



# **ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA BIM E *LEAN* PARA ESTUDOS DE VIABILIDADE**

CURITIBA  
2019



DANIELLI SILVA PINTO

LUANA MARCON BREDAS CARLIN

LUIS FELIPE DE OLIVEIRA

## **ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA BIM E *LEAN* PARA ESTUDOS DE VIABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica de Projetos de Engenharia e Arquitetura com Colaboração em BIM e *Lean Construction*, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD, como requisito parcial para obtenção do Título de Especialista em Gestão Estratégica de Projetos de Engenharia e Arquitetura com Colaboração em BIM e *Lean Construction*.

**Orientador:** Prof. Julio Martins.

CURITIBA  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos inicialmente a Deus por ter nos proporcionado chegar até aqui.

A nossa família e amigos pela paciência e motivação, contribuindo diariamente no nosso desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradecemos também ao Instituto IDD pelo pronto atendimento e especialmente ao prof. Júlio pela valiosa e constante ajuda na evolução desse trabalho e na nossa formação.

E, por fim, a todos que de alguma forma colaboraram nesse processo de transformação acadêmica.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Fluxo metodológico (AUTORES, 2019).....                                     | 12 |
| Figura 2. Comparativo de processos (Ioch Engenharia Simultânea, 2016).....            | 21 |
| Figura 3. Ciclo de vida das edificações (COELHO, 2015).....                           | 25 |
| Figura 4. Conceitos básicos relacionados ao BIM (MANZIONE, 2013) .....                | 31 |
| Figura 5. Formas de comunicação entre softwares (OPEN BIM, 2017) .....                | 32 |
| Figura 6. Explicação do conceito de interoperabilidade (MANZIONE, 201).....           | 33 |
| Figura 7. Níveis de desenvolvimento LOD (BIMFORUM, 2016).....                         | 37 |
| Figura 8. Modelo de processo de <i>Lean Construction</i> (KOSKELA, 1992).....         | 42 |
| Figura 9. Gráfico Radar (SANTANA E PAREDES, 2015) .....                               | 48 |
| Figura 10. Fluxo de desenvolvimento e análise do estudo de caso (AUTORES, 2019) ..... | 50 |
| Figura 11. Formulário para levantamento de dados (AUTORES, 2019) .....                | 52 |
| Figura 12. Dimensionamento prévio dos setores (AUTORES, 2019).....                    | 56 |
| Figura 13. Modelo check-list– Modelo check-list (AUTORES, 2019) .....                 | 57 |
| Figura 14. Levantamento de documentações (AUTORES, 2019).....                         | 58 |
| Figura 15. Terreno Base (AUTORES, 2019).....                                          | 59 |
| Figura 16. Planilha de calcula para viabilidade (AUTORES, 2019) ..                    | 60 |
| Figura 17. Setorização da implantação (AUTORES, 2019).....                            | 61 |
| Figura 18. Modelagem topográfico (AUTORES, 2019) .....                                | 62 |
| Figura 19. Inserção da área de preservação permanente (AUTORES, 2019).....            | 62 |

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 20. Localização do terreno no Revit (AUTORES, 2019).....                                                 | 63 |
| Figura 21. Análise da insolação (AUTORES, 2019).....                                                            | 64 |
| Figura 22. Posicionamento de acessos, rampas e patamares<br>(AUTORES, 2019) .....                               | 65 |
| Figura 23. Tabela de Corte e Aterro (AUTORES, 2019) .....                                                       | 65 |
| Figura 24. Tabela de Corte e Aterro (AUTORES, 2019) .....                                                       | 66 |
| Figura 25. Prancha 01 do estudo de viabilidade desenvolvida no método<br>tradicional (AUTORES, 2019) .....      | 68 |
| Figura 26. Prancha 01 do estudo de viabilidade desenvolvida no método<br>BIM e <i>Lean</i> (AUTORES, 2019)..... | 69 |
| Figura 27. Prancha 02 do estudo de viabilidade desenvolvida no método<br>BIM e <i>Lean</i> (AUTORES, 2019)..... | 70 |
| Figura 28. Prancha 03 do estudo de viabilidade desenvolvida no método<br>BIM e <i>Lean</i> (AUTORES, 2019)..... | 71 |
| Figura 29. Gráfico de Radar (AUTORES,2019) .....                                                                | 75 |

## SUMÁRIO

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>AGRADECIMENTOS.....</b>                              | <b>1</b>  |
| <b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>                        | <b>2</b>  |
| <b>SUMÁRIO.....</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                              | <b>7</b>  |
| 1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....                          | 8         |
| 1.2. OBJETIVOS.....                                     | 8         |
| 1.2.1. Objetivo Geral .....                             | 8         |
| 1.2.2. Objetivos Específicos .....                      | 8         |
| 1.3. HIPÓTESE .....                                     | 8         |
| 1.4. JUSTIFICATIVAS .....                               | 9         |
| 1.4.1. Tecnológicas.....                                | 9         |
| 1.4.2. Econômicas .....                                 | 9         |
| 1.4.3. Sociais .....                                    | 10        |
| 1.4.4. Ecológicas .....                                 | 11        |
| 1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....                   | 11        |
| 1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....                      | 12        |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                    | <b>13</b> |
| 2.1. EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS.....                  | 13        |
| 2.1.1. Planejamento de Empreendimentos .....            | 13        |
| 2.2. CONCEPÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....    | 14        |
| 2.2.1. Estudo de Viabilidade (EV) .....                 | 15        |
| 2.2.2. Equipes Multidisciplinares .....                 | 18        |
| 2.3. MODELAGEM DE EDIFICAÇÕES .....                     | 21        |
| 2.3.1. Sistema <i>CAD</i> .....                         | 21        |
| 2.3.2. <i>BIM (Building Information Modeling)</i> ..... | 23        |
| 2.4. <i>LEAN PRODUCTION</i> .....                       | 39        |
| 2.4.1. FERRAMENTAS <i>LEAN</i> .....                    | 40        |
| 2.4.2. <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....                   | 41        |
| 2.5. <i>BIM E LEAN</i> .....                            | 43        |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.6. GESTÃO DA QUALIDADE.....                                         | 44        |
| 2.6.1. FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....                                 | 46        |
| 2.7. CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....                                  | 49        |
| <b>3. ESTUDO DE CASO.....</b>                                         | <b>50</b> |
| 3.1. FERRAMENTAS E PROFISSIONAIS.....                                 | 53        |
| 3.2. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS .....                                     | 54        |
| 3.3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....                                 | 54        |
| 3.4. DOCUMENTO DE ENTREGA .....                                       | 54        |
| 3.5. ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO.....                                     | 55        |
| <b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>                 | <b>56</b> |
| 4.1. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS .....                                     | 56        |
| 4.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....                                 | 58        |
| 4.3. DOCUMENTO DE ENTREGA .....                                       | 67        |
| 4.4. ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO.....                                     | 71        |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b> | <b>80</b> |
| 5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                        | 80        |
| 5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....                       | 81        |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                             | <b>82</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O Estudo de viabilidade projetual se baseia na análise inicial de um determinado empreendimento ou edificação. Neste momento são levantados alguns dados importantes para identificar o potencial do estudo, como por exemplo: Área do terreno, condicionantes, zoneamento, parâmetros urbanísticos, topografia, infraestrutura (LEAL, 2007)

A demanda da atualidade se baseia em qualidade, eficácia, redução de custos e alta produtividade. Para isso o mercado tem adotado novas soluções para execução de projetos tridimensionais com alta tecnologia, possibilitando englobar relações espaciais, informações geográficas, quantidades e propriedades construtivas em um único pacote de dados (COELHO; NOVAES, 2008).

Apesar das informações serem preliminares nesta fase do projeto de viabilidade, pode-se contar com a utilização da ferramenta BIM e conceitos da filosofia *Lean* para a concepção. Um bom estudo irá relatar se viabilizará ou não a execução de determinada edificação. Já um estudo com falsas expectativas poderá se tornar um grande problema com futuras surpresas, refletindo em custos e atrasos desnecessários (GARRIDO, 2015)

A plataforma BIM pode ser definida como o método de trabalho virtual que integra os agentes da cadeia construtiva, vêm introduzindo na arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO) uma maneira inovadora de conceber os espaços. Esta plataforma pode ser aplicada nas mais diversas etapas do ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção da ideia, estudo de viabilidade, projeto, execução de obra, manutenção e demolição (CATELANI, 2016).

A presença de equipes multidisciplinares proporciona uma maior segurança na execução de estudos de viabilidade projetual e no compartilhamento de informações (COSTA; ABRANTES 1996).

O presente trabalho de conclusão de curso resultará na análise comparativa entre diferentes metodologias de concepção do estudo de viabilidade projetual.

### 1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

De que maneira a forma de concepção do estudo de viabilidade impacta no empreendimento?

### 1.2. OBJETIVOS

Neste item apresentam-se os objetivos gerais e específicos da pesquisa a ser desenvolvida.

#### 1.2.1. Objetivo Geral

Verificar o impacto da forma de concepção do estudo de viabilidade no empreendimento.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Comparar a assertividade de diferentes metodologias.
- b) Analisar a multidisciplinaridade da equipe na concepção do estudo.

### 1.3. HIPÓTESE

É suposto que a utilização da ferramenta BIM e da filosofia *Lean* na concepção do estudo de viabilidade, impactam positivamente no empreendimento.

## 1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

### 1.4.1. Tecnológicas

A aplicação da tecnologia BIM em construtoras tem sido mais recorrente, principalmente onde a demanda de estudo de viabilidade é intensa, pois a plataforma nos permite analisar o empreendimento em todas as suas etapas com mais precisão e realismo que os métodos de concepção tradicionais, que por sua vez não possuem o mesmo tratamento e agilidade, principalmente pela capacidade de gerenciamento, alinhamento e compatibilização de uma quantidade grande de informações e dados produzidos por profissionais de diferentes áreas que não, necessariamente, se utilizam dos mesmos softwares.

Toda a informação necessária para viabilização e execução de um empreendimento se encontra associada e atribuída a cada detalhe e elemento construído digitalmente no modelo.

Dessa forma, os benefícios atrelados a utilização da tecnologia BIM estão relacionados à economia de tempo, recursos e custos, consequência da minimização de equívocos e retrabalhos no processo de projeto devido a uma integração entre projeto e projetista (SMARTMARKET REPORT, 2012).

### 1.4.2. Econômicas

De acordo com Tavares Junior (2001), os projetos podem representar até 60% da origem dos problemas patológicos de obra, patologias que podem gerar custos, atrasos, desperdício e retrabalho de acordo com as fases que são descobertas e enfrentadas.

Dessa forma, os desafios encontrados hoje na aprovação de projetos legais, no desenvolvimento do projeto executivo, complementares e até mesmo no canteiro de obras podem ser previstos, evitados e solucionados antes de se tornarem elementos construídos fisicamente.

Com a utilização do BIM para estudo de viabilidade arquitetônica é possível desenvolver parâmetros que envolvam a legislação municipal e padrão estabelecido, que apontem e evidenciam não só interferências construtivas, mas também incoerências projetuais, conceituais e urbanísticas.

Horostecki (2014) afirma que “compatibilizar projetos requer investimentos que podem representar de 1% a 1,5% do custo da obra, mas gera diminuição de despesas que varia de 5% a 10% desse mesmo custo”.

#### **1.4.3. Sociais**

Projetos que levam em consideração todas as condicionantes possíveis cruzadas com os parâmetros ergonômicos desde a sua concepção na fase de estudo de viabilidade até a execução, tendem a proporcionar produtos de maior qualidade para o usuário e assim, gerar mais aceitação social de empreendimentos desenvolvidos e gerenciados pela tecnologia BIM.

A implementação do sistema BIM pode causar desafios no começo, mas auxilia no desenvolvimento de competências e multidisciplinariedade da equipe envolvida.

Dentre os diversos benefícios decorrentes da utilização da tecnologia BIM na concepção de projetos, destaca-se em primeiro lugar a redução de erros e omissões, compartilhamento adequado de informações em um único projeto, comunicação mais clara e eficiente entre cliente e empresa (SMARTMARKET REPORT (2012).

#### 1.4.4. Ecológicas

O melhor aproveitamento dos espaços urbanos é essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades, onde as infraestruturas são utilizadas de acordo com a sua capacidade e não sobrecarregadas, onde toda a população tenha acesso aos equipamentos comunitários sem que seja necessário um deslocamento abusivo. Essa atitude demanda de economia criativa e capacidade de cruzamento de informações que a tecnologia BIM pode auxiliar e conduzir ao melhor caso de implantação, uso e ocupação de um terreno e edifício.

### 1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para atingimento do objetivo do presente trabalho.

O Estudo de caso se baseia em um uma análise de dois projetos de estudo de viabilidade que consistem em um empreendimento de edifício vertical de 5 blocos, 4 pavimentos, 160 unidades residenciais de 2 quartos enquadrado no programa Minha Casa Minha Vida. Em um terreno de forma irregular com 11.622,98m<sup>2</sup> de área e contendo nos fundos uma Área de Preservação Permanente.

Os estudos de viabilidade foram executados em tempos e métodos distintos. O primeiro projeto, já realizado, no método tradicional 2D foi analisado e comparado com o segundo projeto, realizado especificamente para este estudo de caso, no método BIM e *Lean*.

O processo está representado na Figura 1. Em ambas as metodologias foram consideradas os mesmos pré-requisitos, porém sem observar a qualidade projetual e conceitual. A análise realizada foi baseada na assertividade das diferentes metodologias, levando em consideração a contribuição do sistema BIM e *Lean* no e a multidisciplinaridade da equipe envolvida no estudo de viabilidade.



Figura 1. Fluxo metodológico (AUTORES, 2019)

## 1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica, discorre sobre os conceitos de empreendimento, projetos, estudo e viabilidade, equipes multidisciplinares, softwares para elaboração de projetos, BIM e a abordagem da filosofia *Lean*.

O **Capítulo 3** trata sobre o estudo de caso empregado neste trabalho, apresentando e elaboração do estudo de viabilidade 2D e 3D do empreendimento.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

De maneira a proporcionar um melhor entendimento do presente projeto de pesquisa, nesse capítulo será abordado os assuntos mais relevantes relacionados ao tema.

### **2.1. EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS**

Define-se como empreendimento o “conjunto de bens capaz de produzir receitas por meio de comercialização ou exploração econômica”. Os empreendimentos podem ser classificados conforme a base em: imobiliária (ou com exploração do solo ou com benfeitorias), imobiliários (com fim de exploração comercial ou serviços), industrial, rural, comercial e serviços, rural e em concessões de serviços públicos (NBR 14653-1, 2001).

De acordo com Melhado (2001) os empreendimentos imobiliários são unidades de construção absolutamente individualizadas, uma vez que cada empreendimento exige um novo terreno, um novo projeto e um novo planejamento de execução.

Limmer (2010) enfatiza que um empreendimento pode ser definido pela concepção de um projeto com metas estabelecidas do início ao fim e que deverá ser materializado segundo um planejamento que englobe condições de prazo, custo, qualidade e risco.

#### **2.1.1. Planejamento de Empreendimentos**

De acordo com GOLDMAN (2004), é de suma importância realizar o planejamento adequado de um empreendimento, é necessário que diversas áreas de conhecimento atuem simultaneamente, diminuindo dessa forma as eventuais situações de risco e possibilitando assim a execução do empreendimento. Ainda

sobre GOLDMAN (2004), o Autor também afirma que planejamento é um exercício que busca aumentar a probabilidade de sucesso de um projeto no mundo dos negócios que está em constantes mudanças.

Segundo ABIKO (1997), para um planejamento adequado de um empreendimento imobiliário, faz-se necessário a concepção de um projeto bem elaborado. A qualidade das características apresentadas no projeto impacta diretamente nas tomadas de decisão e no processo de execução da obra.

## 2.2. CONCEPÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nos últimos tempos, a construção civil migrou para um modelo de negócio cuja visão está baseada, sobretudo, na valorização do setor econômico para uma nova realidade, na qual, fatores ambientais, políticos, socioeconômicos e tecnológicos desempenham papéis importantes na elaboração de projetos e na execução de obras (FLANAGAN, 2017).

De acordo com Fabricio (2002) devido à alta competitividade no mercado imobiliário brasileiro, a elaboração de um projeto arquitetônico apresenta-se como um processo de alta complexidade, a busca da qualidade final do produto considera a necessidade de otimização do processo produtivo como um todo. Isto porque o projeto define as características do produto edificação e aspectos que envolvem o processo de produção do mesmo. Assim sendo, durante a fase de execução de um empreendimento com projeto mal elaborado, incompleto ou impreciso, o mesmo estará propenso a erros, desperdício e retrabalho, além da potencial perda de qualidade do produto final.

Melhado (1994), cita que a maioria dos conceitos encontrados na bibliografia relacionada ao tema projeto estão ligados ao procedimento ou prática de se projetar, ou seja, trata-se de um processo para a realização de ideias que deverá passar pelas etapas de: idealização, simulação (análise) e implantação (protótipo e escala de produção).

A norma brasileira NBR 13.532 - Elaboração de Projetos de Edificações: Arquitetura, estabelece e conceitua etapas das atividades técnicas relativas ao processo de projeto de edificações e de seus elementos, caracterizando e conceituando cada uma delas como partes sequenciais para o desenvolvimento do mesmo.

A etapa seguinte é dependente da etapa que se procedeu e assim sucessivamente. Inicia com os levantamentos de dados, levantamento topográfico (LV TOP), em seguida levantamento geral (LV ARQ) de dados, como insolação, sombreamento, direção predominante dos ventos dentre outros. A próxima etapa contempla o programa de necessidades (PN ARQ) que busca dados para satisfazer a influência cultural do cliente e os seus desejos. O estudo de viabilidade (EV ARQ) transforma o levantamento de dados e as necessidades dos clientes em um pré-dimensionamento quantitativo da edificação, o mesmo poderá ou não ser aprovado pelo cliente. Dessa forma, após a aprovação do cliente o projeto do empreendimento terá sequência através do estudo preliminar (EP ARQ) (NBR 13532 - ABNT, 2005).

### **2.2.1. Estudo de Viabilidade (EV)**

Antes de se comprometer na negociação de um terreno é necessário estudar todo o potencial e as restrições nele atribuído, principalmente se o empreendimento já tiver o uso e atividade previamente determinado. O Estudo de Viabilidade é a etapa destinada à elaboração da análise e avaliações para seleção e recomendação de soluções e alternativas para a concepção da edificação e de seus componentes, de maneira a auxiliar o incorporador nas tomadas de decisões. (ABNT, 1995).

Em outras palavras Gehbauer (2002) define o estudo de viabilidade como a comparação entre a estimativa de custo do mesmo e o lucro esperado por

meio da sua comercialização, contemplando todo planejamento técnico básico necessário, desde a ideia inicial, até a elaboração do anteprojeto.

Com o intuito de que o estudo de viabilidade se aproxime da realidade, deve-se partir de um bom cenário, dispor de um bom modelo matemático para simulação, bem como conhecer os indicadores de qualidade fornecidos pelo modelo de cálculo seguido da correta interpretação dos indicadores, estabelecendo critérios particulares de decisão. (BEZERRA DA SILVA, 1995).

As características especiais do mercado imobiliário tornam muito difícil o processo de decisão de investimento ou de lançamento de novas construções. Principalmente na análise de viabilidade, na qual, muitas vezes, esta decisão é tomada pelo empresário de forma intuitiva, de acordo com sua experiência e sua percepção das condições momentâneas do mercado, sem ter como base uma análise criteriosa, embasada em dados. (GONZÁLEZ, 1999)

Contribuindo com a ideia, Leal (2007) afirma que para empresas de incorporação / construção, “o estudo de viabilidade do empreendimento é o momento em que fatores como localização, capital e concepção do produto são combinados, de tal forma que se obtenha uma incorporação bem-sucedida”.

De acordo com a NBR 13.532 - Elaboração de Projetos de Edificações: Arquitetura, em busca de um EV mais realista e assertivo, é preciso realizar a análise das seguintes condicionantes de um terreno (condicionantes relativas às etapas de levantamento): legais, ambientais, morfológicas e físicas.

