Conhecimentos da Etapa de Projeto BIM**

#### **1. Como ocorreu o processo de modelagem BIM do CRAS?**

R: O projeto do CRAS foi feito inicialmente em 2009 por uma equipe do Deinfra, por dois arquitetos autores, dos projetos de arquitetura e os projetos complementares e o estrutural. Tinham um conjunto de projetos executivos para poder licitar obras, sendo licitadas aproximadamente 60 obras usando o conteúdo de CAD nessas licitações. Como as licitações já tinham ocorrido e nós sabíamos que iriam ocorrer outras, decidimos, de forma colegiada, aqui na Secretaria de Planejamento, em modelarmos o CRAS, uma vez que nós já tínhamos informações de problemas de execução na obra. Gostaríamos de saber como nós poderíamos minimizar isso e trazer já a percepção das mudanças que teriam facilitado a execução daquela obra.

Nesse momento, fizemos a primeira modelagem da arquitetura e começamos a fazer as primeiras adaptações nos sistemas. Contamos com apoio da AltoQi, pois temos uma cooperação técnica com a empresa. Eles estavam em fase de experimento da importação .ifc, então mesmo não estando comercialmente aplicado, nós já estávamos usando o CRAS como um ambiente de teste. Foi uma etapa muito importante, por que nós aprendemos a trabalhar de forma coordenada, com outras disciplinas, com recebimento de informações e a interface de verificação de conflitos e resolução de problemas.

Nós passamos por duas revisões de Norma, a 6118, de concreto e a 9050, de acessibilidade. Então tivemos que, também, depois de quase tudo pronto, fazer esses ajustes para essas duas Normas. A de concreto foi feita antes, então nós já tínhamos aplicado. Porém, a 9050 foi depois, então tivemos que adaptar alguns detalhes.

Nisso, tivemos uma demanda de uma ADR, que nos pediu para justificar nossas decisões de projeto, já que o projeto não era nosso, nós só havíamos modelado, a questão autoral não era nossa. Mas não tivemos alternativa, algumas pequenas mudanças foram feitas, tanto que a área total desse CRAS é um pouco maior que a área total do outro CRAS em CAD, por conta dessas alterações nas Normas. Foi quando nos demos conta que os banheiros acessíveis do CRAS estavam com as medidas limite (*segundo a Norma*) e que qualquer erro de execução poderia comprometer a acessibilidade do

banheiro. Então fizemos uma última mudança, que foram as espessuras das alvenarias dos banheiros, para podermos ter uma segurança na execução, que garantisse a acessibilidade nas medidas mínimas. Então foi esse nosso processo de construção do modelo.

- Então o início do projeto foi em 2009?

R: Não, o projeto de arquitetura foi concluído em 2009, mas o projeto do CRAS começou efetivamente em 2016.

- Então tiveram projetos do CRAS executados sem a implantação do BIM antes?

R: Sim, tiveram casos.

## 2. Quais ferramentas BIM foram adotadas na modelagem do CRAS?

R: Usamos para a modelagem da arquitetura e da acessibilidade o ArchiCAD, para estrutura o Eberick, para sistemas o QiBuilder e para coordenação e verificação de conflitos o Solibri e o Tekla BIM Sight.

- Existiu alguma razão específica para a escolha desses programas?

R: Na verdade o uso desses *softwares* está muito mais associado às cooperações técnicas que nós temos com as empresas de tecnologia, o que facilita muito o acesso e uso das mesmas. O ArchiCAD é a ferramenta que os estagiários acabam tendo o melhor domínio, mas temos para a arquitetura o AECOSim, da Bentley e o Vector Works, da Vector, mas como os treinamentos são muito antigos e os estagiários que tiveram treinamento dessas ferramentas já saíram, nós não conseguimos ter uma renovação desses softwares, em termos de passagem de conteúdo.

## 3. Qual a sua percepção sobre a colaboração entre equipes de projeto na modelagem do CRAS? (calculistas, arquitetos...)

R: é a parte mais interessante e mais enriquecedora do processo de projeto, por que nós necessitamos trabalhar questões ligadas ao que chamamos de gerenciamento de projetos.

Gerenciamento de projetos deveria ser uma disciplina igual a português, igual a matemática, por que precisamos se organizar, se planejar. Então, tivemos que aprender como seria nesse caso a coordenação. Nós aprendemos que precisamos realmente ter uma equipe com termos e conceitos bem definidos, o que chamamos, em gerenciamento de projetos, de glossário do projeto, para facilitar essa comunicação. Os meios de comunicação, como Skype, whatsapp ou telefone mesmo, são os mais fáceis de serem usados, pois com o Skype eu posso compartilhar a tela para explicar para as equipes de

estruturas e sistemas aonde estavam os nossos problemas. Trabalhamos ainda com BCF, que é a extensão colaborativa, de comunicação pela BuildSmart. Ela também foi interessante, mas não tão efetiva e fácil como o Skype para comunicação e integração entre equipes.