#### 2.2.1.1. Condicionantes legislativas

Analisa-se nessa condicionante todos os documentos do terreno e parâmetros urbanísticos estabelecidos pela legislação municipal, tais como a lei de uso e ocupação do solo, código de obras e lei do zoneamento. Os principais documentos que resumem todas essas condicionantes são:

- A matrícula (registro de imóvel)

- A guia amarela (consulta prévia)

Neles podem se encontrar informações como averbações de bosques, diretrizes de arruamento, controle de gabarito devido tráfego aéreo, etc.

#### 2.2.1.2. Condicionantes ambientais

Deve-se analisar as questões ambientais do terreno, tais como o clima, insolação, ventos predominantes, poluição sonora, vegetação, presença de corpos d'água e restrições a serem respeitadas para benefício do homem e do meio ambiente.

#### 2.2.1.3. Condicionantes morfológicas

Neste item, considera-se a forma do terreno, uma vez que o perímetro e a área podem influenciar a viabilidade ou pelo menos na composição do empreendimento. Com intuito de explorar como a declividade e o tipo de solo da área de implantação pode ser aproveitado no estudo, é necessário a realização de serviços como laudo de sondagem e levantamento planialtimétrico.

#### 2.2.1.4. Condicionantes físicas

Nesta fase é avaliado o entorno de forma preventiva, onde o fluxo de veículos e pedestres acontece de forma mais intensa ou moderada, a quantidade e proximidade de equipamentos urbanos e comunitários, como escola, hospitais e transporte. E principalmente se a área urbana em questão pode atender a demanda que o empreendimento irá estabelecer em obra e depois de finalizado.

Dessa forma, em posse de todas essas informações, pautadas em conhecimentos técnicos, é possível desenvolver um estudo de viabilidade arquitetônica mais realista e assertivo (ABNT, 1995).

### 2.2.2. Equipes Multidisciplinares

É possível perceber que o bom andamento de um projeto é dependente da técnica e da eficácia da comunicação entre os grupos envolvidos no processo, uma vez que as etapas dos processos de desenvolvimento do projeto estão interligadas, dessa forma o trabalho de cada membro interfere no processo. (COSTA; ABRANTES 1996).

Para obter eficácia na comunicação, os indivíduos envolvidos devem possuir uma visão sistêmica e abrangente do processo de projeto como um todo, conhecendo os seus respectivos papéis e compreendendo sua participação com as devidas relações de interdependência com os demais participantes (COSTA; ABRANTES 1996).

De acordo com o aumento do grau de complexidade das edificações, a medida de conhecimentos requeridos dos projetistas é crescente, assim como as responsabilidades implícitas nas atividades de projeto e que devem ser compartilhadas por profissionais de diversas formações (SILVA, 1998).

Na atual realidade de mercado da construção de edificações no Brasil, de acordo Nóbrega Júnior (2013), torna-se cada vez mais recorrente a atuação de diversos profissionais, inclusive de várias áreas de conhecimento, e empresas distintas na elaboração de um mesmo projeto. Tendo em vista essa forma de pensamento e atuação, observa-se ainda a participação de um número crescente de técnicos dos campos da arquitetura e da engenharia nos processos de planejamento integrados da construção civil e da execução de obras. Desta forma, em consequência do aumento da complexidade dos serviços contratados e/ou projetos; do grande número de alternativas de novos materiais disponíveis no mercado, tecnologias e serviços que antes não eram evidentes, disponíveis e/ou acessíveis, além de possibilidades decorrentes da terceirização das etapas de construção advindas de uma nova concepção de obra como “processo de montagem”, a

colaboração interativa e integrada de diferentes profissionais tipos de profissionais é fundamental para o sucesso do projeto final, entretanto isso traz dificuldades relativas à coordenação dos trabalhos como um todo, inclusive de projetos e projetistas.

Assim sendo, Fabricio (2002) afirma que a necessidade de gestão do processo de projeto se torna cada vez maior, enquanto uma atividade exclusiva e interdependente que permeia todo o processo, de maneira a gerir o fluxo de informações entre os agentes intervenientes. O Autor ainda cita que a gestão do processo de projeto “é a etapa mais estratégica do empreendimento com relação aos gastos da produção e agregação de qualidade”.

A proposta de Projeto Simultâneo pressupõe a coordenação das diferentes disciplinas de arquitetura e engenharias desde o princípio do processo de projeto como ponto central para garantir que as soluções projetuais sejam elaboradas de maneira mais eficiente e colaborativa (FABRICIO, 2002).

Esse conceito, deve ser entendido como uma adaptação (ao setor) da Engenharia Simultânea que busca convergir, no processo de projeto do edifício, os interesses dos diversos agentes participantes no ciclo de vida do empreendimento, considerando precoce e globalmente as repercussões das decisões de projeto na eficiência dos sistemas de produção e na qualidade dos produtos gerados, envolvendo aspectos como construtibilidade, habitabilidade, manutenibilidade e sustentabilidade das edificações (FABRICIO, M.M, MELHADO, 2002).

A proposta de Projeto Simultâneo, parte dos conceitos e filosofias de cooperação. O aperfeiçoamento de um modelo próprio de gestão do processo de projeto que seja orientado às características e possibilidades setoriais, e que reflita sobre paradigmas contemporâneos de organização de projetos e as novas possibilidades tecnológicas no tratamento e organização dos fluxos de informações. (FABRICIO, M.M, MELHADO, 2004).

A formação de equipes multidisciplinares contribui para o desenvolvimento de cada integrante, possibilitando a integração interna conforme

o programa de necessidade e demanda do tempo em relação ao produto e resultado final.

MUNIZ JR (1995) define Engenharia Simultânea como um “processo pelo qual grupos interdepartamentais trabalham interativamente e formalmente no projeto do ciclo de vida completo do produto ou serviço para encontrar e realizar a melhor combinação entre as metas da qualidade, custo e prazo”.

A metodologia de procedimento projetual multidisciplinar pode proporcionar também um ganho significativo no cronograma, conforme representado na Figura 2, que compara o processo sequencial, onde não existe sobreposição de atividades e análises prévias, com o processo simultâneo, onde a etapa de projeto não se trava pela anterior e se estabelece um compartilhamento de ideias e compatibilização de informações durante todo o gerenciamento de projeto.

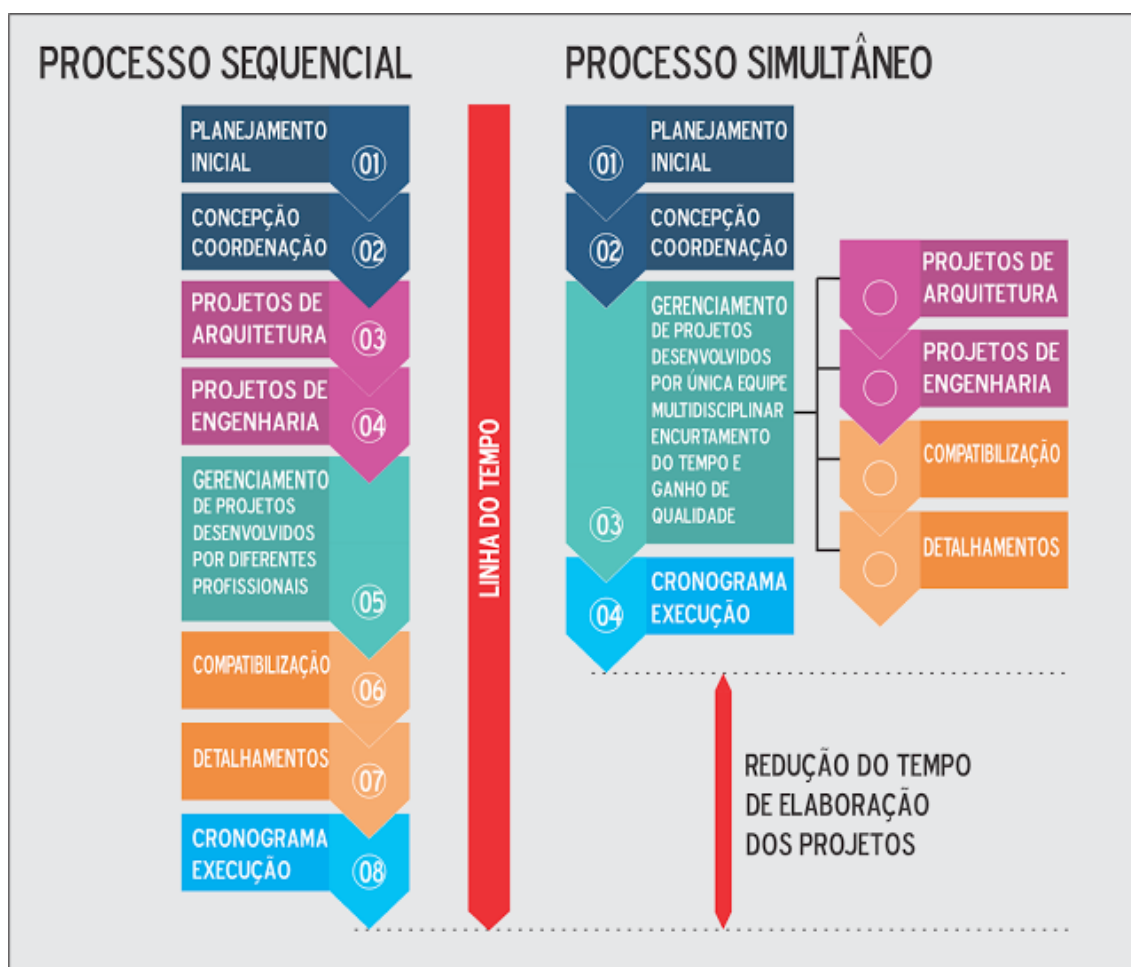


Figura 2. Comparativo de processos (Ioch Engenharia Simultânea, 2016)

## 2.3. MODELAGEM DE EDIFICAÇÕES

Neste item dissertaremos sobre o avanço da representação gráfica de projetos.

### 2.3.1. Sistema CAD

De acordo com Meneghello (2003), a utilização de imagens em sistema computacionais teve seu início em 1950. Nessa época, a criação de gráficos e desenhos era restrita apenas às instituições de pesquisa cujo intuito era de caráter

exploratório. No início dos anos 70 surgiram os primeiros sistemas *CAD* (*Computer Aided Design*), conhecidos como sistemas de gráficos interativos.

O projeto assistido pelo computador, conhecido por sistema *CAD*, é uma ferramenta computacional de auxílio a atividades projetuais necessárias a desenvolver, analisar ou até mesmo modificar um modelo de arquitetura e engenharia, tendo como objetivo principal a melhoria da qualidade, a diminuição de custos e o aumento da produtividade (BEDWORTH, 1991).

Bedworth (1991) afirma que o termo *CAD* é vezes interpretado como uma ferramenta de apoio a desenho, outras, como auxílio a análise; e outras como automação total do processo que envolve desenho, análise e otimização dos processos. O Autor ainda complementa que esses sistemas são baseados em computação gráfica interativa e a utilizam para criação e visualização de dados na forma de figuras ou símbolos. Nessa toada, qualquer aplicação que inclua uma interface gráfica na realização de tarefas de engenharia é considerada um software de *CAD*.

Devido a automação do processo, com o passar do tempo a necessidade de perícias técnicas para desenho foi extinta. O processo automatizado permitia a criação de grids, de linhas perfeitamente alinhadas, com espessuras com precisão em décimos de milímetros. As escalas dos desenhos poderiam ser alteradas, assim como tamanhos de textos e cotas. Entretanto, o processo de design *CAD* sofreu poucas alterações ao longo do tempo, sendo que o produto final ainda era um desenho apenas, sem conter informações adicionais ao projeto. Os produtos tridimensionais eram frutos de um processo separado do design. A modelagem era separada da documentação técnica, tornando-se um anexo do projeto (AVELINO, 2013).

Vargas (2008) complementa que esse sistema de concepção favorece o amadurecimento separado de cada área em relação ao estudo de soluções conjuntas para as incompatibilidades, logo, a sobreposição dos diferentes tipos de projeto ocorre somente ao fim do projeto. Dessa forma, surge a necessidade de

compatibilizar projetos finalizados, desperdiçando tempo e energia com os eventuais retrabalhos.

De acordo com Graziano (2003), a arte de compatibilizar projetos é verificar se os componentes dos sistemas ocupam espaços conflitantes entre si e, dessa forma, garantir que os dados compartilhados tenham conexão e sejam seguros até a finalização do projeto.

Deste modo, é necessário a participação dos diversos projetistas envolvidos nas etapas de planejamento e execução do empreendimento, resultando assim em um maior entendimento das etapas construtivas, permitindo então, a elaboração de projetos com o menor número de incertezas e com a maior proximidade da realidade (NOVAES, 1998).

Em conformidade com Nóbrega Júnior (2013) as ferramentas BIM tornaram-se fortes aliadas dos desenvolvedores e coordenadores de projeto. As mesmas facilitam o método de construção de edificações. Este é viabilizado pela produção industrial dos elementos e pela concepção do empreendimento em módulos. Relacionadas a modelagem, gestão e coordenação. trabalho dos profissionais tendo em vista as possibilidades do desenvolvimento simultâneo do serviço, tal metodologia diverge da tradicional, no qual as etapas de desenvolvimento acontecem de forma sequencial. Deste modo, a plataforma BIM salienta uma nova característica de trabalho que consiste em pensar o projeto de forma colaborativa ao invés de cooperativa.

### **2.3.2. BIM (*Building Information Modeling*)**

Em decorrer do surgimento das mais diversas tecnologias, melhoras significativas têm sido lançadas no mercado de softwares de representação gráfica, com novas funções, novos layouts, integração de informações e dados que podem ser importados e exportados. A exemplo disso surge o “*Building Information Modeling – BIM*”. Conhecido como Modelagem da Informação da

Construção ou Modelo Paramétrico da Construção Virtual, além de ser um modelo de visualização do espaço projetado, é um modelo digital que contém um banco de dados que agrega informações para diversas finalidades (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

A plataforma BIM, de acordo com Menezes (2011), compõe uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, concebendo desta forma uma base de dados que contém, tanto informações topológicas, como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão das fases da construção.

Para Eastman et al. (2014), BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria da arquitetura, engenharia e construção. Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital, quando finalizado, o modelo gerado contém a geometria exata e os dados relevantes, dando suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. Implementado de maneira adequada, o BIM torna processo de projeto e construção mais integrado, o que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos.

As plataformas BIM são utilizadas como solução para o gerenciamento e o controle de obras em todas as suas fases – desde a concepção até os estágios de demolição, conforme ilustra a Figura 3.

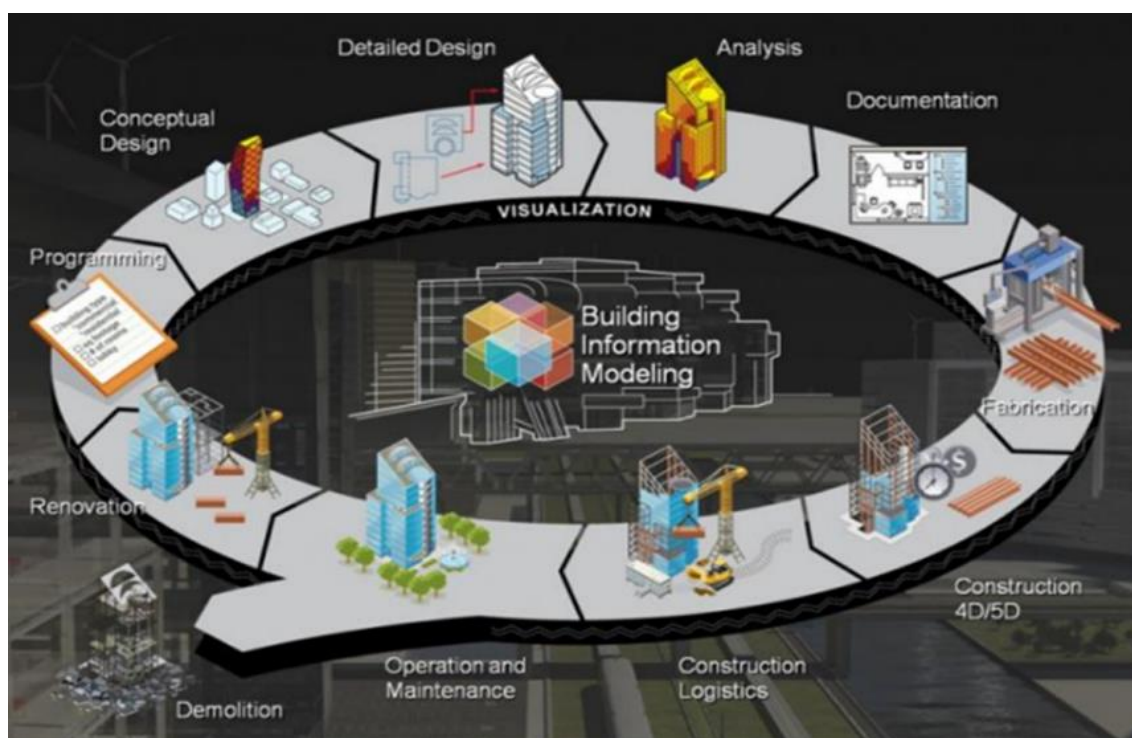


Figura 3. Ciclo de vida das edificações (COELHO, 2015)

As modelagens BIM possuem todas as funções do CAD 3D aliado à informações que permitem a criação de tabelas de orçamentos, cronogramas e especificações. Em vista que o modelo 3D CAD traz apenas coleções de pontos, linhas, formas 2D e 3D e volumes, no conceito de BIM tais parâmetros geométricos podem também ter significado simbólico ou abstrato, assim como dados quantitativos ou qualitativos (YAN; DAMIAN, 2008).

Tendo em vista o tema em questão, Kassem e Amorim (2015) caracterizam sobre as iniciativas de implementação do BIM no Brasil, as quais têm como objetivo melhorar a eficiência e a sustentabilidade de projetos da construção civil em geral, influenciar na previsibilidade de resultados e no retorno de investimentos, aumentar as exportações e estimular o crescimento econômico.

O BIM é um processo que, de acordo com Suchocki (2016), permite a promoção de todas as fases do projeto envolvendo criação de modelos 3D parametrizados. Os modelos inteligentes facilitam a compreensão do projeto

pelos *stakeholders* e permitem o melhoramento contínuo do sistema. Como resultado, diferente dos recursos tradicionais em 2D, tem-se a confecção de banco de dados e a visualização do trabalho como um todo, acarretando a melhores resultados de obra e à facilidade de manutenção do espaço construído.

Para Manzoni (2013), o BIM é um processo de gestão da informação, no qual os modelos desenvolvidos pelos projetistas tornam-se legíveis no mundo virtual por meio de regras e parâmetros. Os recursos BIM permitem o melhoramento dos métodos de controle das informações de obras e projetos, assim como facilitam a distribuição de informações entre os técnicos envolvidos.

É importante mencionar que o impacto do BIM não se limita apenas às edificações, o mesmo alcança desde a indústria de produtos e materiais, passa pelos projetos e obras de edifícios, estradas e outros tipos de infraestrutura e se prolonga pela manutenção e desmonte ou reuso destas obras. Contudo, o setor da construção de edifícios pode ser visto como elemento central desse processo de difusão, pois cria demanda para os demais setores e assim sendo, neles orienta a difusão do BIM. (KASSEM e AMORIM, 2015).

Mattos (2014) menciona a evolução da modelagem BIM, que por sua vez tem inovado os campos da engenharia e arquitetura, permitindo uma visão mais clara e objetiva de desenhos e projetos. Inicia-se com o modelo 3D, em que há consolidação dos projetos em um ambiente virtual em três dimensões, é possível identificar inconsistências entre os projetos, facilitando a manutenção e as alterações por parte do projetista.

Introduzindo a 4ª dimensão ao BIM, tornou-se possível ao gestor de projetos acompanhar o avanço físico da construção, uma vez que os elementos gráficos da construção passam a ser atrelados ao cronograma da obra. Agregando ainda mais informações ao processo de projetos, surge a modelagem 5D, com a introdução do variável custo.

A partir desse elemento, é possível, através da parametrização dos objetos com seus respectivos insumos de produção, atualizar de maneira automática o orçamento da obra, na medida em que são modificadas as demais pranchas do projeto. Além de todas as formas de modelagens citadas, ainda existe a 6º dimensão.

Essa grandeza está relacionada com o gerenciamento do ciclo de vida do produto, ou seja, com a utilização do BIM 6D torna-se possível controlar a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores, custos de operação e até mesmo fotos.

Um simples desenho não atende mais as necessidades de informação sobre o empreendimento, além do que projetar, é preciso planejar e acompanhar o processo da implantação de uma obra. Tal maneira de gestão da informação não era até então contemplada de maneira satisfatória com as ferramentas *CAD* de desenho tampouco nos programas de análises e de cálculo (FERREIRA, 2015).

Ruggeri (2017) explica que o uso pleno das ferramentas BIM conta com um importante aparato tecnológico para viabilizar melhores interações entre os profissionais envolvidos. Salienta ainda que o trabalho deve estar vinculado aos conceitos de coletividade e complexidade.

A gestão de projetos da construção civil tradicional adota, como base de trabalho, a cooperação entre os profissionais envolvidos que, pode ser entendida, como a soma dos resultados de cada profissional. Porém o conceito de colaboração, pré-requisito da Plataforma BIM, acontece com o trabalho conjunto dos diversos intervenientes, em uma relação de igualdade, de forma a promover ajuda mútua e obtenção de objetivos que beneficiem a todos. Nessa toada, Kassem e Amorim (2015) explicam que uso do BIM traz consigo novos processos de comunicação entre os projetistas e demais agentes envolvidos no ciclo de vida da edificação, levando à reorganização de fases, agentes e produtos no projeto. Consequentemente, os profissionais envolvidos – projetistas e

gestores – devem se adaptar e reformular suas técnicas e conhecimentos no desenvolvimento e na gestão de projetos (RUGGERI, 2017).

#### 2.3.2.1. Conceitos e características BIM

De acordo com Eastman (2014), no projeto paramétrico ao invés de projetar uma instância de elemento de construção como uma parede, porta ou janela, o projetista define uma família de modelos ou classe de elementos, sendo este o agrupamento de relações e regras para controlar os parâmetros pelos quais as instâncias dos elementos podem ser geradas, mas cada uma delas irá funcionar conforme sua conjuntura.

Ainda sobre o mesmo autor. os objetos são definidos usando parâmetros envolvendo distâncias, ângulos e regras como “vinculado a”, “paralelo a” e “distante de”. Essas relações permitem que cada instância do elemento possa variar conforme parâmetros e suas relações contextuais. As regras ainda podem ser definidas como requisitos que o projeto deve atender, permitindo ao projetista fazer alterações, enquanto as regras verificam e atualizam detalhes para manter o elemento de projeto dentro de padrões e avisar ao usuário caso essas definições não sejam alcançadas. As plataformas do processo de projeto e gestão da operação, podem variar durante o ciclo de vida da obra e das diferentes especialidades envolvidas. Essas têm como característica essencial a integração de projetos.

Eastman et al (2008 apud Manzione, 2013) sinalam os benefícios, as características e os potenciais do BIM para o desenvolvimento de projetos durante o ciclo de vida da edificação, da seguinte maneira:

1. Fase inicial (concepção de projeto): as citadas plataformas melhoram a capacidade de formulação de estudos preliminares de conceitos e viabilidades.

2. Elaboração do projeto: permitem uma visualização mais precisa dos estágios iniciais do projeto. Há correção simultânea de dados quando efetuadas mudanças no projeto; há geração automática de desenhos; facilidade de colaboração de todos os profissionais envolvidos nos estágios preliminares; extração automática de quantitativos durante o processo de projeto; facilidade de análise energética e de sustentabilidade.
3. Execução do projeto (obras): trata-se da sincronia entre o planejamento da obra com as fases do modelo; da descoberta de interferências físicas entre os elementos projetados para o edifício antes da execução das obras; da agilidade no processo de mudança de projeto; da possibilidade de utilizar o modelo do projeto como base para a pré-fabricação; da melhor implementação dos métodos de construção enxuta (*Lean Construction*); da sincronização das fases de aquisição, projeto e construção.
4. Operação: diz respeito ao melhor gerenciamento da operação dos sistemas e dos ativos do edifício.

#### 2.3.2.2. Objetos paramétricos

Em conformidade com Eastman (2014), a compreensão da definição de objetos paramétricos é de suma importância para o entendimento do BIM e sua diferenciação dos objetos 2D tradicionais. O Autor define os objetos paramétricos como:

- I. Definições geométricas de dados e regras associadas.
- II. Geometria integrada de maneira não redundante sem inconsistências. Uma planta e uma elevação de um dado objeto devem sempre ser consistentes. As dimensões não podem ser manipuladas (adulteradas).

- III. Regras paramétricas para objetos que modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta diretamente a uma parede, um interruptor se localizará automaticamente próximo ao lado da porta, uma parede automaticamente se redirecionará para se juntar a um teto ou telhado, etc.
- IV. Os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Desta forma, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, o peso de toda a parede também deve mudar.
- V. Regras dos objetos podem apontar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, etc.
- VI. Conjuntos de atributos vinculados, recebidos, divulgados e/ou exportados, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia, dentro outros, para outras aplicações e modelos.

Manzione (2013), no que lhe diz respeito, salienta que a BuildingSmart, organização internacional com intuito de melhorar o intercâmbio de informações entre softwares utilizados na indústria da construção - desenvolve e mantém padrões de trabalho em BIM de modo não proprietário, denominados “OpenBIM”. Esses padrões são possíveis graças a três conceitos básicos relacionados a dados, processos e termos, ilustrados pela Figura 4.



Figura 4. Conceitos básicos relacionados ao BIM (MANZIONE, 2013)

- Industry Foundation Classes (IFC): modelo de dados que permite a troca de informações entre diferentes softwares relacionados a um mesmo projeto.
- International Framework for Dictionaries (IFD): dicionário de dados que define qual informação do edifício será trocada e compartilhada.
- Information Delivery Manual / Model View Definition (IDM / MVD): manual que define quando e quais informações serão trocadas ou compartilhadas

#### 2.3.2.3. Industry Foudation Classes (*IFC*)

Conforme Manzione (2013), o modelo IFC foi desenvolvido pela empresa BuildingSmart. O Autor menciona que esse foi registrado pela International Organization for Standardization (ISO) e encontra-se em processo de se tornar norma oficial. O IFC, segundo dados da BuildingSmart (2016), é um esquema de dados de tradução em formato “não proprietário”, neutro e unificado para o Building Information Modeling (BIM), que permite manter e trocar informações relevantes entre diferentes aplicativos.

Andrade e Ruschel (2009) ressaltam que o IFC tem foco em produtos e processos, e a sua contribuição acontece na arquitetura, engenharia, construção e no ramo de Facility Management. Por ser um software livre, o IFC é neutro e independente de empresas particulares. O esquema de dados funciona como

uma espécie de tradutor dos softwares disponíveis no mercado. Por meio dele, é possível obter uma linguagem comum entre os diversos aplicativos, ou seja, é possível a troca de informações entre os profissionais envolvidos no projeto/empreendimento, independente do software escolhido.

Assim sendo, ocorre a interoperabilidade, entendida por Manzione (2013) pela capacidade de um software se comunicar de forma direta e transparente com outro software, conforme Figura 5.

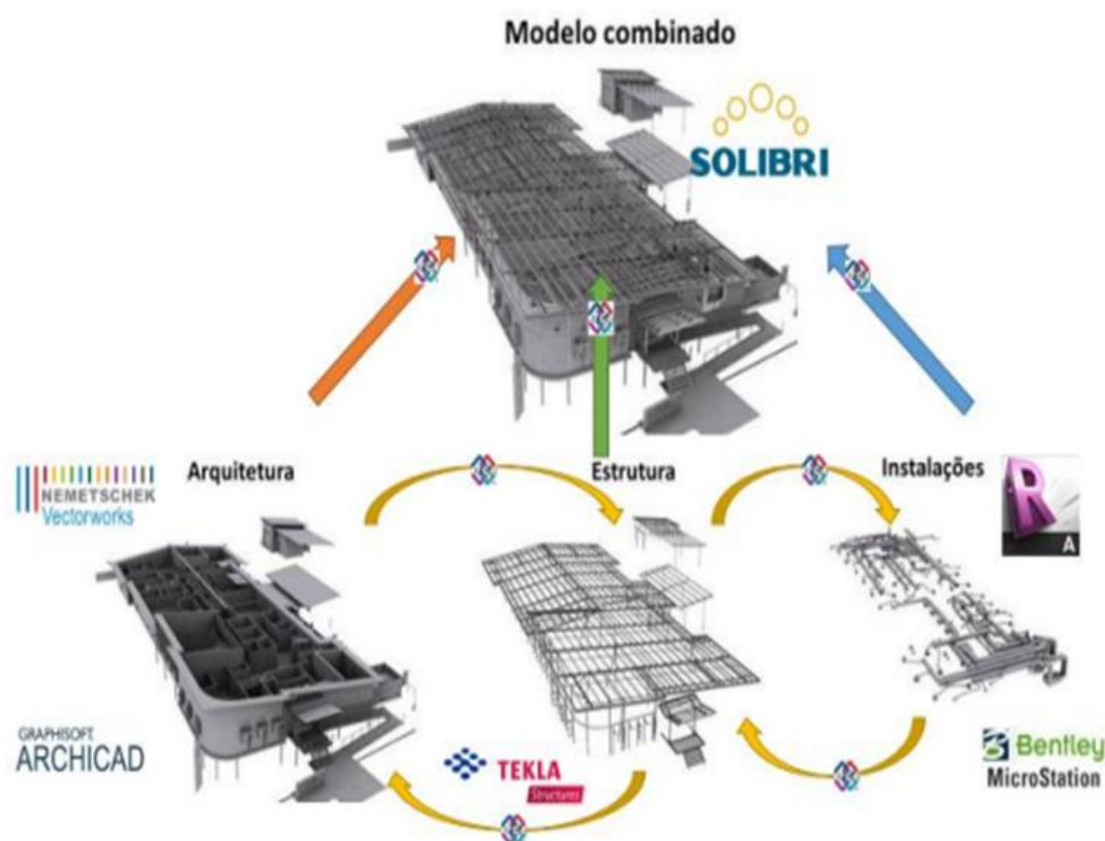


Figura 5. Formas de comunicação entre softwares (OPEN BIM, 2017)

Uma boa interoperabilidade a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos de projeto (ANDRADE e RUSCHEL, 2009). A Figura 6, ilustrada a seguir, baseia-

se de analogias para explicação do processo de comunicação entre softwares, considerando-se diversas línguas faladas no mundo.

a) No primeiro exemplo, é possível notar que todos os envolvidos falam todas as línguas, se comparado aos softwares, para haver interoperabilidade, todos os programas devem ser compatíveis entre si, o que requer atualizações constantes dos sistemas.

b) Já no segundo exemplo, todos os envolvidos falam a mesma língua, tal situação torna-se possível apenas quando todos os aplicativos têm a mesma origem, ou seja, utilizam o mesmo software.

c) No terceiro, a última analogia assemelha-se à proposta do IFC, no qual todos programas falam línguas diferentes e a comunicação é feita por meio de um tradutor.



Figura 6. Explicação do conceito de interoperabilidade (MANZIONE, 201)

O IFC está em constante evolução. Por ser uma plataforma neutra, colabora com os conceitos defendidos pelo OpenBIM. O esquema IFC é extensível e compreende informações cobrindo as muitas disciplinas que contribuem para um edifício durante seu ciclo de vida: desde a concepção, o projeto, a construção até a reforma ou demolição (MANZIONE, 2014).

#### 2.3.2.4. Industry Framework for Dictionaries (IFD)

Segundo a BuildingSmart, o International Framework for Dictionaries (IFD) pode ser entendido como um catálogo e/ou dicionário de objetos. Tal ferramenta possibilita a padronização do projeto para que todos os participantes tenham acesso às mesmas especificações de produtos e serviços, ou seja, a um banco de dados único. O citado sistema reúne bases de dados existentes com informações da construção baseado na BuildingSmart.

#### 2.3.2.5. Information Delivery Manual / Model View Definition (IDM / MVD)

De acordo com Berard e Karlshoej et al (2011 apud Manzione, 2013) a IDM pode ser compreendida tanto como produto, para registro da informação que precisa ser trocada para a execução de uma tarefa em determinado processo, quanto como método, para modelar e estudar a reengenharia de processos, ou seja, para capturar e especificar os processos de negócios durante o ciclo de vida da edificação. Em conformidade com os dados da BuildingSmart, a IDM requer estudo aprofundado dos seguintes pontos:

1. Processos de negócios que ocorrerão entre os agentes.
2. Ferramentas BIM que poderão ser usadas.
3. Capacidade e limitação da IDM em relação à especificação dos seus arquivos em IFC.

Os mapas de processos da IDM, segundo a BuildingSmart, têm como objetivo descrever o fluxo de atividades de um processo de trabalho com o propósito de esclarecer e unificar o conhecimento de todos os agentes integrados na forma como o trabalho é desenvolvido. Os mapas devem conter os seguintes tópicos: objetivo, entradas de informação, saídas de informação, conjunto de atividades, pontos de tomada de decisão. Enquanto manual para a troca e

compartilhamento de informações, a IDM é de importância fundamental para estudos de processos de licitação e contratações de obras. Essa ferramenta deverá ser utilizada para documentar a informação que precisa ser trocada para a execução de uma tarefa em processo (produto) e para a modelagem e o estudo da reengenharia dos processos.

#### 2.3.2.6. Conceito de LOD - Nível de desenvolvimento do modelo

A abreviação LOD antes referia-se ao termo Level of Detail, traduzido como Nível de Detalhe. Recentemente, com o avanço da tecnologia BIM, de seu uso e de sua abrangência, este termo refere-se a Level of Development, traduzido como Nível de Desenvolvimento. Segundo o BIMForum (2018), há diferenças importantes entre os dois termos. Level of detail é essencialmente o quanto de detalhe está incluso em um elemento do modelo. Level of development, por sua vez, refere-se ao grau de conhecimento sobre a geometria do elemento e informações agregadas que foi elaborado durante o processo de modelagem.

Oliveira (2016), diferencia os conceitos de Level of Development e Level of Detail, de acordo com o Autor o nível de desenvolvimento pode ser descrito como o nível de detalhe inserido no início da elaboração do modelo somando ao nível de informação adicionado durante o processo de modelagem.

O nível de desenvolvimento é definido de acordo com o grau de informação e detalhe que um elemento é capaz de oferecer para consulta. Este será escolhido com base na necessidade e fase do projeto. Não existe necessidade de criar um elemento totalmente detalhado na fase de concepção; tampouco é aconselhável trabalhar com base em um projeto que possui elementos com pouco nível de desenvolvimento na fase de construção.

De acordo com Oliveira (2016), é importante ressaltar que não há um modelo de um projeto com um determinado nível de desenvolvimento, visto que

em um mesmo modelo haverá elementos e montagens com diferentes níveis de desenvolvimento.

Por conta deste fato, o BIMForum, uma organização dos Estados Unidos cujo foco é a exploração da tecnologia e a garantia da inovação e aperfeiçoamento através do BIM, desenvolveu um guia de referência chamado Level of Development Specification.

De acordo com o guia, os níveis de desenvolvimento de diferentes tipos de elementos que podem haver em uma modelagem, são classificados em 100, 200, 300, 350 ou 400. Abordam também o nível 500, sendo o nível referente ao que existe em campo do objeto construído, ou seja, o “as-built”.

Classificações existem para definir o nível de desenvolvimento dos elementos, ainda que diferentes instituições e organizações podem se diferenciar na composição desta definição. O Quadro 1 mostra a definição dos níveis de desenvolvimento de 100 a 500, conforme apresentou BIM Information (2017). A Figura 7 ilustra os diferentes níveis de desenvolvimento pela definição do BIMForum (2017).

| PAS-1192-2 | AIA-G202-2013 | BIM Forum | SC-Caderno BIM |                          | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------|---------------|-----------|----------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LOD 1      |               |           | ND 0           | Levantamento de dados    | Levantamento de Informações, programa de necessidades. Apenas informações não gráficas.                                                                                                                                                                                                                 |
|            |               |           |                | Programa de Necessidades |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|            |               |           |                | Estudo de Viabilidade    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| LOD 2      | LOD 100       | LOD 100   | ND 100         | Estudo Preliminar        | Estudo de volumetria da edificação. Estimativas de custos para construção.                                                                                                                                                                                                                              |
| LOD 3      | LOD 200       | LOD 200   | ND 200         | Anteprojeto              | Elementos do Modelo genericos contendo informações aproximadas de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas podem constar no modelo.                                                                                                                               |
| LOD 4      | LOD 300       | LOD 300   | ND 300         | Projeto Legal            | Elementos do Modelo de projeto contendo informações precisas de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas podem constar no modelo.                                                                                                                                 |
|            |               | LOD 350   | ND 350         | Projeto Básico           | Coordenação de conflitos entre disciplinas. Informações não-gráficas podem constar no modelo.                                                                                                                                                                                                           |
| LOD 5      | LOD 400       | LOD 400   | ND 400         | Projeto Executivo        | Elementos do Modelo e projeto contendo informações precisas de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Coordenação de conflitos entre disciplinas. Detalhes para fabricação, montagem e instalação. Planejamento e Orçamento do Modelo. Informações não-gráficas podem constar no modelo. |
| LOD 6      | LOD 500       | LOD 500   | ND 500         | Licitação da Obra        | Elementos do Modelo de projeto preciso de acordo com a execução (As-Built) contendo quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas podem constar no modelo.                                                                                                             |
|            |               |           |                | Contratação da Obra      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|            |               |           |                | Obra Concluída           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| LOD 7      |               |           |                |                          | Registro de atualização incorporando quaisquer alterações que ocorreram desde a entrega, incluindo dados de desempenho, condições e informações necessárias para Operação e Manutenção.                                                                                                                 |

Quadro 1. Definição dos níveis de desenvolvimento (BIM INFORMATION, 2017)

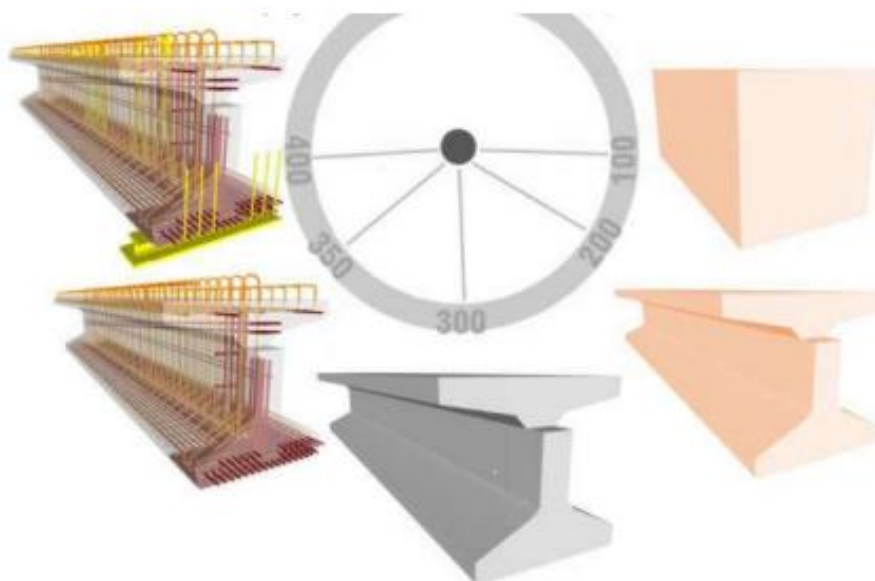


Figura 7. Níveis de desenvolvimento LOD (BIMFORUM, 2016)

#### 2.3.2.7. Softwares BIM

De acordo com Vendramini (2012), existem disponíveis no mercado softwares BIM de diversas empresas, tais como, ArchiCad da Graphisoft, o Bentley Architecture da Bentley Systems, o Vector Works da Nemetscheck e o Revit da Autodesk (um dos softwares de design mais difundidos do mercado), sendo que todos estes possibilitam com um formato de arquivos de dados de arquitetura aberta, uma linguagem comum para que haja troca entre os diversos modelos, conhecida como *IFC (Industry Foundation Classes)*.