4. Quais foram os benefícios e as dificuldades de utilizar o processo BIM na etapa de projeto do CRAS?

R: A única dificuldade foi o fato de não estarmos preparados para as novidades, que esquecemos que estamos descobrindo coisas, que erros vão acontecer, situações inesperadas vão acontecer, justamente por nunca termos feito isso antes. Então nos culpamos muito por conta de erros, sendo que tudo é uma grande novidade. Ou seja, a maior dificuldade é essa: aceitarmos que vamos errar, pois estamos aprendendo.

Sobre os benefícios, primeiramente a integração, por que você consegue ter uma equipe mais unida, com maior troca de informação, uma interação no desenvolvimento do projeto e um compartilhamento de conhecimento, não só tarefas. E a outra, estamos mudando uma cultura de projeto, que inicialmente eram feitos em papel e, como não podíamos replicar isso com facilidade, você precisava juntar todos os projetistas em um único ambiente, que era o papel. O CAD e a internet acabaram criando um afastamento dessas equipes, cada um ficou no seu ambiente. E agora nós resgatamos a interação, mesmo usando a internet e os computadores, mas obrigando, pelo fato de virtualizar a realidade, de utilizar informações das outras áreas.

## **Bloco 2 – Conhecimento da Etapa de Gestão de Obras BIM**

5. Como ocorre o processo de gestão de obras com uso de BIM? Alguma ferramenta BIM é utilizada nesta etapa?

R: Em um processo público de contratação de obras é necessário fazer uma licitação. Escrevemos, então, as regras de como esse processo pode se dar. E como foi a nossa primeira licitação de obras usando o conteúdo de BIM, pedir BIM na obra não seria algo fácil, sendo o primeiro caso. Então, não quisemos criar maiores problemas para as empresas, já que poderíamos, por exemplo, ter uma licitação deserta, sem nenhuma empresa se apresentando, por ter que dispor de conhecimento de BIM em obra. Provavelmente para aquele tipo de obra e para aquele tipo de empresa, isso não é comum, estamos todos aprendendo, como eu falei. Então, tivemos que repensar tudo isso: qual era o nível que nós podíamos cobrar das empresas. E nós percebemos que o melhor nível de cobrança de BIM em obra não era na obra em si, mas sim no *as built*.

E no *as built*, nós pedíamos que, ao ser executada a obra, as alterações fossem sendo registradas no modelo. Então esse foi o único uso do BIM na obra: editar a obra, a medida que fossem percebidas alterações nos projetos.

Então, sabendo que o mercado não tinha o domínio das ferramentas, nós propusemos ministrar um curso presencial e que está disponível *online* no nosso canal do YouTube, além de um guia em papel, para que as empresas pudessem editar por conta própria os modelos já disponibilizados.

Para a obra em si, nós os ensinamos a usarem o BIMX, que é o app da GRAPHISOFT, para que eles poderem ter um conteúdo num formato diferente, mais interativo, para que a obra nascesse com mais clareza, com menos erros de execução. Foi nesse sentido que desenvolvemos a nossa primeira licitação de obras.

- Então na obra em si não foi muito utilizado o BIM?

R: Na obra não, por que a parte que se chamaria de BIM na obra, é algo um pouco mais complexo e tecnológico. Você entraria com montagem, com pré-fabricados, com o que chamamos de “BIMbox”, que seria, por exemplo, um banheiro já feito em um espaço industrial e encaixaria no local projetado. O BIM na obra estaria nesse nível. Nós não estamos exigindo a industrialização, pois isso precisa ser gradual e o mercado precisa estar preparado. O nível de adoção de BIM em obra é bastante limitado para essa fase que estamos agora. Para essa obra do CRAS vimos que seria pertinente apenas a questão do *as built*.

6. Qual a sua percepção sobre a colaboração entre as equipes de projeto e de gestão de obras? Como ocorre?

R: A parte de gestão de obras, chamamos na verdade de fiscalização da obra. Então existem equipes pelo estado inteiro e para o caso específico de Biguaçu, quem faz a fiscalização é um engenheiro e um arquiteto da Secretaria de Assistência Social. Nós, da Secretaria do Planejamento, viemos fazendo um monitoramento mais com um intuito de pesquisa, para identificar nossos erros de projeto. O gerenciamento e responsabilidade de levantar erros de execução fica a cargo dos fiscais.

- Então o modelo do CRAS acaba sempre sendo remodelado, para revisar possíveis erros por exemplo?

R: Para o CRAS de Biguaçu estamos construindo um relatório, das interferências que identificamos de projeto, ou de execução de obra, usando as imagens 360, como meio facilitador para a identificação e avaliação do projeto.

7. Como era o processo projetual e de gestão de obras antes da adoção do processo BIM nas obras do CRAS?

R: Em obra, o mais comum no Brasil, é quando o projeto é largado em uma casinha dentro da obra e pouco usado durante a execução da obra. O momento que o projeto é mais usado é na fase inicial, para locação, definição das medidas de baldrame, definição do pé-direito e medidas de aberturas. O restante é a cargo do mestre de obras, de fazer a seu critério. Em Biguaçu percebemos que a empresa, que assistiu o treinamento, não levou nenhum conteúdo que foi ensinado no curso para dentro da obra.