O Revit foi desenvolvido para a Modelagem da Informação da Construção, o qual inclui recursos para projeto de arquitetura, de engenharia estrutural e de construção (CADS, 2015).

Com intuito de integrar todos os projetos, a Autodesk criou além do Revit Architecture de modelagem 3D, o Revit MEP de instalações hidráulicas e elétricas, Revit Structure de estruturas e Revit LT que é um software econômico de BIM (AUTODESK, 2016).

Justi (2008) salienta que nesses modelos, todas as folhas de desenhos, vistas 2D e 3D e tabelas consistem em representações das informações do modelo de construção. Em outras palavras, enquanto se utiliza as tabelas e desenhos, o software automaticamente coleta essas informações sobre o projeto e distribui as mesmas para as outras representações. Assim sendo, o mecanismo de alteração paramétrica do Revit dispensa o trabalho manual (AUTODESK, 2016)

O programa é dividido em famílias de objetos da construção como, por exemplo, portas, pisos, paredes, revestimentos, etc. Cada elemento desses, tem suas propriedades paramétricas fixas, onde o usuário pode somente modificar valores. Entretanto, em alguns casos de elementos com fórmulas embutidas que remetem a um comportamento do objeto modelado, é possível

dizer que o elemento é inteligente, porque age conforme a parametrização definida pelo usuário de maneira prévia (AUTODESK, 2016).

A plataforma Revit apresenta diversas vantagens em relação aos modelos CAD, tais como: menores prazos de entrega de projetos; coordenação mais alinhada; redução de custos; maior produtividade devido ao uso de um único modelo digital; trabalho de maior qualidade devido a integração entre equipes. Dessa forma, projetos que usam a plataforma Revit Building possuem uma maior vantagem competitiva, pois, fornecem melhor coordenação e qualidade e ainda contribuem para uma maior interação entre a equipe de engenheiros, arquitetos e demais componentes (JUSTI, 2008).

#### 2.4. *LEAN PRODUCTION*

De acordo com Formoso (2002), os princípios *Lean Production* surgiram na indústria automotiva do Japão nos anos 50, a partir de algumas filosofias, a Gestão da qualidade total (TQM), o Just in Time (JIT) e o Sistema Toyota de Produção. O termo “enxuto” foi adotado visando caracterizar este novo paradigma de produção, que em comparação ao paradigma anterior da produção em massa, utiliza a redução de aspectos como:

- esforço dos operários em fábrica; espaço de fabricação;
- investimento em ferramentas;
- e horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo.

Os princípios básicos do Sistema Toyota de Produção englobam: a eliminação dos estoques; a redução de setup (tempo para execução de um processo completo); máquinas semiautônomas; cooperação com os fornecedores; e entre outras (KOSKELA, 1992).

### 2.4.1. FERRAMENTAS LEAN

O pensamento enxuto baseia-se na eliminação de desperdícios, em busca deste, diversas técnicas e ferramentas foram desenvolvidas, tais como (PICCHI, 2001).

- Mapeamento do fluxo de valor (MFV): ferramenta essencial ao *Lean*, permite com que as empresas sejam capazes de enxergarem todo o fluxo de valor de seus processos. O mapeamento é uma ferramenta de planejamento, gerenciamento de mudanças e comunicação, o mesmo direciona as tomadas de decisões das empresas em relação ao fluxo, possibilitando assim o ganho de desempenho em seus processos.

- Padronização: método utilizado para indicar procedimentos para execução das tarefas de um determinado processo, com intuito de que os resultados almejados possam ser atingidos e mantidos. A variabilidade dos processos produtivos pode ser evitada caso as atividades sejam executadas de maneira padronizada, entre turnos, equipes, contribuindo assim para a redução de custos, com a qualidade e o cumprimento de prazos.

- *Kanban*: traduzido do japonês como “sinal”, é o sistema de comunicação do just-in-time, é uma forma de organizar o trabalho, definindo o que, quanto, quando e como produzir. Ele funciona como um sinalizador entre cliente e fornecedor, coordenando a produção de acordo com a demanda através de um controle visual dos processos, melhorando a produtividade e minimizando desperdícios. Um exemplo de *Kanban* é o Trello, uma ferramenta de gestão de projetos em listas versáteis, facilmente ajustadas de acordo com as necessidades dos usuários, podendo ser utilizada por um único indivíduo como também para trabalhos em equipe (TRELLO, 2018).

- Kaizen: este termo japonês possui significado de melhoria contínua, é uma metodologia para alcance de melhorias rápidas. O Kaizen deve ser utilizado quando fontes de desperdícios forem identificadas, bem como quando o escopo do

problema está claramente definido e quando o risco de implementação é mínimo. Os resultados devem ser obtidos de maneira imediata.

#### **2.4.2. LEAN CONSTRUCTION**

Partindo dos princípios do Sistema Toyota de Produção, cujas qualidades eram inquestionáveis, o pesquisador finlandês Lauri Koskela apresentou, em 1992, pelo Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), ligado à Universidade de Stanford, o trabalho *Application of the New Production Philosophy to Construction* adaptando os conceitos da produção em série da Toyota para a construção civil, baseado em produção sem geração de estoques e desperdícios, esse conceito foi denominado *Lean Construction*.

A produção não poderia gerar estoques nem desperdícios devido ao fato de que o Japão ainda se recuperava das tragédias ocorridas na segunda guerra mundial, os recursos eram escassos e precisavam ser devidamente controlados. Enquanto a Ford produzia em massa, a Toyota produzia somente o solicitado pelos clientes (ARANTES, 2008).

Segundo Salles (2010), para que o modelo da *Lean Construction* funcione da forma adequada, é essencial que as construtoras exerçam um excelente nível de gerenciamento e compatibilização de projetos, de maneira a evitar eventuais retrabalhos.

Para Koskela (1992), os princípios do *Lean* para a construção civil foram criados para beneficiar o setor com um sistema de gestão de qualidade de sucesso, como foi o Sistema Toyota de Produção. Este trabalho tornou-se um marco nos esforços de acadêmicos para estender os benefícios de produção enxuta para o setor da construção civil. Essa nova filosofia de geração de valores é conceituada em uma produção sem geração de estoques e desperdícios e recebeu o nome de *Lean Construction* ou Construção Enxuta.

O modelo proposto por Koskela (1992), admite que um processo está ligado a um fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final. Este modelo da *Lean Construction*, é composto por atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. Atividades que não agregam valor ao produto final são denominadas atividades de fluxo, são elas: Transporte, espera e inspeção. Encontra-se abaixo a Figura 8, que ilustra o modelo citado.

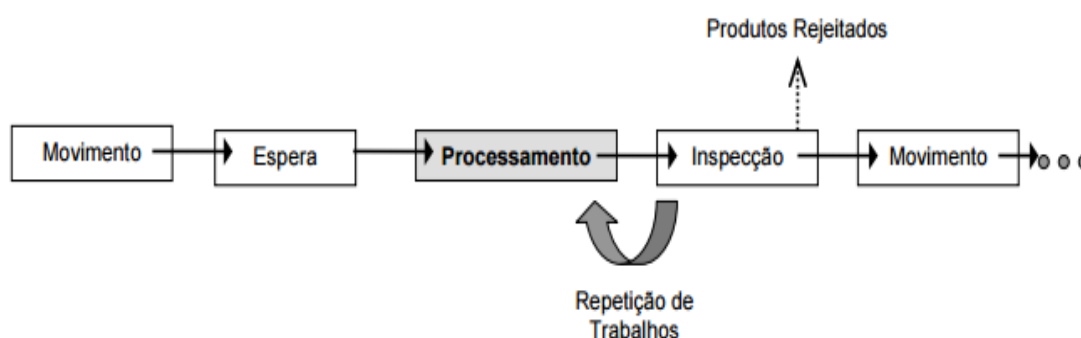


Figura 8. Modelo de processo de *Lean Construction* (KOSKELA, 1992)

Analisando o processo de fluxos, é possível identificar as causas que originam problemas, e então definir os objetivos para solucioná-los. Koskela (1992) recomenda para melhorar a qualidade na produção, projetar ou dar prioridade a processos que tenham pouca variabilidade, estabelecer mecanismos identificadores e corretores de eventuais defeitos, e promover procedimentos para que as especificações sejam definidas para cada atividade.

Koskela (1992), apresenta onze princípios da *Lean Construction* para projeto e melhoria de fluxo de processo, são eles:

- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
- Aumentar o valor do produto pela consideração das necessidades dos clientes;
- Reduzir a variabilidade;
- Reduzir o tempo de ciclo;
- Simplificar reduzindo o número de passos ou partes;

- Aumentar a flexibilidade de saída;
- Aumentar a transparência do processo;
- Focar o controle no processo global;
- Introduzir melhoria contínua no processo;
- Manter um equilíbrio entre melhoria nos fluxos e nas conversões;
- *Benchmarking*.

## 2.5. BIM E LEAN

Sacks et al. (2010) propõe interações entre BIM e *Lean Construction*. Dado o comprometimento de BIM para com resultados que a aplicação dos princípios da construção enxuta entrega, existe grande potencial de melhoria em empreendimentos de construção. Mesmo sendo independentes entre si, BIM e *Lean Construction*, podem ser utilizadas juntas para potencializar benefícios que ambos oferecem.

Dessa forma, ambos buscam a redução de desperdícios e agregação de valor ao cliente. Por um lado, a construção enxuta visualiza a produção como um fluxo e reduz desperdícios em todo o processo produtivo. Do outro, BIM integra processos, melhora a comunicação, pode aperfeiçoar processos de produção e planejamento, tornando o controle mais facilitado GARRIDO (2015).

Sacks et al. (2010) apresentam uma lista organizada para analisar as interconexões entre BIM e *Lean*:

- Redução da variabilidade: a variabilidade deve ser combatida por meio de controle, pois tende a incorporar atividades que não agregam valor, a mão de obra deve ser treinada em procedimentos padrão (MENDES Jr. et al. 2014);
- Redução dos tempos de ciclo: o tempo de ciclo é a soma de todos os tempos para produzir um determinado produto, desde transporte, espera, processamento e inspeção.

- Diminuição dos fluxos e busca de melhorias na conversão. Um exemplo é o aprendizado da mão de obra que pode ser responsável na redução do tempo de ciclo (MENDES Jr. et al. 2014);

- Aumento da flexibilidade: a flexibilidade reduz os tempos de ciclo e também simplifica o sistema de produção. Na construção, equipes multiqualificadas alcançam este objetivo;

- Seleção de uma abordagem de controle de produção apropriada: em um sistema puxado, uma atividade produtiva é provocada pela demanda de uma estação de trabalho.

- O sistema puxado veio para ser associado ao *Lean*. A nivelção da produção facilita as operações de um sistema puxado;

- Padronização: a padronização do trabalho é a base para a melhoria contínua e para a capacitação dos funcionários;

- Instituição da melhoria contínua: quando se controla os processos, tornam-se possíveis as críticas das atividades e assim a busca pela melhoria contínua (ciclo PDCA);

- Decisão por consenso: ao aumentar o círculo de decisores, pode ser assegurada uma base de conhecimento maior. Ao ampliar o número de opções, a probabilidade de encontrar a melhor solução é aumentada.

## 2.6. GESTÃO DA QUALIDADE

O conceito de qualidade de um produto pode ser definido como a satisfação total dos clientes externos e internos. O ciclo da qualidade na construção inicia-se no momento em que as necessidades do usuário são identificadas, seguido das fases de planejamento e projeto, assim como a fabricação dos materiais e componentes da necessidade do usuário. Posteriormente inicia-se a fase de execução de obras e, por fim, o uso, operação e manutenção (SOUZA, 1995).

Um dos maiores indicadores de não-qualidade é o desperdício, que pode se manifestar de diversas maneiras dentro de uma construtora. Exemplos se dão quando ocorrem falhas ao longo do processo de produção, com a perda de materiais que podem sair da obra em forma de entulho ou ficar agregados a ela sem nenhuma função. Consequente também das falhas no processo, está o retrabalho feito para correção dos serviços em não-conformidade com o especificado. As falhas nos processos gerenciais e administrativos da empresa afetam diretamente no desperdício, como no caso de compras de materiais baratos, porém sem qualidade, ou por deficiência nos sistemas de comunicação da empresa, por contratações e treinamentos inadequados, pelo atraso de obra, ou até mesmo nos casos de obras já acabadas, as falhas evidenciadas pós-ocupação, caracterizadas por patologias construtivas acarretam em mais desperdícios (SOUZA, 1995; MORAES, 2012).

De uma forma geral, os benefícios esperados em uma empresa a partir da implantação de um programa de gestão da qualidade, podem ser resumidos na redução de custos operacionais, na melhoria da qualidade dos produtos e no aumento da competitividade. (SOUZA, 1995; MORAES, 2012).

Uma das formas de provar a diferenciação diante do mercado e garantir um alto padrão de qualidade de seus produtos e serviços é possuindo um sistema de gestão focado no planejamento, atendimento aos requisitos especificados e, sobretudo, na melhoria contínua dos processos produtivos, tornando os negócios da empresa, além de rentáveis, sustentáveis (FARIA & ARANTES, 2012).

Empresas de sucesso devem obrigatoriamente estar atualizadas com as mudanças de mercado e da sociedade como um todo. Tal postura possibilita o monitoramento das necessidades e tendências dos consumidores, que devem ser o centro das atenções, permitindo assim que os objetivos e as atitudes das organizações estejam em conformidade com os anseios dos clientes (OLIVEIRA, 2001).

De acordo com Oliveira (2001), para que isso aconteça, as empresas devem aperfeiçoar continuamente os seus sistemas de gestão da qualidade, preconizando um sistema contínuo de aprimoramentos na organização, onde todos os funcionários - alta administração, gerentes e operários, devem se envolver com a evolução e melhoria do sistema.

### **2.6.1. FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

Conceitualmente, as ferramentas para gestão da qualidade são mecanismos para selecionar, implantar ou avaliar alterações no processo produtivo por meio de análises objetivas das partes do processo, sendo o principal objetivo das alterações a geração de melhorias nos processos. De forma alguma a ferramenta gera por si só a melhoria, tampouco implanta as alterações, mas, sim, orienta o usuário a conhecer, passo a passo, como ocorrem as mudanças nas operações dos processos (CARVALHO, 2012).

São apresentadas a seguir algumas das ferramentas que auxiliam na identificação e análise de problemas técnicos e operacionais e que podem ser implementadas em um sistema de gestão de qualidade em uma empresa, são elas: *Brainstorming*, Gráfico Radar e Matriz de Decisão (SOUZA, 1995).

#### **2.6.1.1. *Brainstorming***

Brainstorming, traduzido ao português “tempestade de ideias”, é uma ferramenta da qualidade utilizada para gerar ideias sobre determinado assunto, em um espaço determinado de tempo (PEINADO e GRAEML, 2007).

Coraiola (2001) complementa que *brainstorming* se trata da geração rápida de ideias de forma participativa e livre, realizada através de reuniões com um grupo de seis a 12 participantes, objetivando a exposição da maior quantidade de opiniões possíveis, para que então tais opiniões sejam julgadas e classificadas.

Segundo Peinado e Graeml (2007), os cinco passos para geração de ideias através do *brainstorming* são:

- Definir e expor claramente para o grupo participante da reunião, qual será o assunto discutido;
- Deixar uma pessoa responsável pelo registro das ideias expostas durante a reunião, este deve dar preferência pela redação original daquele que manifestou a ideia;
- Fazer com que cada integrante do grupo consiga expor suas ideias, e que as mesmas não sejam criticadas, a fim de evitar inibições e bloqueios, e surjam o maior número de ideias possíveis;
- Desenvolver o processo até que todos do grupo tenham exposto as suas ideias, no brainstorming quantidade gera qualidade, quanto mais ideias surgirem, melhor;
- Estando todas as ideias expostas pelos membros do grupo, as mesmas poderão ser criticadas e esclarecidas, podendo aquelas potencialmente boas serem aperfeiçoadas e implementadas.

#### 2.6.1.2. Gráfico Radar

O Gráfico Radar, é um método geométrico desenvolvido por Masaaki Miyamoto e divulgado por Albach (1987), mais do que um procedimento que expressa e compara o desempenho de empresas e entidades econômicas, representa um notável avanço no ferramental disponível para o controle gerencial.

Ornstein (1989), observa que, como instrumento de visualização do desempenho para comparações entre situações diferentes, o Gráfico Radar é materializado em um polígono no qual suas diagonais constituem coordenadas nas quais se registram os índices de balanço, do mercado, etc., sendo estes considerados como relevantes para criação de uma imagem do desempenho.

De acordo com Ornstein (1989), a área do polígono assim gerado mede o desempenho da entidade através de uma comparação com os gráficos obtidos por empresas do mesmo ramo ou até de um universo maior de entidades com características econômicas semelhantes.

De acordo com Santana e Paredes (2015), deve-se definir dimensões (critérios) para serem avaliados, uma das maneiras é com a atribuição de escores variando de 1 a 5 para cada dimensão, conforme ilustra a Figura 9.



Figura 9. Gráfico Radar (SANTANA E PAREDES, 2015)

#### 2.6.1.3. Matriz de Decisão

De acordo com AUCTUS (2018) a Matriz de Decisão é uma ferramenta destinada ao apoio em decisões. A utilização da ferramenta permite a abordagem de uma análise que considera todos os aspectos relevantes à sua modelação. As premissas para montagem da Matriz de Decisão são as seguintes:

- Definir a pergunta de pesquisa
- Listar os critérios que fundamentarão as escolhas
- Listar as diversas alternativas, dentre as quais se necessita fazer a escolha
- Construir uma tabela cruzando esses dados

- Estabelecer uma escala de avaliação e caso necessário atribuir pesos para cada critério

Com intuito de ilustrar a estruturação de uma Matriz de Decisão, o Quadro 2 exemplifica o mencionado.

|                    |              | <b>Alternativas</b> |         |         |
|--------------------|--------------|---------------------|---------|---------|
| <b>Critérios</b>   | <b>Pesos</b> | Lucas               | Eduardo | Gabriel |
| Defesa             | 2            | 8                   | 7       | 3       |
| Comprometimento    | 1            | 8                   | 10      | 1       |
| Velocidade         | 5            | 3                   | 6       | 10      |
| Soma (peso x nota) |              | 39                  | 49      | 57      |

Quadro 2 Análise da Matriz de Decisão (AUCTUS,2018)

Essa matriz foi elaborada para definir qual atleta deveria ser escalado para a equipe. Por conta da definição dos pesos para os critérios, o atleta Gabriel mesmo sendo menos habilidoso, foi considerado como a melhor escolha para a equipe (AUCTUS, 2018).

## 2.7. CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como intuito a situação do leitor perante aos principais conceitos de empreendimentos, estudo de viabilidade, projetos, BIM e *Lean Construction* e como ambos se relacionam.

No capítulo a seguir apresentamos os procedimentos metodológicos utilizados para desenvolvimento do presente projeto de pesquisa.

### 3. ESTUDO DE CASO

Foi realizado um estudo de caso de um empreendimento de edifício vertical de 5 blocos, 4 pavimentos, 160 unidades residenciais de 2 quartos enquadrado no programa Minha Casa Minha Vida. Em um terreno de forma irregular com 11.622,98m<sup>2</sup> de área e contendo nos fundos uma Área de Preservação Permanente.