### **Bloco 3 – Conhecimentos sobre a Gestão de Resíduos de Obras**

8. A indústria da construção é uma grande geradora de resíduos. Na sua opinião, como o processo BIM pode contribuir e/ou melhorar a gestão de resíduos de uma obra?

R: Sempre explico para os meus alunos que, nesses casos, os únicos resíduos gerados numa obra deveriam ser embalagens e equipamentos que foram contaminados por produtos perigosos, como tintas e solventes. O restante é desperdício. Tomando isso como referência, não faz muito sentido, tendo o modelo, não antecipar tudo, anteriormente ao momento da obra. Dessa forma, conseguiríamos uma melhor gestão dos resíduos, por que eu antecipei o que eu preciso na obra. Só acredito que vai existir uma boa gestão de resíduos caso trabalhássemos com *Lean Construction*, a produção enxuta, do modelo Toyota. Por que nós só usaríamos o material de fato necessário, tendo um melhor controle dessa entrada e saída de matérias, assim como o uso deles. Numa obra como aquela, como não há uma preparação do terreno ou uma preocupação de ter um espaço adequado para a execução, nem uma preocupação com a geração de resíduos ou com o gasto desnecessário de materiais. A questão da gestão de resíduos ineficiente talvez seja muito mais comportamental do que o próprio modelo. O BIM é um facilitador, mas o que realmente vai melhorar a gestão de resíduos é comportamento. Tive oportunidade de passar por obras muito limpas, com o mínimo possível de resíduos, mas por que tinha uma equipe que se preocupava com isso, mesmo trabalhando apenas com o CAD na época. Então é possível sim fazer uma boa gestão de resíduos independente do BIM. Ele permite que tenhamos uma precisão maior do quanto vamos precisar em obra. E claro, a grande vantagem do BIM, para a minimização, é a industrialização, onde podemos produzir em um local com muito mais controle e essa gestão de resíduos muito mais atuante, não necessariamente em obra.



9. Por se tratar de um projeto piloto realizado em BIM e pela sua experiência neste processo, faria algo diferente para melhoria do processo BIM como um todo e pela minimização da geração de resíduos nas obras?

R: Tem algo que eu faria a mais: oportunizar maior acesso aos conteúdos de modelagem, dos usos do BIM, em projetos e em obras, se conseguíssemos multiplicar com velocidade e número maior, acho que teríamos um resultado melhor. Acho que ainda temos muita coisa por fazer, não podemos fazer diferença naquilo que está limitado. Aqui na Secretaria de Planejamento, poderiam todos os funcionários serem uma única e grande equipe de arquitetura e engenharia, para fazer um bom BIM dentro do estado, mas somos um grupo muito pequeno. Então, acabamos não conseguindo efetivamente produzir todos os resultados que esperamos e aprender com rapidez, pela delimitação da equipe. Mas esse é o limite que nós temos e conseguimos ser, devemos conviver com essa limitação e nos manter dispostos a continuar com esse trabalho, pois acreditamos que ele vai fazer diferença de fato no futuro.

## **APÊNDICE B – Entrevista com a arquiteta responsável pela fiscalização do cumprimento das exigências do contrato de licitação**

### **Bloco 1 – Conhecimentos da Etapa de Projeto BIM**

1. Você tem conhecimento de como ocorreu o processo de modelagem BIM do CRAS? Você já possuía alguma experiência com o BIM anterior a essa obra?

**R:** A modelagem ocorreu com base na experiência de contratos, que foram licitados anteriormente pelo processo convencional e, pela implantação de BIM no Estado, decidimos então fazer a modelagem em BIM desse projeto, podendo fazer esse comparativo. Usamos como parâmetro então o projeto feito pela licitação convencional anterior, além de usar nossas cooperações técnicas com as empresas, para fazer a modelagem da obra e depois fazer o comparativo.

Já tive contato com BIM, pela licitação do Instituto de Cardiologia na Secretaria da Saúde, com licitação de projetos em BIM, mas licitação de obra foi o primeiro.

2. Você participou da etapa de criação do modelo do CRAS?

**R:** Não, por que o projeto já existia, pegamos um projeto pronto e modelamos. Mas eu não modelei, mexi no software, digamos assim, eu participava de reuniões com a equipe [de modelagem BIM] e a equipe da Secretaria contratante, a de Assistência Social, e íamos então levantando os problemas que já havíamos verificado nas outras obras, para tentar melhorar o modelo.

### **Bloco 2 – Conhecimento da Etapa de Gestão de Obras BIM**

3. Como ocorre o processo de gestão de obras com uso de BIM? Alguma ferramenta BIM é utilizada nesta etapa?

**R:** Tem o BIMX, que usamos ao visitar a obra. Ali temos acesso ao modelo, o que facilita o acompanhamento da obra. Mas no meu dia-a-dia não, só quando visito a obra.