A negociação e desenvolvimento foi conduzido entre os interessados, construtora, e o contratado para realizar o serviço, escritório de projetos. Na situação de uma solicitação de estudo de viabilidade em um terreno angariado pela interessada.

O estudo aconteceu em dois momentos, sendo o primeiro no método tradicional, já executado em 2D, mas todo o processo e documentos gerados serão apresentados e analisados, e o segundo no método BIM e *Lean*, elaborado especificamente para esse trabalho de conclusão de curso. Ambos vão seguir o seguinte fluxo de desenvolvimento apresentado na Figura 10.

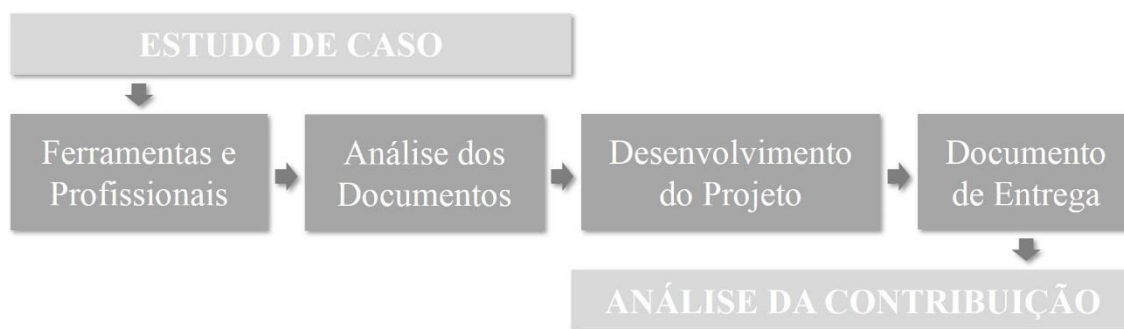


Figura 10. Fluxo de desenvolvimento e análise do estudo de caso (AUTORES, 2019)

Será analisado e descrito principalmente os seguintes quesitos:

- Envolvimento de equipe multidisciplinar;
- Comunicabilidade;
- Ferramentas utilizadas;

- Input e acessibilidade das informações iniciais;
- Cumprimento da legislação e normas;
- Consideração dos Elementos ambientais
- Estudo de insolação;
- Previsão de infraestrutura e instalações;
- Aplicação da padronização;
- Assertividade técnica construtiva;
- Previsão do canteiro de obras;
- Exploração do terreno natural;
- Apresentação de resultados;

No presente estudo de caso, em nenhum dos métodos, não será analisada a qualidade projetual e conceitual de projeto, mas sim a contribuição do sistema 2D e BIM e *Lean* no processo de concepção da viabilidade, desde o recebimento de documento, análise de informações, tomadas de decisão, envolvimento multidisciplinar dos profissionais interessados, relação de entregáveis até a apresentação de entrega ao cliente.

O cliente inicialmente preencheu um formulário padrão com o escopo, informações básicas do terreno, documentos disponíveis, prazo, requisitos de projeto e programa de necessidades, que consiste nas características e elementos mínimos que o estudo precisa atender. Além da legislação, parâmetros urbanísticos e normas, é necessário também tornar-se viável economicamente, exequível e compatível com as expectativas dos interessados. A Figura 11 ilustra o formulário utilizado para levantamento de dados.

|                              |               |                                     |                |                        |             |
|------------------------------|---------------|-------------------------------------|----------------|------------------------|-------------|
| <b>ESTUDO DE VIABILIDADE</b> |               | CLIENTE/RESPONSÁVEL:                |                |                        |             |
|                              | ARQUITETÔNICA | SOLICITADO EM                       | DATA DE INICIO | DATA DE TERMINO        | ATENDIDO EM |
|                              | ECONÔMICA     | REFERENTE: (Nome do Empreendimento) |                | USO DO EMPREENDIMENTO: |             |

|                         |  |                 |  |
|-------------------------|--|-----------------|--|
| <b>TERRENO</b>          |  |                 |  |
| Endereço:               |  | Número Predial: |  |
| Cidade:                 |  | UF:             |  |
| Indicação Fiscal:       |  | Lote (s):       |  |
| Área do Terreno:        |  | Matricula:      |  |
| Diretriz de arruamento: |  | Zona:           |  |
| Vegetação:              |  | Hidrografia:    |  |

|                                    |                       |                          |  |
|------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--|
| <b>DOCUMENTOS DISPONIBILIZADOS</b> |                       |                          |  |
| Matricula                          | Guia Amarela          | Levantamento Topográfico |  |
| Localização                        | Relatório Fotográfico | Outro: Parecer do IAP.   |  |

|                           |  |                         |                   |
|---------------------------|--|-------------------------|-------------------|
| <b>BRIEFING</b>           |  |                         |                   |
| Densidade esperada:       |  | Sacada / Churrasqueira: | Jardim Privativo: |
| Densidade zoneamento:     |  | Vagas / Apart.:         | Pilotis:          |
| Área unidade (Privativa): |  | Vagas cobertas:         | Salão de Festas:  |
| Pavimentos:               |  | Ocupação:               | Piscina:          |
| Elevador:                 |  | Potencial Construtivo:  | Quadra:           |
| Apart./Pay.:              |  | Classe:                 | Terraço:          |
| Dormitórios:              |  | Nº Blocos:              | EIV:              |
| Observações:              |  |                         |                   |

Figura 11. Formulário para levantamento de dados (AUTORES, 2019)

Após esse documento preenchido e confrontado com a legislação pertinente, foi possível fazer uma análise prévia das informações, se o terreno somado as exigências estão aptas para seguir no estudo.

Também, possibilitou uma pesquisa de mercado, de acordo com a localização, para conhecimento dos produtos que estavam obtendo o melhor resultado de vendas e como as características promissoras serviriam de referência para o empreendimento a ser desenvolvido.

Os procedimentos e coleta de informações relatados até o momento foram aplicados para as duas etapas desse estudo de caso, pois independentemente

do método, nesse caso, o objetivo da viabilidade arquitetônica é o mesmo para ambos. Mas foram tratadas e imputadas no projeto de maneiras distintas e alinhadas com a proposta de cada método.

Para a realização das metodologias foi utilizado os seguintes documentos: Formulário de Viabilidade, Código de Obras (Legislação Municipal), Lei do Zoneamento (Legislação Municipal), Normas pertinentes, Relatório Fotográfico, Levantamento Topográfico, Guia Amarela e Matrícula do Imóvel.

### 3.1. FERRAMENTAS E PROFISSIONAIS

A partir das informações disponibilizadas pelos documentos do terreno e formulário contendo os requisitos de projeto, foi realizado o Estudo de Viabilidade no método tradicional, que consiste em desenho em duas dimensões de representação utilizando AutoCad, software da Autodesk, e com auxílio de um quadro de áreas gerado no Excel, Office.

O processo teve, do começo ao fim, o envolvimento de um profissional de arquitetura com o papel de gestor, executor e avaliador do projeto, com capacidade e experiência de interpretação de norma e legislação, conhecimento básico e superficial no quesito estruturas, instalações e infraestrutura.

Já no método BIM e *Lean* o estudo de viabilidade projetual se iniciou com uma equipe de arquitetura composta por dois arquitetos e dois estagiários de arquitetura, e foi elaborado no software Revit, da Autodesk. Mais profissionais foram envolvidos conforme desenvolvimento do projeto.

Para acompanhar e controlar essa multidisciplinariedade, foi utilizada a ferramenta Trello que se fundamenta no sistema *Kanban*, de forma colaborativa na gestão dos processos.

### 3.2. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS

Antes de iniciar o processo projetual, foi analisado os documentos disponibilizados para certificar que todos os itens necessários para continuidade do processo foram informados.

Em cada método essas informações foram utilizadas ou inseridas no projeto de maneira distinta.

### 3.3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

De acordo com o levantamento topográfico, no método tradicional, foi elaborada a base do terreno a ser trabalhado juntamente com os dados gerados na análise dos documentos.

Já no método BIM e *Lean*, iniciou-se o estudo tridimensional, com visualização volumétrica e informações da modelagem. No modelo foi inserido elementos ambientais, localização e orientação solar, para estudo da eficiência energética e delimitar áreas não edificáveis. Além disso foi parametrizado o quesito de terraplanagem.

Também nessa fase, no método que se propôs, houve o envolvimento dos profissionais de outras áreas e disciplinas para compatibilizar e colaborar no projeto.

### 3.4. DOCUMENTO DE ENTREGA

Nessa etapa os métodos geraram uma ou mais pranchas, apresentando de forma técnica e gráfica os resultados obtidos no desenvolvimento dos estudos, respeitando o padrão de visualização preestabelecido e o mínimo de conteúdo para visualização completa do cliente de acordo com o nível de detalhamento alcançado em cada momento do estudo de caso.

### 3.5. ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO

De maneira a proporcionar um melhor entendimento de como o desenvolvimento do projeto estudado se diferenciou entre os modelos 2D e 3D, foi utilizado três ferramentas da qualidade, sendo elas: Matriz de Decisão, Gráfico Radar e *Brainstorming*.

O *Brainstorming* teve papel fundamental na estruturação e definição dos parâmetros a serem estabelecidos para sequenciar e definir a maneira de elaboração da presente análise.

Durante a realização do *Brainstorming* entre os integrantes do presente estudo, a Matriz de Decisão foi construída através da definição do problema de pesquisa, dos critérios a serem comparados e avaliados em ambos os métodos, dos pesos que cada critério possui e das notas relativas ao impacto que cada critério dispõe no modelo estudado.

Em posse dos dados obtidos na Matriz de Decisão, com intuito de elucidar e comparar de maneira mais efetiva os resultados, elaborou-se Gráfico de Radar com os escores atingidos em ambos os modelos.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No decorrer deste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante o desenvolvimento do presente trabalho.

### 4.1. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS

Com todos os arquivos adequados, documentos atualizados e resultados da pesquisa imobiliária que gerou a área privativa que seria aplicada no estudo, iniciou-se a disposição das áreas espacialmente.

No método tradicional, para as outras áreas foram determinadas setores correspondentes a cada requisito, previamente dimensionados de forma genérica, com área de acordo com o mínimo exigido na legislação e junto com o conhecimento técnico praticado em outros projetos semelhantes realizados anteriormente, conforme ilustra a Figura 12.

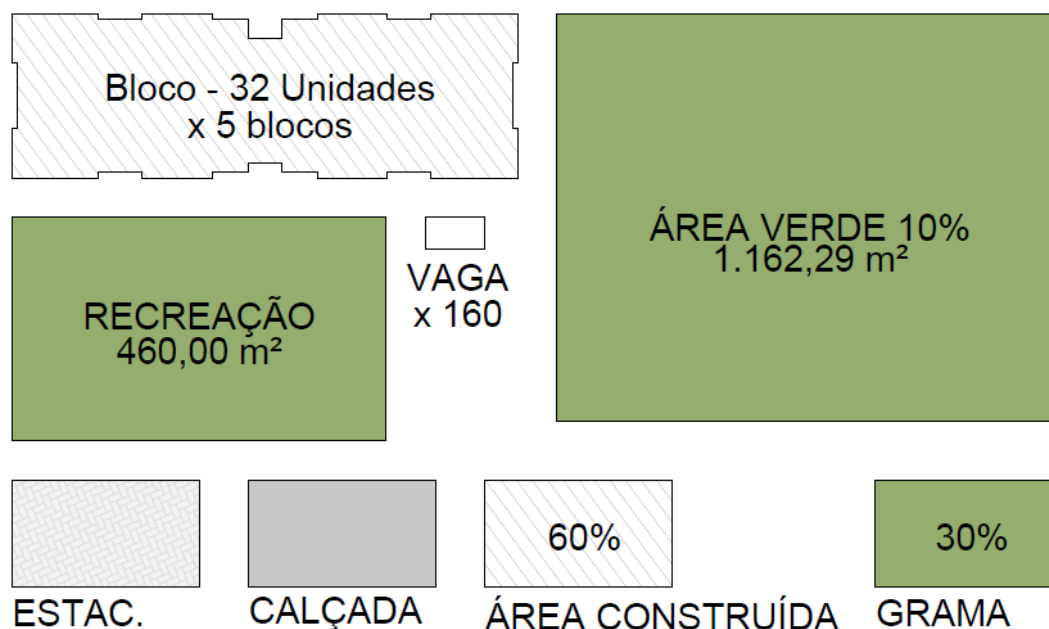


Figura 12. Dimensionamento prévio dos setores (AUTORES, 2019)

Por intermédio da setorização foi possível verificar se a área do terreno suportaria o programa de necessidades com os setores previamente dimensionados, e iria se adequando conforme fosse preciso.

No método BIM e *Lean*, já no software de desenvolvimento, no arquivo de trabalho foram adicionadas informações específicas do empreendimento, gerando um banco de dados que auxiliou, por estar sempre presente e acessível para consulta, na concepção do projeto e na determinação de setores, áreas com mínimos e usos predefinidos.

Para a gestão do processo, controle de qualidade e alocação de recursos utilizamos o aplicativo Trello, onde qualquer profissional da equipe pode acompanhar e tomar ciência dos dados e evolução do projeto em forma de *Kanban*, mas que pode ser adaptar conforme a necessidade, sendo possível criar checklist, notificações, campos personalizados, etc. Processo ilustrado na Figura 13.

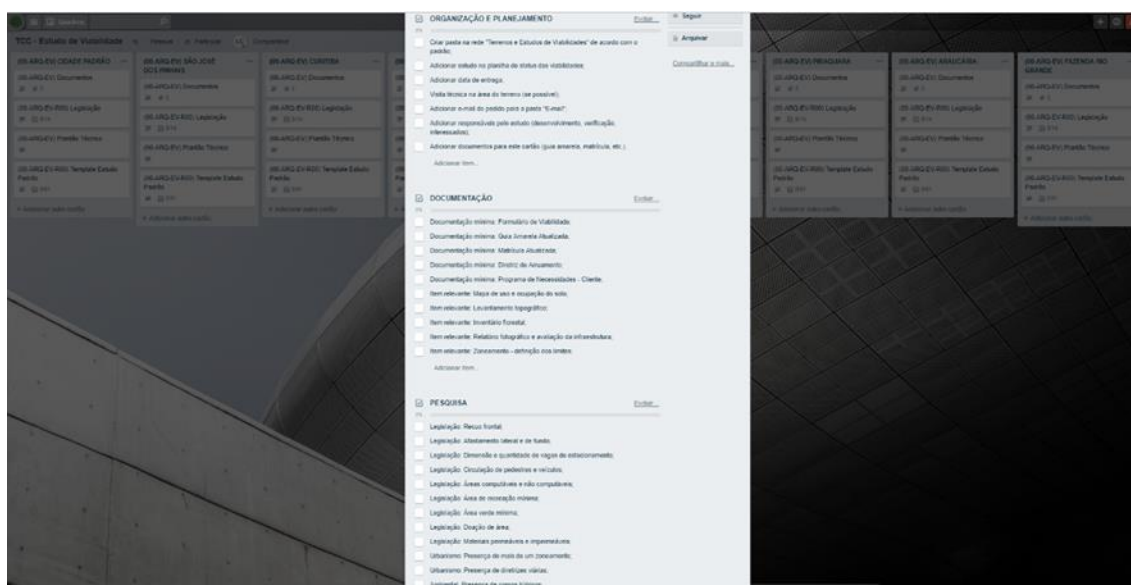


Figura 13. Modelo check-list– Modelo check-list (AUTORES, 2019)

Na ferramenta estruturou-se, inicialmente, todo o escopo do projeto em forma de quadros, em seguida, foram definidos cartões “marcos” de entrega já com seus responsáveis como membros, senão pela execução, pela validação da entrega. Dessa forma, possibilitando inserir listas de atividades específicas que precisariam

ser realizadas em cada etapa de projeto, que conforme fossem atualizadas ou alteradas, informariam toda a equipe.

No início, com a análise dos documentos, do estudo de viabilidade foram analisados documentos com dados do terreno. Os mais importantes e limitadores foram selecionados para auxiliar o processo e adicionados no modelo sendo informações do projeto, como por exemplo, zoneamento, parâmetros urbanísticos e área do terreno (Figura 14).

| Parâmetro                  | Valor     |
|----------------------------|-----------|
| <b>Texto</b>               |           |
| Área do Terreno            |           |
| Cliente/Responsável        |           |
| Data Atendimento           |           |
| Data de Término            |           |
| Data Início                |           |
| Data Solicitação           |           |
| Diretriz de Aproveitamento |           |
| Hidrografia                |           |
| Lote                       |           |
| Matrícula                  |           |
| Nome do Empreendimento     |           |
| Uso do Empreendimento      |           |
| Vegetação                  |           |
| <b>Dados de identidade</b> |           |
| Nome da organização        |           |
| Descrição da organização   |           |
| Nome da construção         |           |
| Autor                      |           |
| <b>Análise de energia</b>  |           |
| Configuração de energia    | Editar... |
| <b>Outros</b>              |           |
| Data de emissão do projeto |           |
| Status do projeto          |           |
| Nome do cliente            |           |
| Endereço do projeto        |           |
| Nome do projeto            |           |
| Número do projeto          |           |

Figura 14. Levantamento de documentações (AUTORES, 2019)

## 4.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

De acordo com o levantamento topográfico, no método tradicional, foi elaborada a base do terreno a ser trabalhado (Figura 15), com perímetro, delimitação das áreas verdes, orientação e curvas de nível. Em seguida, foi adicionado ao arquivo linhas de referências delimitando áreas de afastamento, recuo e faixas não edificáveis.

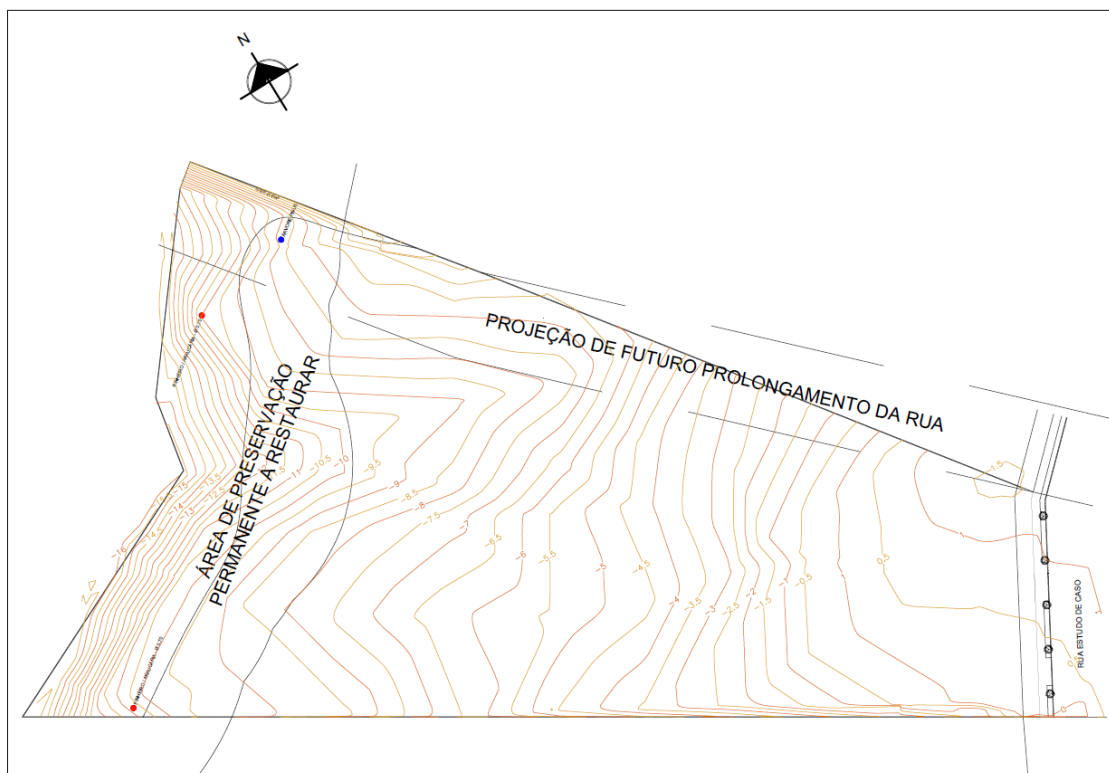


Figura 15. Terreno Base (AUTORES, 2019)

Ao mesmo tempo a planilha de cálculo padrão foi alimentada com as informações urbanísticas encontradas principalmente na guia amarela do terreno. Conforme o estudo foi sendo desenvolvido e gerando áreas, os números foram adicionados na planilha, assim, cruzando as informações extraídas da legislação com as obtidas no estudo, que poderia acusar erros ou incompatibilidade, caso alguma célula ultrapassasse o parâmetro da lei ou do cliente, assim a viabilidade precisava ser revisada (Figura 16).

Figura 16. Planilha de calcula para viabilidade (AUTORES, 2019)

A partir disso foi possível determinar os acessos ao empreendimento e distribuir na implantação os setores estipulados na fase de análise. Procedimento esse, realizado com o intuito de verificar se o programa de necessidade distribuído na forma espacial do terreno, atende o fluxo e funcionamento do empreendimento. Principalmente no que diz respeito a patamarização, foi estipulado níveis aproveitando o desnível do terreno acidentado, equilibrando o corte e aterro, mas inicialmente sem levar em consideração o enterramento do pavimento térreo, a acessibilidade e sem calcular as rampas de pedestres e veículos (Figura 17).



Figura 17. Setorização da implantação (AUTORES, 2019)

A orientação dos blocos e vagas de estacionamento foram resultados da tentativa de atingir o número mínimo de unidades residenciais estipulado pelo cliente, que apesar de não linear atende o requisito.

Após a análise dos documentos, no segundo momento com a tecnologia BIM e *Lean*, iniciou-se o estudo tridimensional, com visualização volumétrica e informações da modelagem. O levantamento topográfico fornecido resultou em uma nuvem de pontos, baseando-se nas curvas de nível especificadas em projeto, conforme representado na Figura 18.

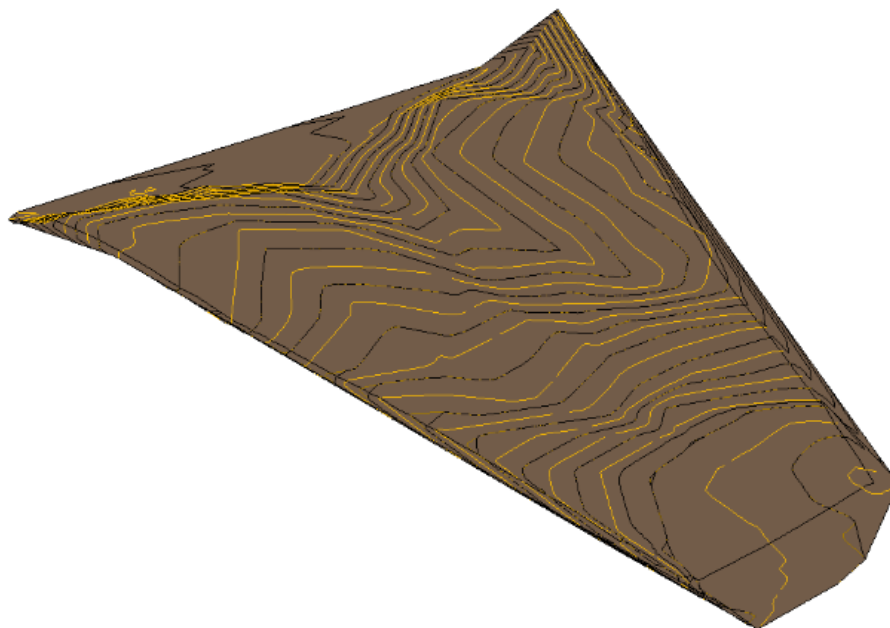


Figura 18. Modelagem topográfico (AUTORES, 2019)

Com o estudo do projeto notamos uma área de preservação permanente (APP) que não poderá ter intervenção (Figura 19). A nuvem de pontos foi desmembrada, separando a área preservada da área a ser projetada. Assim não corremos o risco de modificá-la com intervenções de platôs, arrimos e taludes propostos.

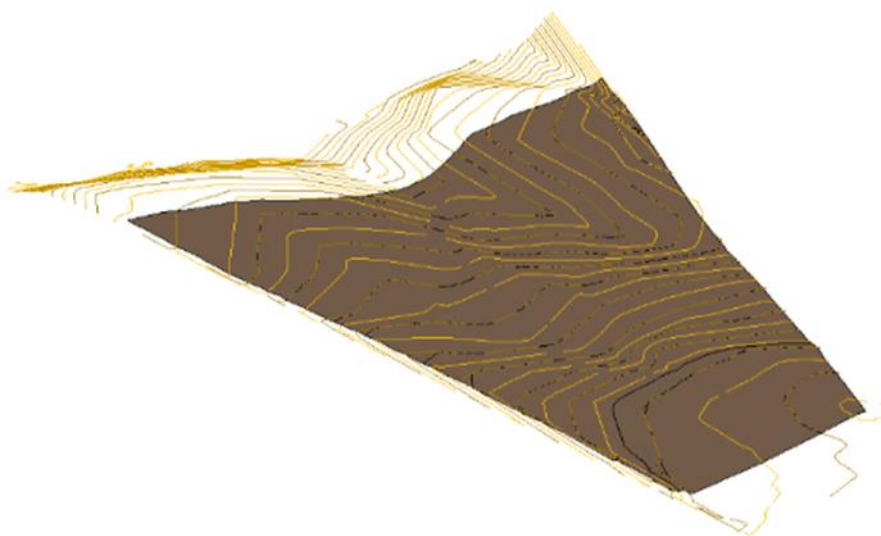


Figura 19. Inserção da área de preservação permanente (AUTORES, 2019)

A configuração da localização do empreendimento dentro do software Revit é bastante importante para a análise de insolação e posicionamento das edificações. Inserimos endereço do projeto e norte verdadeiro, com o intuito de setorizar exatamente o terreno no mapa (Figura 20). Assim podemos estudar a distribuição dos equipamentos já pré-estabelecidos com o cliente dentro do perímetro do lote, como blocos residenciais e áreas de lazer.

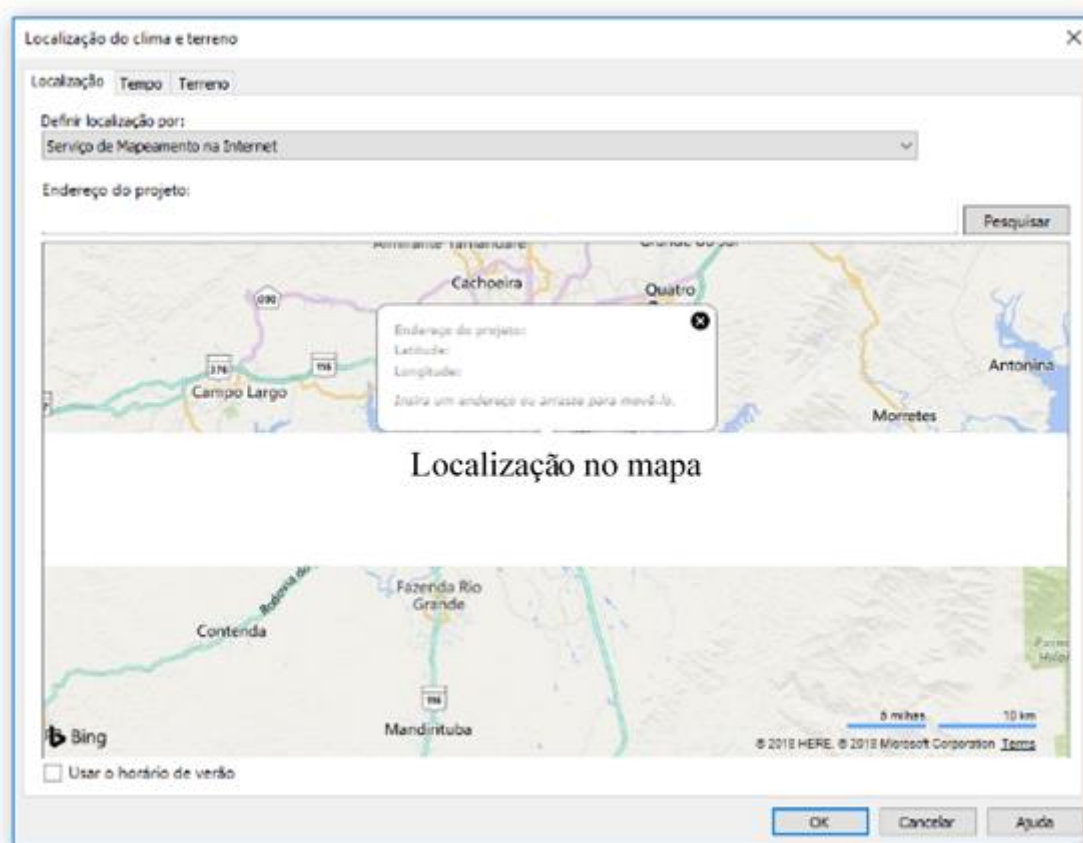


Figura 20. Localização do terreno no Revit (AUTORES, 2019)

Com a localização determinada no modelo, é possível inserir a posição solar conforme época do ano, data e hora (Figura 21). Nessa representação visualizamos se o desnível do terreno impacta a exposição solar de algumas áreas internas com a criação de luz e sombras, qual angulação que sol atinge e como a

elementos importantes ambientais, nesse caso a APP, é influenciada pela insolação.

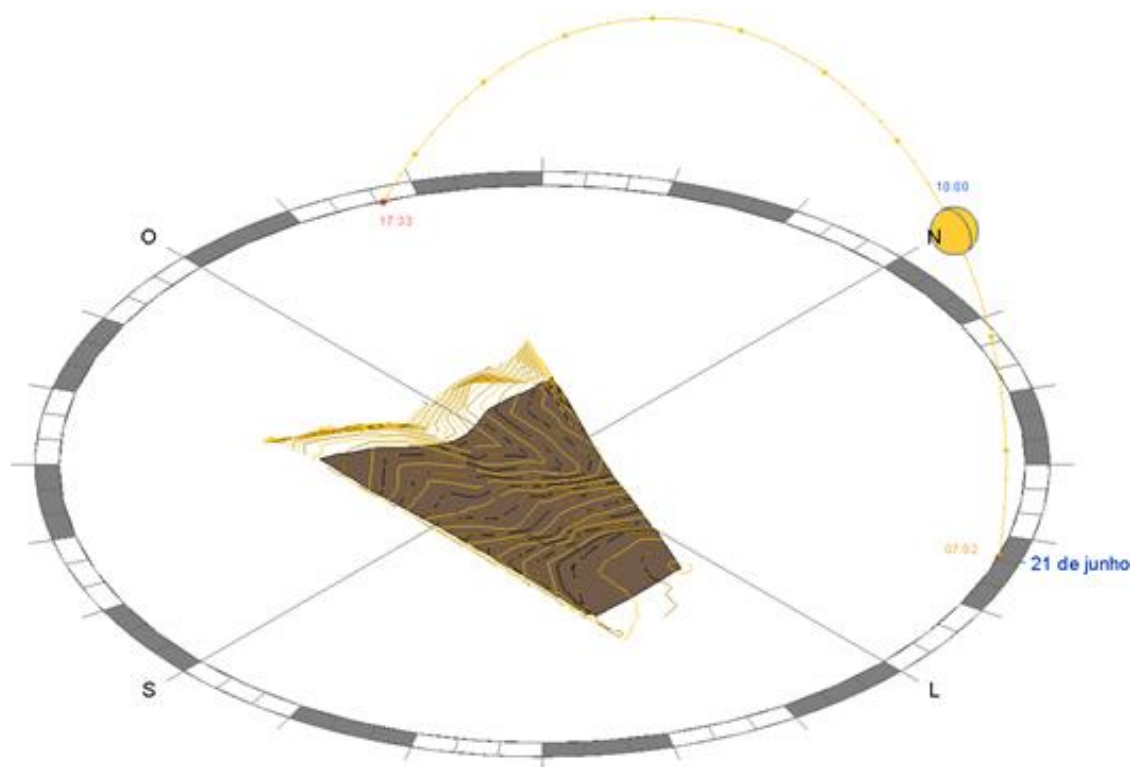


Figura 21. Análise da insolação (AUTORES, 2019)

Com isso os acessos, rampas, patamares, com o posicionamento das edificações, foram determinados (Figura 22). Simultaneamente o volume de corte e aterro foram simulados (Figura 23), visando a menor movimentação de terra possível e o equilíbrio ideal entre cortes e aterros, sempre que possível evitando bota-fora e aporte de terra.

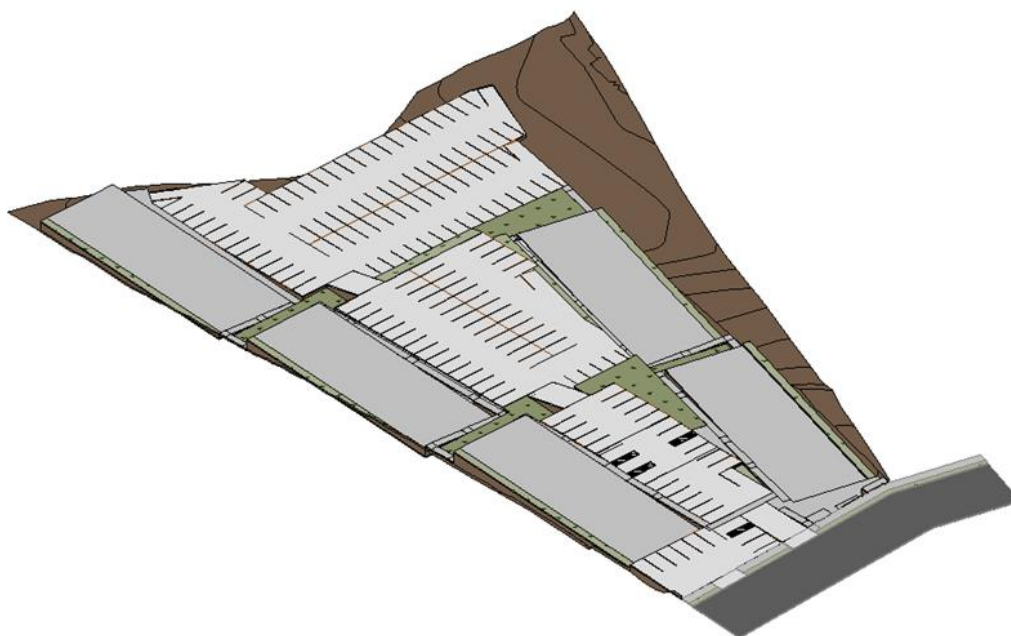


Figura 22. Posicionamento de acessos, rampas e patamares (AUTORES, 2019)

| <Tabela de topografia> |    |         |    |                       |    |
|------------------------|----|---------|----|-----------------------|----|
| A                      |    | B       |    | C                     |    |
| Preencher              |    | Cortar  |    | Corte/Aterro (Aporte) |    |
| 3893,49                | m² | 2455,15 | m² | 1438,34               | m² |

Figura 23. Tabela de Corte e Aterro (AUTORES, 2019)

Inserindo a elevação das alturas dos blocos de acordo com o nível do setor e o número de pavimentos se deu início ao estudo das fachadas e unidades residenciais que teriam iluminação direta ou indireta e em quais horários do dia essa incidência aconteceria (Figura 24). Dessa forma envolvemos no processo a equipe comercial, para que fosse avaliado como a orientação solar impactaria diretamente no valor de venda do empreendimento.

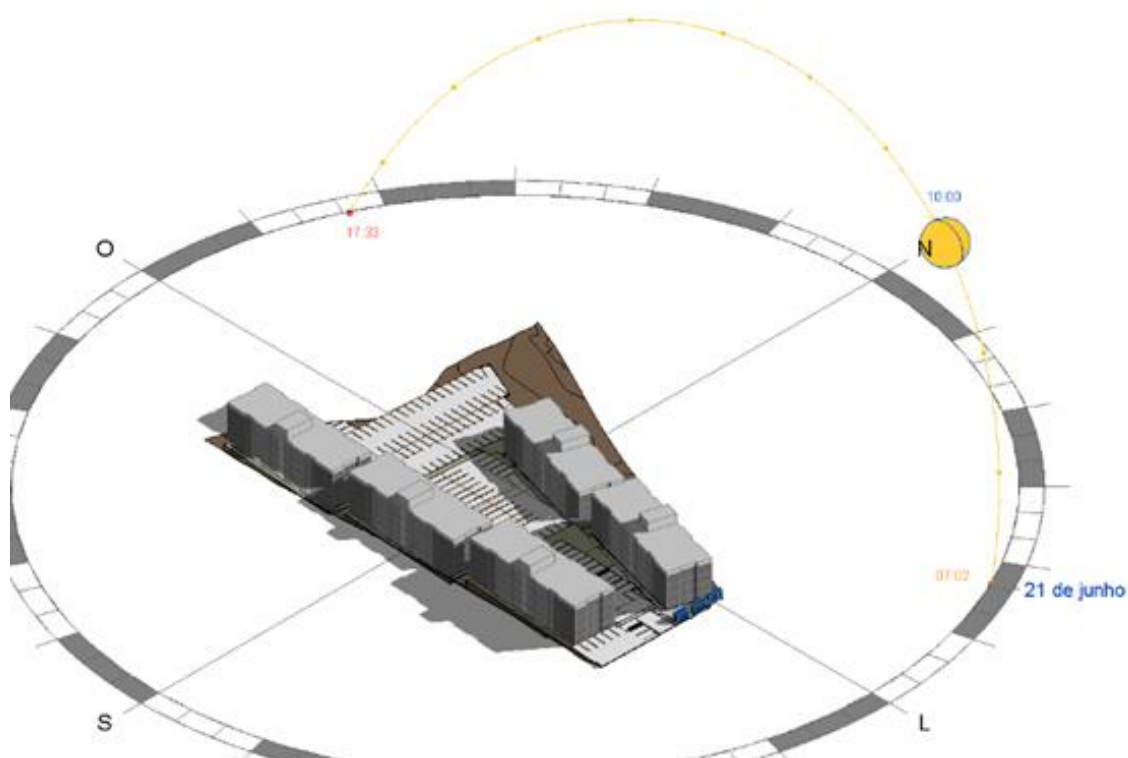


Figura 24. Tabela de Corte e Aterro (AUTORES, 2019)

Na sequência foi realizado uma reunião com a equipe multidisciplinar, para debater itens sobre o projeto realizado até então, que apontaram alguns itens.

A equipe de instalações notou que devido ao declive muito grande no projeto, provavelmente necessitaríamos de uma estação de tratamento de esgoto nos fundos do empreendimento, solicitando que destinasse um local específico para isso.

Já o setor de estruturas fez uma proposta de platôs em concreto armado, eliminando arrimos e estendendo a estrutura, deixando lajes e vigas em balanço com vazio entre bloco e terreno natural de 4 torres.

A preocupação com o funcionamento do canteiro de obras foi apontada pela equipe de execução. Portanto foi discutida uma distribuição prévia da estrutura necessária para o canteiro, raios de influências, faseamento e armazenamento de material. Notaram que seria interessante determinar um espaço para um guindaste, auxiliando na distribuição de materiais na fase de execução de obra. Estudaram o fluxo de acordo com os acessos ao empreendimento, com o

objetivo de diminuir distancias e estoques. Porém apesar da declividade do terreno ser bastante acidentada e existir a necessidade de um canteiro de obras compatível ao tamanho do empreendimento, não foram um delimitador e não gerou nenhuma solicitação de alteração do estudo.

Com esse feedback da equipe multidisciplinar foi possível rever as premissas do estudo e adequar a proposta. Esses ganhos apontados seriam apresentados também para o cliente, de forma visual e numérica.