4. Quais os benefícios e dificuldades do uso de BIM na gestão de obras, a exemplo do CRAS Biguaçu?

**R:** Os fiscais acabam não utilizando as ferramentas BIM para a fiscalização efetivamente, por que hoje temos um sistema no Estado, que é o Sistema de Acompanhamento de Obras, onde eu tenho que lançar tudo nele: o que foi executado etc. O nosso sonho seria fazer uma integração do modelo BIM com esse sistema, de forma que eu conseguisse ir na obra, mapeando as tarefas e as contabilizando de forma automática as medidas. Mas a ferramenta BIM não está sendo utilizada da maneira que nós imaginamos.

- Isso mais por causa da empresa que executa a obra?

**R:** dos fiscais, na verdade.

5. Como era o processo projetual e de gestão de obras antes da adoção do processo BIM nas obras do CRAS? Você consegue perceber melhorias na execução nas obras que utilizaram o BIM?

**R:** Sim, por que a forma de contratação era diferente, mas imagino que não seja relevante para essa pesquisa, pois é um processo mais burocrático. Mas tinha muitos erros de compatibilização de projetos. Às vezes o fiscal nos ligava reclamando que dois projetos tinham informações diferentes, chegando a não ser executado pela empresa estar com a versão antiga de projeto. Essa falha de comunicação entre os projetos.

- Então foi perceptível certa melhoria na execução das obras?

**R:** Sim, na parte de dados, a informação é mais abrangente, temos muito detalhamento, melhoria da compatibilização dos projetos; alguns problemas foram solucionados.

### **Bloco 3 – Conhecimentos sobre a Gestão de Resíduos de Obras**

6. A indústria da construção é uma grande geradora de resíduos. Na sua opinião, como o processo BIM pode contribuir e/ou melhorar a gestão de resíduos de uma obra?

**R:** Acho que sim, por que você pode planejar melhor a obra e as possíveis interferências em cada uma delas, de forma a gerar menos resíduos. Mas acredito que o ideal seria um software de acompanhamento de obras em BIM, não só os projetos, para fazer melhor o gerenciamento da execução.

7. Você consegue indicar contribuições e barreiras do processo BIM para a gestão de resíduos do CRAS Biguaçu, que é o caso de estudo desta pesquisa?

**R:** Naquele caso, a empresa de execução influencia muito. Visitei a obra duas vezes e é um canteiro virado em resíduos, entulho e restos de materiais para todos os lados. Então nessa obra em específico eu acredito que não faz diferença, pois estão levando a obra como se fosse uma convencional. Outras obras que visitei estavam bem organizadas, o que também vai depender da política da empresa, de manter o canteiro em ordem e não deixar acumular tarefas.

## APÊNDICE C -Entrevista com o engenheiro responsável pela execução da obra

1. Você já atuou na construção de quantas edificações do CRAS? Quantos deles já usavam o modelo BIM?

**R:** Em dez obras com o modelo BIM e uma no projeto anterior que não utilizava o modelo. Essa sem o BIM foi em 2015.

2. E você sentiu diferenças nas obras com e sem a utilização de BIM?

**R:** Não, o projeto era o mesmo e não senti diferença nenhuma.

3. Você já tinha algum conhecimento sobre BIM de outros projetos antes desta obra?

**R:** É o primeiro projeto que eu executo no formato BIM. Eu tinha uma ideia do BIM, quando estava sendo lançado, lá em 2010, 2011, mas não tínhamos muito conhecimento e nem disponibilidade dos programas. Mas eu tive um contato na área de estradas naquela época. Só um escopo de projeto, digamos assim.

4. Foi oferecido algum tipo de treinamento das funcionalidades BIM pela Contratante da obra? Se sim, quais suas percepções sobre o curso?

**R:** Foi passado para a empresa um treinamento, que eu não participei, pois estava viajando a trabalho. Alguém da empresa foi, mas não consigo avaliar, já que não participei. O que me falaram é que foi muito superficial e que a pessoa saía de lá sem entender nada, porém tenho minhas ressalvas, já que não fui não consigo julgar de maneira adequada.

5. Nesse treinamento foi então passado mais uma visão geral do próprio *software*, não de BIM especificamente?

**R:** Isso, só do *software* para podermos fazer o *as built* da obra.

6. Como foi feito o acesso ao software ArchiCAD? Foi oferecido pela contratante uma licença?

**R:** Na verdade, os projetos são fornecidos para nós em PDF, não em ArchiCAD ou qualquer outro formato BIM. Nem mesmo em AutoCAD nos foi fornecido, só temos acesso em PDF. Depois de muita briga, consegui acesso a alguns projetos: o hidrossanitário que me encaminharam agora, e o projeto de fundações, ambos em AutoCAD. No caso do *as built*, eu fiz uma solicitação, mas ainda não me encaminharam os arquivos do ArchiCAD.