Em momentos de tomada de decisão, reunião ou entrega do desenvolvimento do estudo, cada envolvido preencheu checklists orientando e certificando que itens importantes como escopo, legislação, requisitos e desenho técnico estavam sendo atendidos. Sendo aplicado de acordo com a fase de projeto, desde a conferência dos documentos a verificação dos resultados.

#### 4.3. DOCUMENTO DE ENTREGA

Nessa etapa do primeiro estudo desenvolvido, foi gerado uma prancha em PDF com Localização, Implantação e quadro de áreas, possibilitando a análise e justificativas na apresentação do estudo ao cliente (Figura 25).

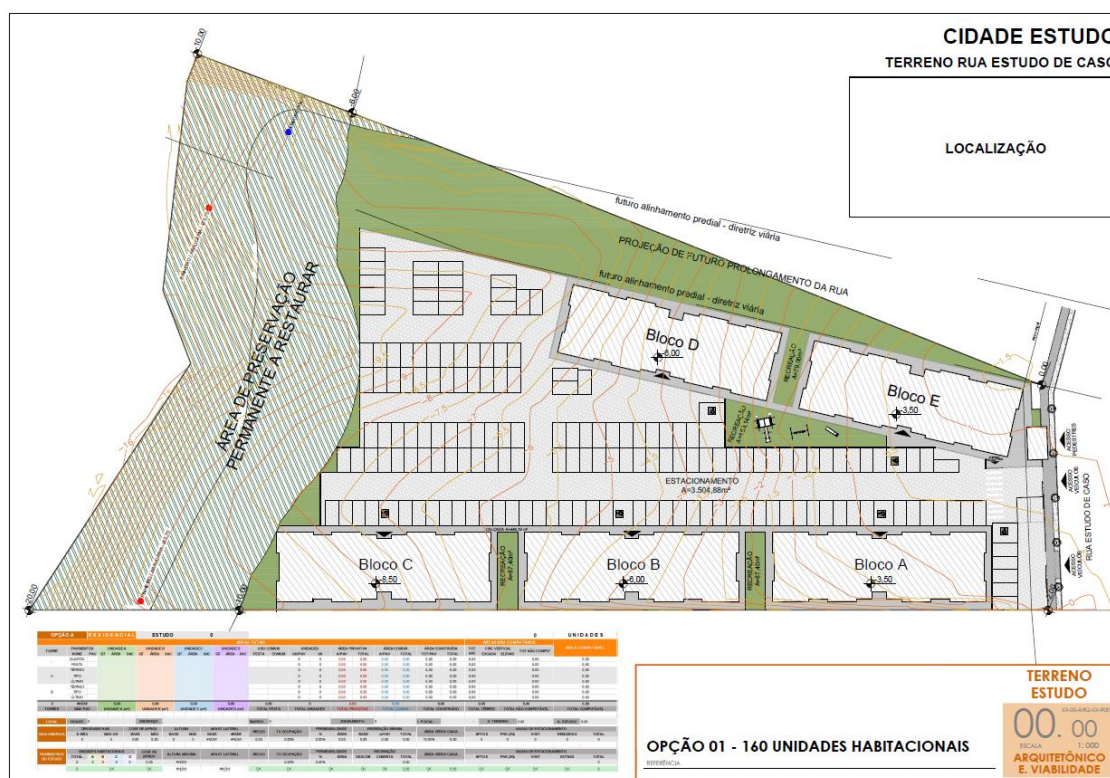


Figura 25. Prancha 01 do estudo de viabilidade desenvolvida no método tradicional (AUTORES, 2019)

Na implantação visualizamos as áreas destinadas aos blocos com apartamentos, estacionamentos com as delimitações de vagas, áreas de recreação com os equipamentos, revestimentos de calçamento, vegetação e grama. Todos as áreas representadas por hachuras delimitadas por linhas, ainda com aspecto de setorização, mas com texturas mais realistas.

Nessa entrega se atribuiu um LOD 1 ou LOD 100, alinhado com o nível de desenvolvimento que caracteriza a classificação.

O estudo de viabilidade desenvolvido no método BIM e *Lean* resultou em um conjunto de 3 pranchas (Figuras 26, 27 e 28), compostas por uma tabela com o resumo do modelo e dados do estudo, localização, implantação, cortes e estudos de insolação:

A prancha 01 é composta com uma tabela resumo do modelo e das informações do empreendimento, localização e implantação, que assim como no

método anterior, visualizamos as áreas destinadas aos blocos com apartamentos, estacionamentos com as delimitações de vagas, áreas de recreação com os equipamentos, revestimentos de calçamento, vegetação e grama. Mas nesse caso, com um aspecto ainda mais realista e graficamente mais didático. Foi sinalizado claramente os acessos do projeto e a composição dos blocos com os apartamentos, já que essa distribuição e volume estava modelado no arquivo.

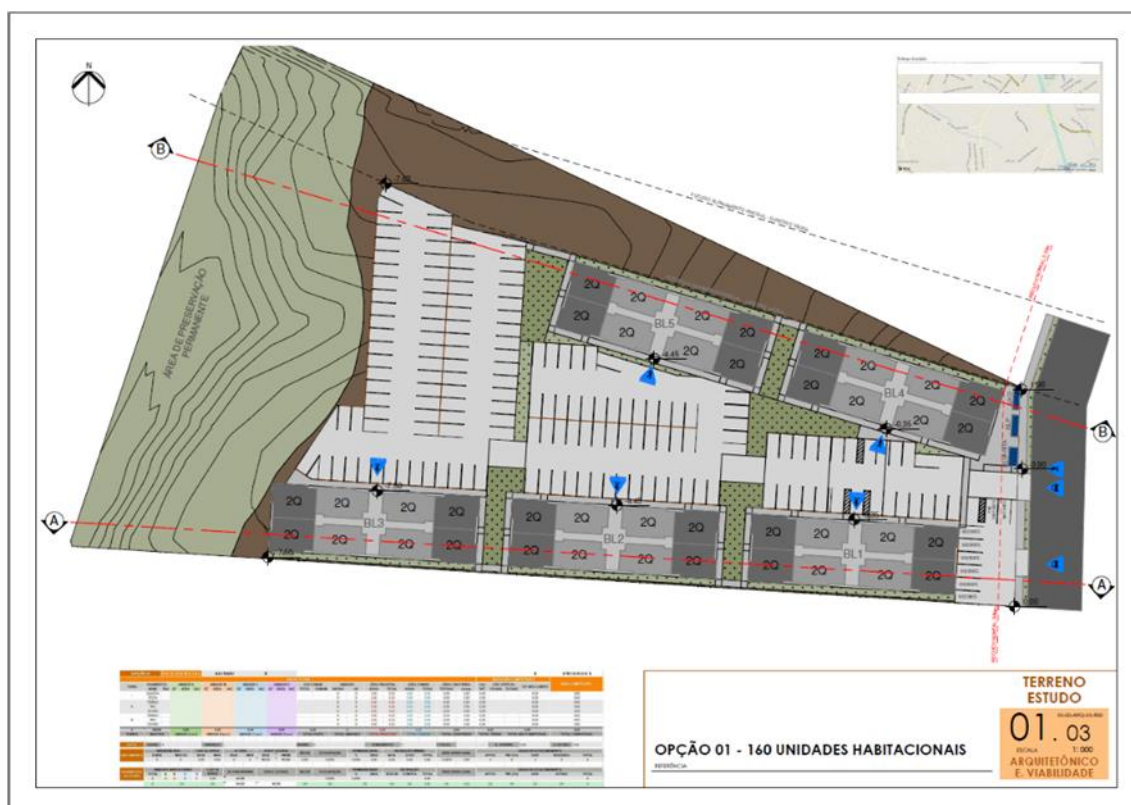


Figura 26. Prancha 01 do estudo de viabilidade desenvolvida no método BIM e *Lean* (AUTORES, 2019)

Já a prancha 02 contém os cortes para visualização do perfil do terreno modificado após a realização do estudo e do gabarito dos blocos inseridos em cada platô. Essa representação possibilita comparar a altura que cada pavimento ou apartamento está em relação a rua e a vista dos fundos do terreno, onde se encontra a APP, quesito esse, que também influencia no valor de venda das unidades, segundo equipe comercial.

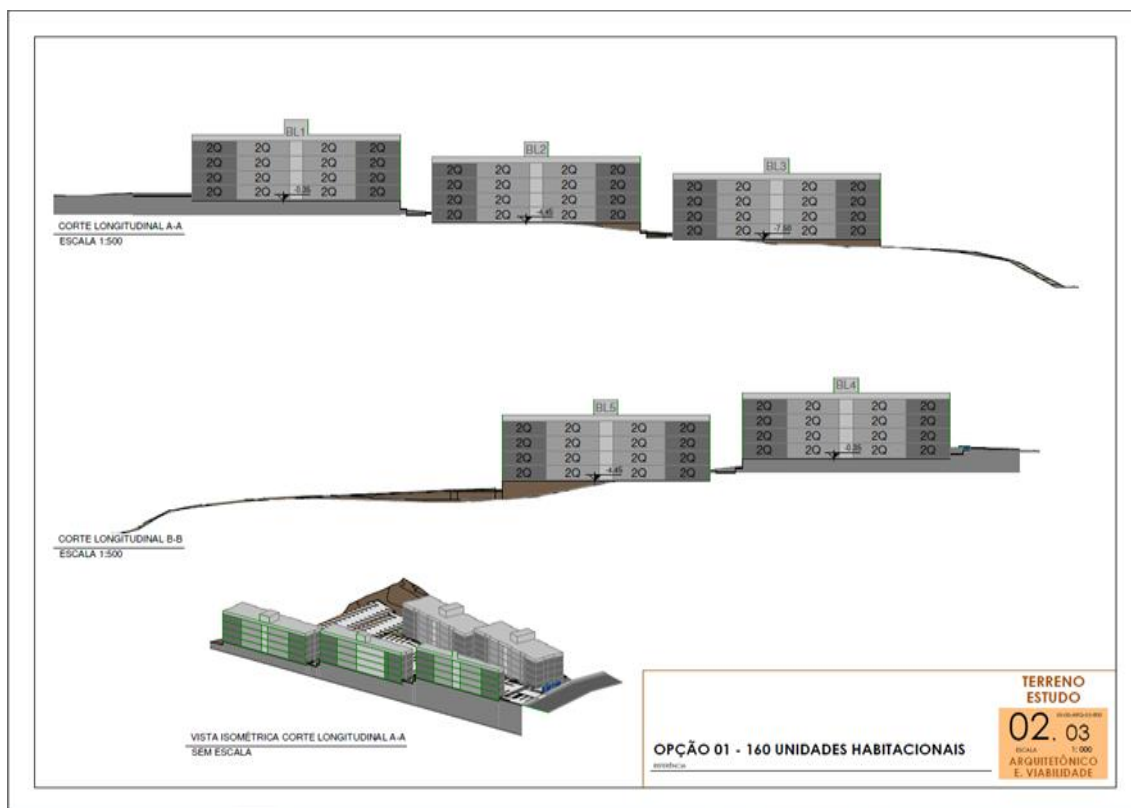


Figura 27. Prancha 02 do estudo de viabilidade desenvolvida no método BIM e *Lean* (AUTORES, 2019)

A prancha 03 contém as perspectivas do residencial em 3 ângulos diferentes com os estudos de insolação, representado pelo jogo de luz e sombra.

A entrega do estudo de caso desenvolvido pelo sistema BIM e *Lean* ficou entre o LOD 2/LOD 100 e LOD 3/LOD 200. O resultado se prestou a apresentar um nível de estimativa de custo, dimensionamento e volumetria considerável.

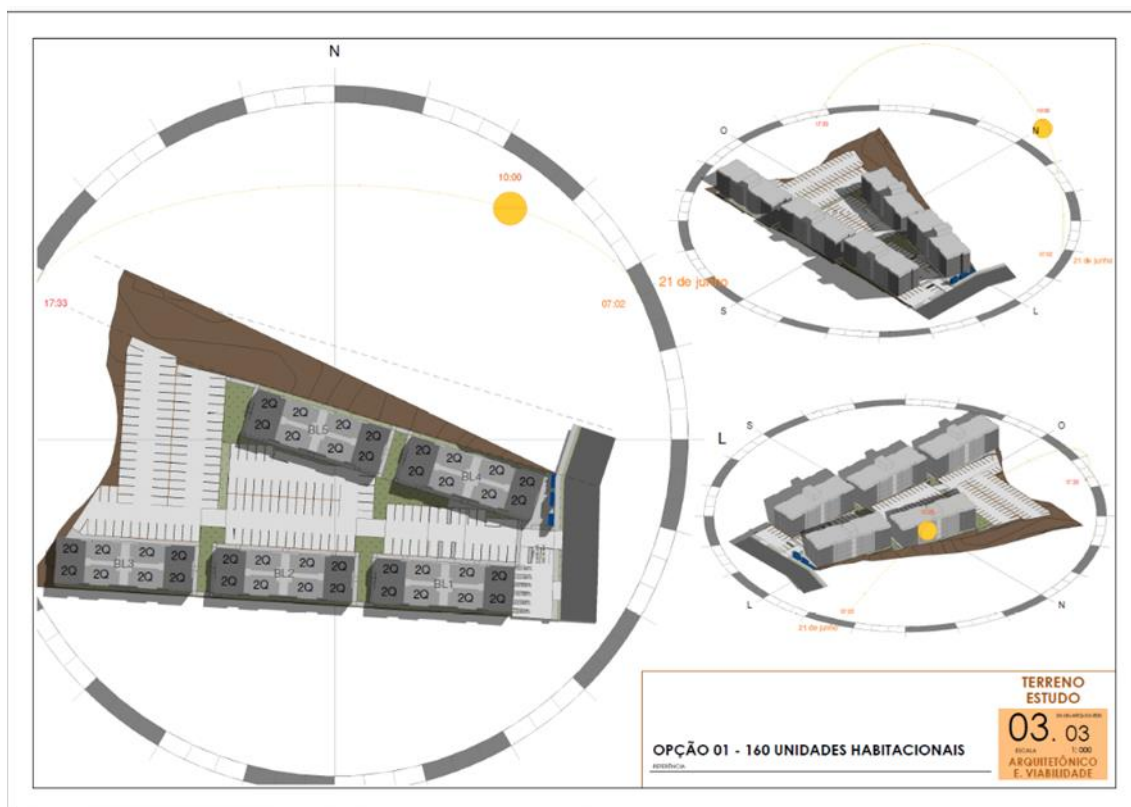


Figura 28. Prancha 03 do estudo de viabilidade desenvolvida no método BIM e *Lean* (AUTORES, 2019)

As pranchas podem ser encaminhadas para os interessados ou apresentadas fisicamente, mas se houver ainda uma reunião de apresentação do estudo de viabilidade, o método BIM e *Lean*, por ter o modelo 3D, possibilita demonstrar, em tempo real, outras simulações e perspectivas de dúvidas ou curiosidades que podem surgir durante e após apresentação.

#### 4.4. ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO

Em busca da elaboração da Matriz de Decisão, durante o *Brainstorming* definiu-se os critérios a serem avaliados, sendo eles:

- Envolvimento da equipe multidisciplinar
- Comunicabilidade
- Ferramentas utilizadas
- Input e acessibilidade das informações iniciais

- Cumprimento da legislação e normas
- Consideração dos elementos ambientais
- Estudo de insolação
- Previsão de infraestrutura e instalações
- Aplicação da padronização
- Assertividade técnica construtiva
- Precisão do canteiro de obras
- Exploração do terreno natural
- Apresentação dos resultados

Em posse dos critérios, foi possível estipular o peso que cada um possui em relação à análise a ser elaborada. Os pesos foram classificados de 1 a 4, sendo que cada um possui um critério de avaliação conforme demonstra o Quadro 3.

| Peso     | Avaliação                                                                                                                                       |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b> | Causa melhorias, mas não impacta diretamente na qualidade do produto final (Empreendimento) e nem contribui para o desenvolvimento do processo. |
| <b>2</b> | Produz benefícios, não impacta diretamente na qualidade do produto final (Empreendimento), mas agrega ao desenvolvimento do processo.           |
| <b>3</b> | Gera ganhos impactando diretamente o produto final (Empreendimento), mas não contribui ao processo.                                             |
| <b>4</b> | Produz melhorias que impactam diretamente na qualidade do produto final (Empreendimento) e no desenvolvimento do processo.                      |

Quadro 3 Definição da avaliação do critério e caracterização dos pesos (AUTORES, 2019)

Através destes dados (critérios e definições do sistema de avaliação dos pesos), durante o *Brainstorming* foram atribuídos os pesos que possuem cada critério, buscando dessa forma identificar o impacto que cada um deles possuirá nos modelos estudados, conforme Quadro 4.

| Item | Critério                                        | Peso |
|------|-------------------------------------------------|------|
| A    | Envolvimento da equipe multidisciplinar         | 4    |
| B    | Comunicabilidade                                | 2    |
| C    | Ferramentas utilizadas                          | 4    |
| D    | Input e acessibilidade das informações iniciais | 2    |
| E    | Cumprimento da legislação e normas              | 3    |
| F    | Consideração dos elementos ambientais           | 3    |
| G    | Estudo de Insolação                             | 3    |
| H    | Previsão de infraestrutura e instalações        | 3    |
| I    | Aplicação da padronização                       | 4    |
| J    | Assertividade técnica construtiva               | 4    |
| K    | Previsão do canteiro de obras                   | 1    |
| L    | Exploração do terreno natural                   | 3    |
| M    | Apresentação de resultados                      | 4    |

Quadro 4 Definição dos pesos para cada critério (AUTORES, 2019)

Em seguida, a próxima etapa para montagem da Matriz engloba o sistema de avaliação de cada um dos critérios, ou seja, além do peso que cada critério possui no estudo, os critérios também foram avaliados de 1 a 5 conforme a expectativa atendida em ambos os modelos (Quadro 5).

| Nota | Critério  | Descrição                                                           |
|------|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| 1    | Péssimo   | Muito aquém do resultado esperado.                                  |
| 2    | Ruim      | Atende de forma insuficiente e insatisfatória, fora do esperado.    |
| 3    | Regular   | Atende de forma suficiente o mínimo esperado.                       |
| 4    | Bom       | Atende de forma satisfatória e suficiente, dentro do esperado.      |
| 5    | Excelente | Atende e supera as expectativas, demonstrando padrão de excelência. |

Quadro 5 Sistema de avaliação dos critérios (AUTORES, 2019)

De posse de todos os dados obtidos, problema de pesquisa, critérios, pesos e notas foi possível elaborar a Matriz de Decisão. Durante o *Brainstorming* foram atribuídos os valores de notas de acordo com os critérios previamente estabelecidos. Após a inserção das notas calculou-se o escore de cada critério multiplicando o peso anteriormente estabelecido pela nota inserida em cada modelo. Dessa forma para cada critério foi obtido um escore nos modelos. O Quadro 6 descreve o procedimento citado.

| Item               | Critério                                        | Peso | Avaliação do Estudo de Caso |                                       | Nota final do Estudo de Caso |                                       |
|--------------------|-------------------------------------------------|------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
|                    |                                                 |      | Método Tradicional (2D)     | Método BIM e <i>Lean Construction</i> | Método Tradicional (2D)      | Método BIM e <i>Lean Construction</i> |
| <b>A</b>           | Envolvimento de equipe multidisciplinar         | 4    | 1                           | 5                                     | 0,04                         | 0,2                                   |
| <b>B</b>           | Comunicabilidade                                | 2    | 2                           | 5                                     | 0,04                         | 0,1                                   |
| <b>C</b>           | Ferramentas utilizadas                          | 4    | 3                           | 5                                     | 0,12                         | 0,2                                   |
| <b>D</b>           | Input e acessibilidade das informações iniciais | 2    | 3                           | 4                                     | 0,06                         | 0,08                                  |
| <b>E</b>           | Cumprimento da legislação e normas              | 3    | 3                           | 4                                     | 0,09                         | 0,12                                  |
| <b>F</b>           | Consideração dos elementos ambientais           | 3    | 4                           | 4                                     | 0,12                         | 0,12                                  |
| <b>G</b>           | Estudo de Insolação                             | 3    | 3                           | 5                                     | 0,09                         | 0,15                                  |
| <b>H</b>           | Previsão de infraestrutura e instalações        | 3    | 2                           | 4                                     | 0,06                         | 0,12                                  |
| <b>I</b>           | Aplicação da padronização                       | 4    | 3                           | 4                                     | 0,12                         | 0,16                                  |
| <b>J</b>           | Assertividade técnica construtiva               | 4    | 3                           | 4                                     | 0,12                         | 0,16                                  |
| <b>K</b>           | Previsão do canteiro de obras                   | 1    | 3                           | 3                                     | 0,03                         | 0,03                                  |
| <b>L</b>           | Exploração do terreno natural                   | 3    | 1                           | 5                                     | 0,03                         | 0,15                                  |
| <b>M</b>           | Apresentação de resultados                      | 4    | 3                           | 5                                     | 0,12                         | 0,2                                   |
| <b>ESCORE</b>      |                                                 |      |                             |                                       | 1,04                         | 1,79                                  |
| <b>ESCORE MÁX.</b> |                                                 |      |                             |                                       | 2                            | 2                                     |
| <b>% ATINGIDA</b>  |                                                 |      |                             |                                       | 52                           | 89,5                                  |

Quadro 6 Matriz de Decisão (AUTORES, 2019)

Em posse dos dados obtidos na Matriz de Decisão, com intuito de elucidar e comparar de maneira mais efetiva os resultados, elaborou-se Gráfico de Radar com os escores atingidos em ambos os modelos (Figura 29).