Com relação ao *software*, só consegui ter acesso porque consegui no site da GRAPHISOFT uma versão trial por 30 dias, que acabou sendo válida depois por 1 ano. Por fim, como eu não tenho tempo para fazer isso [o *as built*], nós na empresa não trabalhamos com

projeto e nossos computadores não aceitaram a instalação, acabamos contratando uma empresa terceirizada para fazer os ajustes do *as built*.

7. Comparando as obras do CRAS, você consegue visualizar mudanças/benefícios/problemas com o uso do modelo BIM em relação ao modelo convencional?

**R:** Acabamos recebendo um PDF comum, como se fosse de um AutoCAD qualquer. Não nos foi passado nenhuma condição diferente, uma vez que normalmente no ArchiCAD podemos ver onde o projetista definiu o melhor caminho das tubulações, por exemplo. Então, para nós foram fornecidas só as plantas baixas. Tivemos uma vista diferenciada, em 3D, só para a parte dos móveis, ou seja, não tivemos acesso, em nenhum momento ao ArchiCAD.

8. Você utilizou alguma informação proveniente do modelo BIM para realizar compra de materiais da obra do CRAS Biguaçu ou utilizou o método convencional?

**R:** O BIM não nos influenciou nessa parte, já que não tivemos acesso. Muito pelo contrário, o que recebemos de quantitativo do projeto estava, vamos dizer, muito abaixo do que nós precisávamos. Então, provavelmente quem manuseou o programa não tinha conhecimento suficiente na obra para saber a necessidade. Vou até ser bem específico: o Joelho de latão com rosca não foi quantificado no BIM e precisávamos dele em obra. Além de outras coisas também que ficaram faltando.

- Dentro da parte da alvenaria de vedação, que é objeto de estudo desse trabalho, a quantificação desta também foi por experiência? Saberíamos dizer mais ou menos quanto foi?

**R:** Sim, também foi por experiência. Não lembro exatamente, mas ficou um pouco acima de 10 mil tijolos. Compramos em uma carga fechada, que dependendo do fornecedor dá em torno de 6 mil – 6,4 mil tijolos cada uma, e depois compramos mais ½ carga. Então, mais ou menos 10 mil e 200 tijolos.

Agora não lembro o número exato, porque nessa época tinha um outro engenheiro na empresa, que fez esses levantamentos, os quais eu questionei logo em seguida. Ele tinha pedido inicialmente 14 mil tijolos para essa obra, mas por experiência percebi que estava errada a quantificação. Talvez nos cálculos ele tenha desconsiderado a estrutura, não tenho certeza. Uma das obras tivemos que inclusive redistribuir o material para outras, pela quantificação inicial exagerada.

9. Você possui críticas/sugestões em relação ao modelo BIM? Por exemplo, as informações fornecidas pelo modelo são suficientes para a gestão de obras?

**R:** Minha crítica maior é à maneira que chegou para nós, que não foi o BIM, foi um projeto planejado, sem nos fornecer qualquer detalhe que pudesse ser usado. De repente se nos tivessem fornecido o ArchiCAD ou uma maneira de levar ele para a obra, impresso que fosse, que eu pudesse mostrar para o executor da obra, seja eletricitista, encanador ou pedreiro, daí poderíamos fazer uma avaliação melhor. Mas hoje o que temos é uma construção convencional.

Biguaçu, por exemplo, recebeu o relatório, apontando que tínhamos feito errado as tubulações elétricas. Porém em nenhum momento nos foi dito que as tomadas deveriam ser descidas verticalmente, não uma ligada na outra, uma vez que o modelo BIM não nos foi fornecido. Não consigo avaliar se fiz o caminho certo ou não, eu acabei fazendo o que achava melhor.

Acredito que na etapa de projeto, foi buscado um projeto mais otimizado, mesmo faltando alguns detalhes importantes. Encontramos muita dificuldade na falta de medidas de, por exemplo, distância de tomadas, por que muitas vezes o executor não sabe ler escalas de projeto. Normalmente são várias obras para cuidar ao mesmo tempo, e a execução fica comprometida, por não haver esse acompanhamento constante. Até mesmo quando temos um encaminhamento próximo na obra acontecem muitos erros.

10. Você tem mais alguma crítica ao projeto?

**R:** Sim, as tubulações pelo piso. Executamos tudo pelo piso, como em projeto, mas por passar muitas tubulações pelo piso, o contrapiso sofreu variações de uma obra para a outra. Como no projeto a informação era só que as tubulações passavam pelo piso, nós não sabíamos qual altura ficaria a caixinha. Então se começarmos a medir, teremos variação de valor, por que isso vai variar muito do executor. Mesmo com equipes iguais ainda encontrávamos execuções diferentes.

Também teve o caso do projeto de água fria, que não foi colocada saída do extravasor nem da limpeza, então se a boia quebrar a água transborda toda. O extravasor acabamos colocando por conta, para garantir no caso de defeito da peça, que poderia gerar muitos danos materiais.