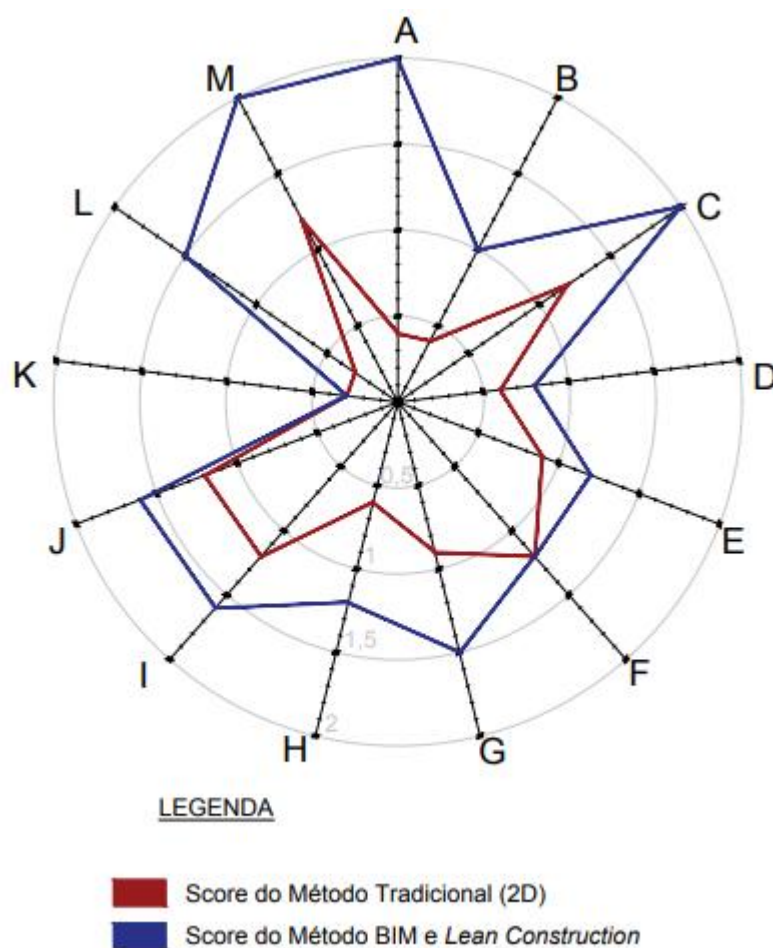


Figura 29. Gráfico de Radar (AUTORES,2019)

A partir do gráfico radar, é possível justificar a pontuação e localização nos extremos de cada quesito de acordo com impacto no projeto. Primeiramente, no estudo de caso com a aplicação do método tradicional, foram determinadas áreas e outros dados mínimos exigido pela legislação no software AutoCad, em duas dimensões com formas genéricas. Já no Software Revit, no método BIM, além da volumetria e a visualização isométrica, pode-se inserir informações de

parâmetros construtivos como banco de dados, levados em consideração nesta fase inicial do empreendimento, que perpetuarão em todo o ciclo de vida. Dados estes, importantes para análise futura e interpretação da concepção do estudo de viabilidade, permitindo o aumento da transparência defendida pela filosofia *Lean*. Já no método tradicional a documentação destas informações não acompanha a evolução do projeto, permanecendo na fase de viabilidade.

Com a aplicação dos conceitos *Lean*, no segundo estudo de caso, foi adotado um sistema de gestão de projetos, com o aplicativo Trello, organizando o processo e dando acesso as informações para profissionais autorizado. A documentação de todo o processo e mapeamento dos envolvidos ficam registrados, proporcionando um acesso posterior em caso de questionamentos futuros. A padronização e organização dos processos no aplicativo acaba mitigando atividades que não agregam valor, objetivando o desenvolvimento dos projetos. O acesso as informações no Trello são disseminadas simultaneamente independente da hierarquia. Desta forma, cada participante poderá intervir no processo, visualizando de forma transparente com a possibilidade de colaboração sempre que necessário.

Outro item que se destaca muito na fase de estudo de viabilidade é a análise de movimentação de terra, onde pode-se tomar decisões capazes de reduzir significativamente o custo relacionados a corte e aterro no processo de terraplanagem. O resultado é importante para análise financeira e apresentação aos interessados com o estudo dos futuros investimentos. No método tradicional, este cálculo não foi realizado, somente com considerações estimadas de setorização e patamarização. Esta imprecisão pode resultar em um grande problema futuro com prejuízo. Na metodologia BIM foi possível realizar uma nuvem de pontos e visualizar simultaneamente um relatório deste cálculo, com a fase em andamento e dados reais, sendo um ótimo parâmetro para aprovação e viabilização do projeto, visando a menor movimentação de terra possível e o equilíbrio ideal entre cortes e aterros, sempre que possível evitando bota-fora e aporte de terra. Nesta

metodologia foi considerada acessibilidade calculando rampas de pedestre e circulação de veículos.

Com a análise da equipe multidisciplinar, o setor de estruturas fez uma proposta de platôs em concreto armado, encontrando uma solução mais eficiente para a execução do empreendimento. Esta estratégia traçada foi possível graças a visualização do projeto e a noção de espaço permitida por ele.

Neste mesmo raciocínio, outro item que não é muito estudado no método tradicional é o estudo de insolação, algo que pode proporcionar o sucesso do empreendimento e muitas vezes não levado em consideração nesta fase do projeto. O estudo de viabilidade em duas dimensões levou em consideração o posicionamento do terreno em função do norte e o caminho do sol percorrido por ele. Já no método BIM foi realizado um estudo estático em três dimensões, posicionando o terreno no mapa, com cidade, hora, dia, azimuth, ou seja, exatamente conforme a realidade. Assim obtivemos representações gráficas com luz e sombra, incidência solar e uma análise muito mais assertiva. Essas informações são capazes de contribuir no resultado final de venda, possibilitando o cruzamento de dados do setor comercial, relacionando o valor do investimento e valor de venda.

As análises do funcionamento do canteiro de obras, pela equipe de execução para a aplicação do *Lean Construction*, tiveram decisões importantes para distribuição de materiais com fluxos e acessos pensados para diminuir distâncias e estoques. Esta preocupação refletira em um menor desperdício futuro de materiais, impactando diretamente no custo final do empreendimento.

Na fase de entrega projetual o método 2D executou uma prancha com Localização, implantação e quadro de áreas. Estes representados por linhas e hachuras, com aspecto de setorização e texturas realistas. Na prancha desenvolvida no método BIM e *Lean*, além das informações já apresentadas no método anterior, foram apresentados cortes, com estudos de volume de corte e aterro gerados simultaneamente, e estudos de insolação. O diferencial entre uma entrega e outra

está na forma de representação, uma vez que o primeiro estudo foi delimitado por linhas 2D e hachuras, com aspecto de setorização, já no segundo estudo foram inseridos no modelo elementos 3D com aparências físicas e volumétricas conforme a realidade, proporcionando uma entrega graficamente mais didática.

Apesar do tempo investido na concepção do projeto com modelagem, setorização e outros dados, ter sido maior no método BIM, não foi um limitador para o resultado do estudo. Já que a entrega projetual, neste método, se destacou significativamente para melhor, quando comparado com o método tradicional 2D. No estudo de caso utilizando o BIM produziu-se com agilidade e qualidade, elevações, cortes e vistas no projeto. Tornando assim as tomadas de decisões mais precisas, embasadas e assertivas, refletindo diretamente no nível de entrega e realismo projetual.

Com o adiantamento das tomadas de decisões, nesta fase inicial do projeto na metodologia BIM, evitam-se surpresas futuras como forma de prevenção, sem contar com a economia de tempo nas próximas etapas do processo. A filosofia *Lean* é aplicada com o aumento de produtividade, redução de prejuízos e orçamento, diminuindo o tempo de entrega dos futuros projetos.

Além disso o modelo BIM pode proporcionar uma sequência no processo, permitindo a futura gestão de informação durante todo o ciclo de vida do empreendimento, composição de orçamento, análises de custo, manutenção, integração com outros arquivos de diferentes disciplinas e softwares. Beneficiando os envolvidos em termos de otimização de planejamento e execução.

Em ambas as viabilidades analisadas no estudo de caso adotaram-se unidades habitacionais com pouca variabilidade, proporcionando uma uniformidade para a execução da obra e do produto final. Proporcionando maturidade projetual no processo e facilitando tanto a execução dos projetos multidisciplinares quanto a construção. Desta forma, é possível utilizamos a filosofia *Lean* também na execução da obra, adotando processos construtivos padronizados.

No segundo estudo houve a participação da equipe multidisciplinar no processo de concepção. Com esse envolvimento foi possível reduzir custos com tomadas de decisões importantes do setor de engenharia. Decisões estas que não seriam possíveis somente com o setor de arquitetura, por falta de conhecimento em áreas e projetos específicos, como terraplanagem, estrutura, elétrica e hidráulica. Desta maneira obteve-se uma maior precisão na estimativa de custo da obra.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

### 5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo a verificação do impacto que possui as diferentes formas de concepção do estudo de viabilidade, de um empreendimento residencial, através da análise da contribuição dos sistemas BIM e *Lean*.

Assim sendo, primeiramente procurou-se apresentar os principais conceitos e definições encontrados na literatura relacionados ao tema proposto, servindo estes como base para a realização do objetivo traçado. Procurando atingir tal objetivo, com o intuito de proporcionar uma avaliação mais detalhada do processo, foram levantados os dados e documentos do empreendimento, os softwares utilizados, a equipe multidisciplinar, o modelo 2D e o desenvolvimento do modelo 3D.

No estudo de caso apresentado a entrega realizada com o *software REVIT* foi mais benéfica no quesito de desenho técnico, representação gráfica e visual. Possibilitando uma visualização do projeto em diferentes perspectivas.

|                                                                 | Método Tradicional (2D) | Método BIM e <i>Lean Construction</i> |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| ESCORE                                                          | 1,04                    | 1,79                                  |
| ESCORE MÁX.                                                     | 2                       | 2                                     |
| % ATINGIDA                                                      | 52                      | 89,5                                  |
| <b>Método BIM e <i>Lean Construction</i> 37% mais eficiente</b> |                         |                                       |

Quadro 7 Comparativo de resultados (AUTORES, 2019)

A análise dos resultados foi elaborada para mapear as informações, comparando e avaliando com pesos, cada critério determinado, em ambos os

métodos. Possibilitando a extração de informações de tabelas de avaliação. Na matriz de resultados o score máximo adotado é nota 2. O método tradicional 2D atingiu nota 1.04, equivalente a 52%. O método com a aplicação BIM e *Lean* atingiu nota 1.79, equivalente a 89.5%. Após a interpretação destes dados é possível afirmar que o uso da plataforma BIM e *Lean* no processo de concepção do estudo de viabilidade apresentou-se 37% mais eficiente que o método tradicional 2D, contribuindo positivamente tanto no processo quanto no produto final.

## 5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para trabalhos futuros o aprofundamento nos quesitos gerenciais de custo e tempo em função da qualidade da entrega final, relacionar a contribuição do método de concepção ao conceito de LOD e analisar o procedimento de retrabalho na situação de mudanças de escopo, viabilidade ou legislação.

Por fim, sugere-se também a análise da contribuição do sistema BIM e *Lean* na sequência da vida do empreendimento em projeto, execução, entrega e manutenção de obra.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIA – THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. National Documents Committee. DocumentE202 – **Building Information Modeling Protocol Exhibit**. Washington, DC, 2008.

AUCTUS, Ferramenta – **Matriz de Decisão**. Disponível em: <<http://auctus.com.br/ferramenta-matriz-de-decisao/>> Acesso em 15/01/2019.

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves et al. **Lean Construction: filosofia e metodologias**. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Avaliação de bens - Parte 1: Procedimentos gerais. NBR 14653-1**. Rio de Janeiro, 2001. 1 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Elaboração de Projetos de Edificações: Arquitetura NBR 13.532**. Rio de Janeiro, 1995.

AUTODESK. Software Revit 2016. San Rafael, Estados Unidos da América, 2016.

AVELINO, J. L. V. **Gerenciamento de qualidade do processo de modelagem informatizada de edificações no projeto arquitetônico**. Monografia. UTFPR, 2013.

BEDWORTH, D. D. **Computer Integrated Design and Manufacturing**. McGraw-Hill, 1991.

CADS – COMPUTER AIDED DESIGN STUDIO. **Projeto Arquitetônico no Revit 2015**, Tecnopuc, Porto Alegre. Porto Alegre, 2015.

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**. São Paulo, 2008.

CORAIOLA, J. A., **Gerenciamento Da Rotina: Uma Metodologia De Aplicação Das Ferramentas Da Qualidade Numa Disciplina Específica Do**

**Curso Superior De Tecnologia Em Eletrotécnica Do CEFET-PR.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto.** In: Anais do III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** Ed. Bookman LTDA., Porto Alegre, RS, 2014.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002, 329p.

FERREIRA, E. O. **BIM – A MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO.** IOP, 2015. Disponível em: <https://iop.org.br/2015/05/27/bim-a-modelagem-da-informacao-da-construcao/> Acesso em: 02/12/2018.

FARIA, C. A., ARANTES, D. **Análise da Implantação do Sistema de Gestão de Qualidade na Construção Civil.** Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, 2012.

FLANAGAN, Roger. **O dilema da internacionalização de projetos.** Revista Técnica, São Paulo, ano 25, n. 238, p.08-09, jan. 2016. Entrevista a Gustavo Curcio.

GARRIDO, M. C. **Análise da aplicação de modelagem da informação da construção no planejamento e controle da produção em canteiros de obra apoiando os princípios da construção enxuta.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.

SUCHOCKI, M. **BIM para construção: A hora da verdade para a engenharia e construção** – Desafios e oportunidades para o setor AEC. Autodesk, 2016.

CATELANI, Wilton Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. **Normas brasileiras sobre BIM. Concreto & Construções,** São Paulo, v. 44, n. 84, p. 54-59, 2016.

GEHBAUER, Fritz et al. **Planejamento e gestão obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil – Alemanha.** Curitiba: CEFET – PR, 2002.

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004.

GRAZIANO, Francisco Paulo. **Compatibilização de projetos**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mestrado Profissionalizante. São Paulo, 2003.

JUSTI, Alexander Rodrigues. **Implantação da plataforma REVIT nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência**. Gestão & Tecnologia de Projetos, Universidade de São Paulo, vol. 3, nº 1, maio de 2008. São Paulo, 2008.

KASSEM, Mohamad e AMORIM, Sergio R. Leusin. **Building Information Modeling no Brasil e na União Européia**. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior (MDIC). Brasília, 2015.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, CA: Stanford university, 1992

LEAL, C.E.S. **Análise de Viabilidade Técnica-Econômica. Monografia. Universidade Anhembi Morumbi**. São Paulo, 2007. 64 p.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, orçamentação e controle e projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MUNIZ JR, J. **A utilização da engenharia simultânea no aprimoramento contínuo e competitivo das organizações: estudo de caso do módulo usado no avião EMB145 da EMBRAER**. 1995. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995.

MANEGUELO, G. **Aplicação de um sistema robótico utilizando recursos de sistemas CAD/CAM para o processo de fresamento**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rio Grande do Sul, 2003.

MANZIONE, Leonardo. Seminário: **Interoperabilidade: quebrando paradigmas**. Seminário BIM de Santa Catarina. Mar. 2014

MATTOS, Aldo Dórea. Engenharia de Custos: Bim 3D, 4D, 5D e 6D. Blogs PINIweb. Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>. Acesso em: 01 de Dezembro de 2018.

MENDES JR., R.; CLETO, M.; GARRIDO, M. **Levantamento de estudos das interações entre Building Information Modeling (BIM) e construção enxuta**. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de produção. Curitiba, PR, 2014.

MELHADO, S.B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado a qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. Tese (Livredocência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NÓBREGA JUNIOR, C.L.; MELHADO, S. B.. **Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia**. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v.8, n.1, p. 69-89.

NOVAES, Celso Carlos. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios**. I Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifício, 1998. São Carlos, 1998.

OLIVEIRA, O. J. *Gestão da qualidade na indústria da construção civil*. Dissertação de Mestrado – PUC-SP, São Paulo, 2001.

ORNSTEIN, Rudolf. **Gráfico RADAR: uma forma alternativa de medir o desempenho econômico-financeiro**. Porto Alegre, Revista do CRCRS, [18]2:8, jul. 1989.

PEINADO, J. G.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

SANTANA, Guilherme Alves de; PAREDES, Breno Jose Burgos. **Análise do desempenho da inovação em empresas pernambucanas de pequeno porte**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP/ABEPRO, 2015.

SILVA, E. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. 2. Ed. Porto Alegre: Editora Universidade – UFRGS, 1998. 128 p.

SOUZA, R.; MEKBKIAN, G.; SILVA, M. A. C.; LEITÃO, A. C. M. T.; SANTOS, M. M., *Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras*, São Paulo: PINI, 1995.

SMARTMARKET REPORT. **Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity**. McGraw Hill, Nova Iorque, Estados Unidos da América, 2008. Disponível em: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia077483.pdf>. Acesso em: 01 de Dezembro de 2018.

SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE, B. OWEN, R. **Interaction of *Lean* and Building Information Modeling in construction**. *Journal of Construction*

**Engineering and Management**, University of Huddersfield. v.9, p.968-980. 2010.

SALLES, Mauricio José Costa. **Lean construction na prática**. Centro, v. 12, p. 01, 2010.

CARVALHO, M. M. et al. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2 ed. Elsevier: ABEPRO, 2012.

SOUZA, R.; ABIKO. A. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. São Paulo: EPUSP, 1997.

TAVARES JÚNIOR, Wandemberg. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte**. Dissertação de mestrado em Engenharia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

HOROSTECKI, A. R. N. **Compatibilização de projetos de engenharia/arquitetura em empresas de pequeno porte**. UNICSUL (Dissertação). Florianópolis, 2014.

VARGAS, Marcelo Cruz. **Gerenciamento de projetos por meio da engenharia simultânea: Sugestões para a otimização do processo na Sudecap**. Belo Horizonte, 2008.

YAN, Han; DAMIAN, Peter. **Benefits and Barriers of Building Information Modeling**. 12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Beijing, 2008.

BIM INFORMATION. **O que é o LOD de um modelo BIM?** Gian Felipe Lisboa Oneda, 2017. Disponível em: <https://biminformation.blog/2017/03/16/loamodelobim/>. Acesso em: 15 janeiro de 2019.