Além disso, tiveram problemas com o piso podotátil, que primeiramente modificamos em obra e depois juntamente com o pessoal do Pacto.

O caso mais grave, eu diria, que foi a falta de adequação dos projetos de acordo com cada ambiente, pois os terrenos eram diferentes. Foi projetado um sistema de acessibilidade bem interessante que não cabia para todas as obras. A mesma coisa projetar sumidouro para

todas as obras: em Imbuia, por exemplo, o solo não tem capacidade drenante para suportar esse sistema.

11. Você conhece o aplicativo para celular “BIMX”? Se sim, utiliza nas vistorias em obra? Acredita que é útil no controle e gestão da obra?

**R:** Já ouvi falar, mas nunca cheguei a usar. Nas obras geralmente uso os projetos em PDF no meu celular, porque mesmo eu não estando na obra, muitas vezes me ligam questionando alguma coisa, aí eu posso acessar o projeto e tirar as dúvidas. Então, ando com os projetos sempre comigo.

12. Na sua opinião, o processo BIM colabora para redução dos resíduos em obra?

**R:** Acho que pode colaborar sim, desde que o profissional que for utilizar o BIM seja uma pessoa habilitada e com conhecimento para executar. Teria que ter uma visão bem diferenciada da execução.



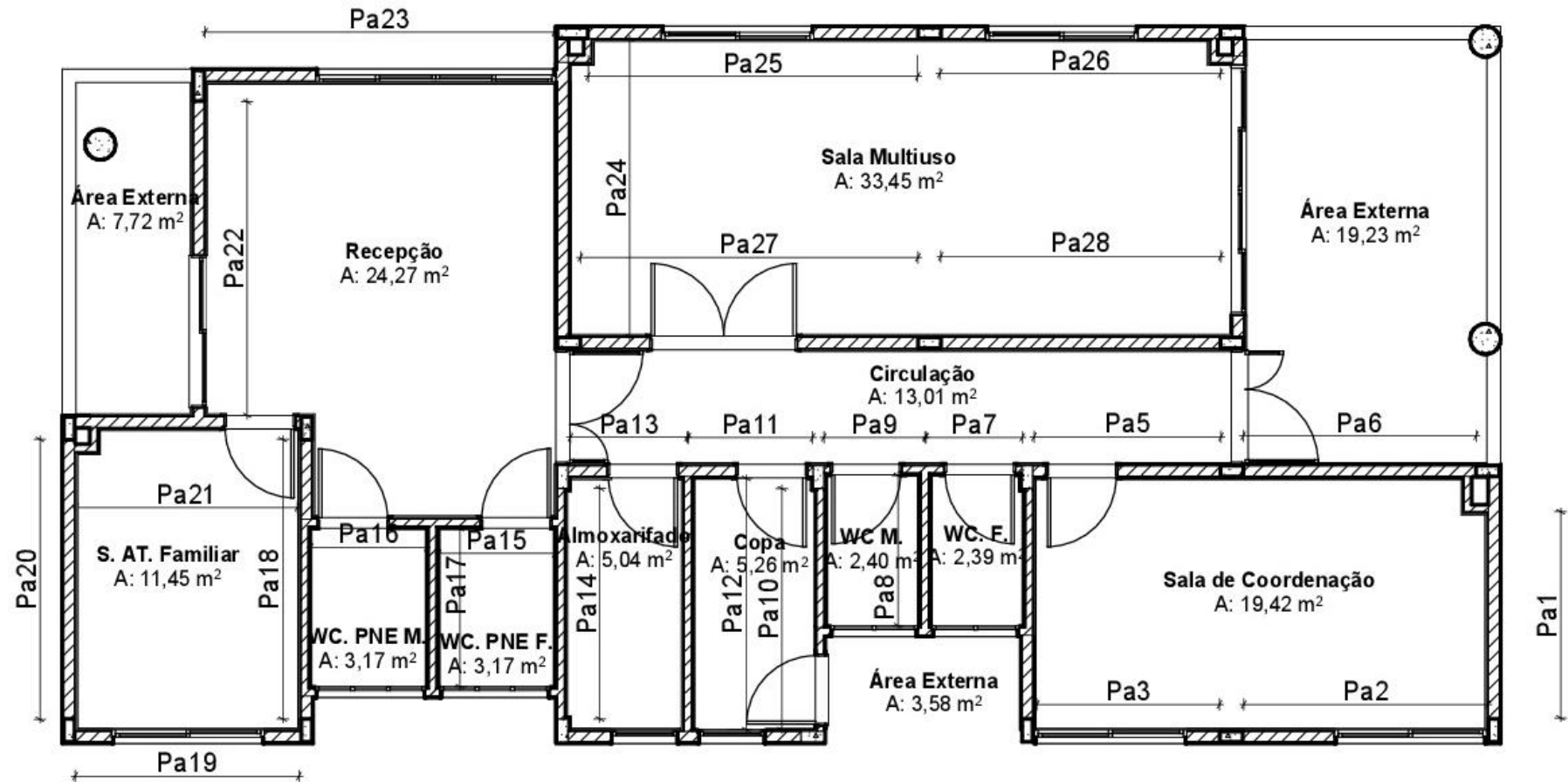
### APÊNDICE D – Diário das Visitas em Obra

Data de visita	Observações
30/04/18	<p>Conversamos com o mestre de obra sobre nossa intenção de acompanhar a obra. Ele nos relatou que a parte de fundação foi feita por uma outra empresa. Nos mostrou os projetos guardados em obra, que usavam para se orientar no canteiro. Relatou-se desperdício quanto a quantidade de tabelas utilizadas e compradas. Comentamos sobre o descarte de sacos de cimento, os quais possuem resíduos e precisam de destinação adequada. Enquanto estávamos lá, outra empresa fazia o fechamento do terreno com tapume.</p>
14/05/18	<p>Realizamos as medições das alvenarias levantadas (Sala de Coordenação e Administração), que segundo relato do mestre de obras começou na sexta (11/05). Nota-se também que os três operários não estão trabalhando exclusivamente nessa obra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traço da argamassa utilizada: 6 latas de areia fina + 6 latas de areia grossa + 2 latas de água + 1 saca de cimento, mistura por 30min; varia com a chuva; rende para 4-5 carrinhos;</li> <li>• Verga feita <i>in loco</i>;</li> <li>• Os tijolos são quebrados para alcançar a altura do peitoril: geração de perdas;</li> <li>• As juntas entre os tijolos têm espessuras diferentes.</li> <li>• Tijolos usados na alvenaria com 9 furos (14x18x19), utilizados tanto para paredes externas quanto internas, o que não condiz com o modelo BIM, nos banheiros PCD;</li> </ul> <p>Talvez o BIM neste estudo de caso auxiliou mais no período anterior à obra, para delimitação do número de tijolos comprados e usados, por prumada etc (após análises feitas a partir no modelo 3D) ou para controle/acompanhamento do engenheiro. A tecnologia pode causar estranheza e rejeição por parte da equipe operacional, já que é e sempre foi responsável pelo serviço manual do canteiro, não por pensar no planejamento de obra e técnicas utilizadas.</p>

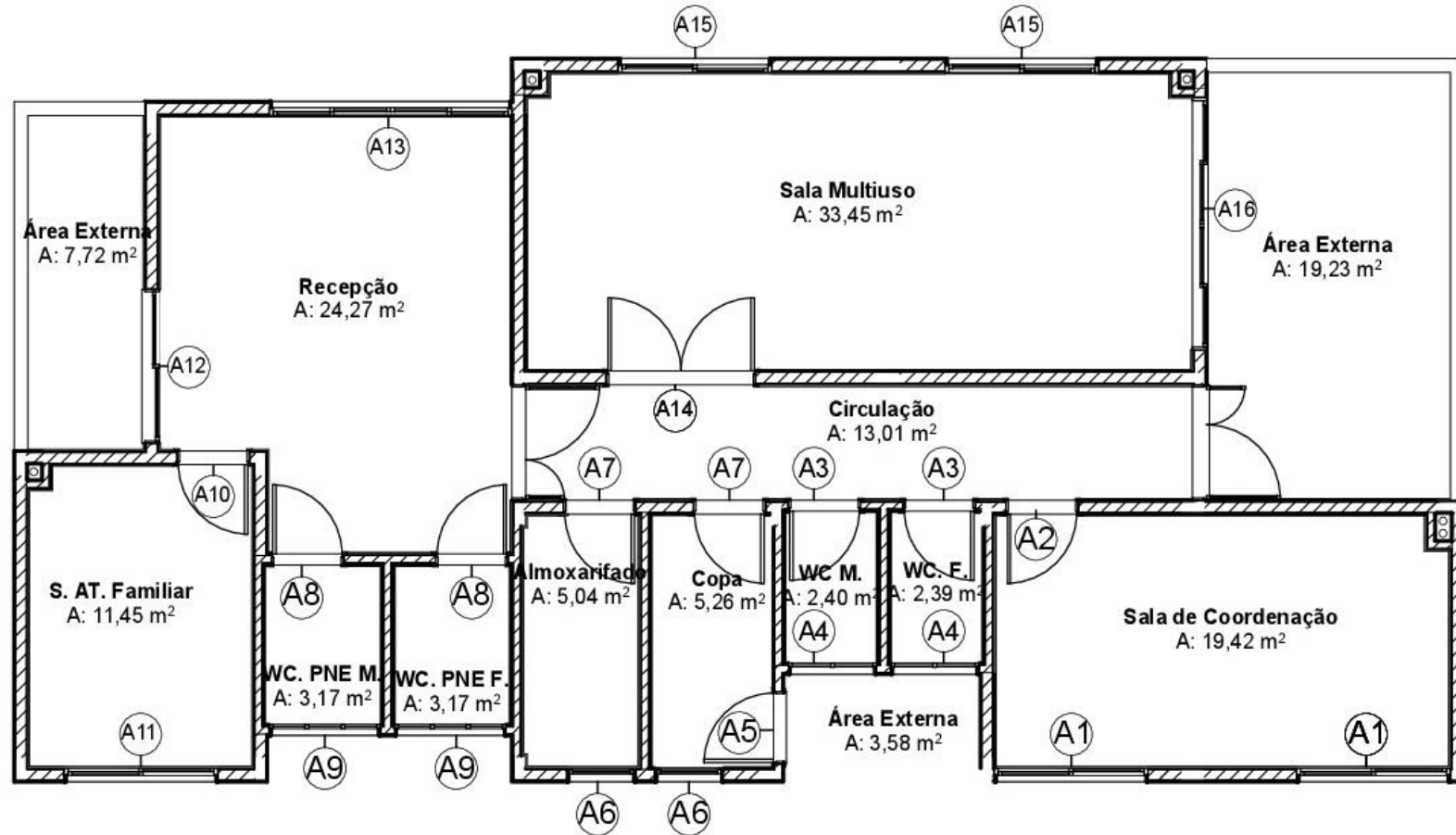
04/06/18	<p>Devido à greve dos caminhoneiros na semana anterior, retornamos à obra apenas no dia 04/06 e, por esse mesmo motivo, houve atraso no andamento e acabamos não sendo tão prejudicadas. Fizemos medições das paredes e pilares restantes no térreo; encontramos o engenheiro responsável pela obra e nos foi relatado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• atrasos de pagamento;</li> <li>• problemas com o BIM de compatibilidade ou mesmo de projeto;</li> <li>• falta de previsão de cortes na alvenaria ou nas tubulações do ar condicionado, gerando tomadas de decisão em obra;</li> <li>• falta de adaptação do modelo BIM do CRAS para cada obra feita;</li> </ul> <p>O engenheiro já gerenciou outra obra do CRAS antes do sistema BIM ser implantado, então possui visão crítica das utilidades e deficiências do modelo.</p> <p>Além disso, foram notados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• encunhamento variando de 2 - 3,5 cm;</li> <li>• vergas e contravergas abrangendo toda a parede;</li> <li>• pé-direito variando de 3,07 - 3,08 m;</li> </ul> <p>O mestre de obras relatou o atraso de pagamento da empreiteira contratante e que por isso, possivelmente, teria que largar a obra.</p>
25/06/18	<p>Constatamos que uma nova equipe está trabalhando na obra devido à falta de pagamento da anterior.</p> <p>Medimos a alvenaria da cobertura e as aberturas do térreo (faltaram medidas indicadas na planta, no local em que os operários faziam serviço)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constatamos alto desperdício nos rasgos de alvenaria, como esperado, e algumas quebras na laje em locais não recomendados, que poderiam afetar a estrutura da construção; aconteceram nas vigas (tubos do ar condicionado), nas muchetas e nos tubos de 50mm esgoto;</li> <li>• Obra com perigo iminente devido a pregos por toda a cobertura; o responsável disse que seria limpo ainda hoje;</li> <li>• Devido a isso, a princípio, as medições <i>in loco</i> diferiam bastante das medições no projeto.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cintas de amarração executadas por toda a platibanda da cobertura.</li> </ul>
16/07/18	<p>Foram feitas as medições restantes: aberturas faltantes, quantidade de tijolos em 1m<sup>2</sup>, aproximadamente 25 tijolos/m<sup>2</sup>. Não pudemos medir os rasgos, pois já estavam todos chapiscados e rebocados. Além disso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomos informadas que seriam usados mais tijolos na cobertura, uma vez que a altura da calha estaria muito grande (ver fotos);</li> <li>• Relatado mais desperdício em obra, com certa organização para o descarte organizado de sacas de cimento;</li> <li>• Profundidade dos rasgos 4 - 5 cm;</li> <li>• Delimitação da pesquisa: não consideraremos os rasgos.</li> </ul>
03/10/18	<p>Última visita à obra para reconhecimento do resultado a ser entregue. A previsão inicial para conclusão da execução era no final de julho, porém, até o momento da visita, ainda não havia sido completamente finalizada. Estavam faltando tomadas e <i>plugs</i> nas paredes, as esquadrias, mobílias e demais equipamentos para o devido funcionamento. Além disso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Havia sobras de pisos cerâmicos, que foram comprados, porém não utilizados;</li> <li>• Os resíduos da obra permaneciam no local, todos misturados em um papa-entulho;</li> <li>• A terraplenagem completa do terreno não havia sido feita;</li> <li>• Algumas ligações das instalações não estavam finalizadas.</li> </ul>

## APÊNDICE E – PLANTA BAIXA TÉRREO: PAREDES



## APÊNDICE F – PLANTA BAIXA TÉRREO: ABERTURAS



## APÊNDICE G – PLANTA BAIXA COBERTURA: PAREDES

