



**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MATEUS LEMOS GURGEL**

**UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE PROCESSOS PARA OTIMIZAR O  
PLANEJAMENTO DE OBRAS DESENVOLVIDO EM BIM**

**FORTALEZA**

**2020**

**MATEUS LEMOS GURGEL**

**UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE PROCESSOS PARA OTIMIZAR O  
PLANEJAMENTO DE OBRAS DESENVOLVIDO EM BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil da  
Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Msc. Carla Barroso de O.  
Leão.

**FORTALEZA**

**2020**

Folha destinada à inclusão da **Ficha Catalográfica** a ser solicitada à Biblioteca da FAS e posteriormente impressa no verso da Folha de Rosto (folha anterior).

Espaço destinado à elaboração da ficha catalográfica sob responsabilidade da Faculdade Ari de Sá.

**MATEUS LEMOS GURGEL**

**UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE PROCESSOS PARA OTIMIZAR O  
PLANEJAMENTO DE OBRAS DESENVOLVIDO EM BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Msc. Carla Barroso de O.  
Leão.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Carla Barroso de O. Leão  
Faculdade Ari de Sá

---

Prof. Me. Jeferson Boes  
Faculdade Ari de Sá/ Faculdade Ari de Sá

---

Prof. Me. Vanessa Lira Angelim  
Faculdade Ari de Sá/ Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará (IFCE)

Dedico esse trabalho em especial a minha mãe, meu irmão, minha namorada, meu padrasto e a minha família e amigos pela força e apoio incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

**AGRADEÇO A MINHA PROF. CARLA BARROSO O. LEÃO, ORIENTADORA DESTE TRABALHO, PELO APOIO, ACOMPANHAMENTO E INCENTIVO AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO DO MESMO;**

**AGRADEÇO A DEUS, AOS FAMILIARES E AMIGOS PELA PREOCUPAÇÃO E FORÇA TRANSMITIDA AO LONGO DESSA JORNADA.**

*“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”*

**Ayrton Senna**

## RESUMO

O processo de desenvolvimento de um produto compreende vários aspectos em que envolve a aplicação da capacidade intelectual e a aplicação de técnicas antigas e novas tecnologias. As estratégias de produção se inserem no ambiente da construção civil como um mecanismo que agrega valor ao produto. Nesse sentido, a evolução da indústria da construção em seus processos e a busca de resultados mais rápidos e efetivos levam a inclusão de várias formas de tornar esse processo mais evoluído e, assim, a metodologia BIM se insere nesse meio como um marco importante para essa indústria devido a sua forma mais intuitiva e com a adição de informação em seu processo.

Embora os benefícios BIM sejam claros ainda se percebe uma dificuldade e erros envolvendo os processos BIM na construção civil. Dito isso, surge o interesse pela a mineração de processos, visto que sua aplicação colabora para a análise de informações contidas no processo de desenvolvimento e aplicação de um projeto, possibilitando uma análise mais detalhada desses dados e uma melhoria no processo em BIM das empresas de construção.

Dessa forma, o objetivo primordial desse trabalho visou explorar um melhor entendimento da mineração de processos na fase de planejamento em projetos BIM por meio da comparação entre estudos realizados acerca da aplicação do BIM, bem como estudos que inseriram a mineração de processos nos projetos em BIM, tendo como resultados a explanação de alguns pontos primordiais da análise comparativa realizada, ficando claro os benefícios atrelados a inserção da mineração de processos no desenvolvimento de projetos em BIM.

Logo, os resultados obtidos visam melhor compreender as vantagens da implementação da tecnologia de mineração de processos no ambiente de planejamento BIM dos projetos.

**Palavras-chave:** Processo de Projeto, BIM, BIM 4D, Mineração de Processos.

## ABSTRACT

The product development process comprises several aspects in which it involves an application of intellectual capacity and an application of old techniques and new technologies. The production strategies are inserted in the civil construction environment as a mechanism that adds value to the product. In this sense, the evolution of the construction industry in its processes and the search for faster and more effective results lead to the inclusion of several ways to make this process more evolved and, thus, the BIM methodology is inserted in this environment as an important milestone for this industry due to its more intuitive form and the addition of information in its process.

Although the BIM benefits are clear, there are still difficulties and errors involving BIM processes in civil construction. That said, interest in process mining arises, since its application contributes to an analysis of information contained in the process of developing and applying a project, enabling a more detailed analysis of data and an improvement in the BIM process of construction companies.

Thus, the main objective of this work was to explore a better understanding of process mining in the planning phase in BIM projects by comparing studies carried out on the application of BIM, as well as studies that included process mining in BIM projects. , resulting in the explanation of some key points of the comparative analysis carried out, making clear the benefits linked to the insertion of process mining in the development of BIM projects.

Therefore, the results obtained aim to better understand the advantages of implementing process mining technology in the BIM planning environment of the projects.

**Keywords:** Design Process, BIM, BIM 4D, Process Mining.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - BIM no ciclo do empreendimento.....	19
Figura 02 - Associação do modelo 3D à sequência temporal das atividades da construção .....	22
Figura 03 - Ciclo de vida do BPM, mostrando os diferentes usos do modelo .....	25
Figura 04 - Posicionamento dos três tipos de mineração de processos: descoberta, conformidade e aprimoramento.....	27
Figura 05 - Redução da Duração .....	35
Figura 06 - Redução dos Custos.....	36
Figura 07 - Visão esquemática das ferramentas utilizadas .....	38
Figura 08 - Fluxo de atividades, a fim de permitir a análise dos registros de eventos .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Visão esquemática da Metodologia.....	31
Tabela 02 - Análise Comparativa dos Estudos de Caso .....	41

## LISTA DE SIGLAS

BIM	Build Information Modeling
BPM	Business Process Management
BPMS	Business Process Management System
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
TIs	Tecnologia da Informação
WFM	Workflow Management

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	15
2.1 OBJETIVO GERAL	
15ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
2.1.1 Objetivos Específicos	
15Erro! Indicador não definido.	
<b>3 REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
3.1 PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
15ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
3.2 BIM (BUILD INFORMATION MODELING).....	18
3.3 BIM 4D.....	21
3.4 PROBLEMAS DE EXECUÇÃO DO BIM.....	23
3.5 MINERAÇÃO DE PROCESSO .....	24
3.6 MINERAÇÃO DE PROCESSO NA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO.....	28
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
4.1 CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DO MODELO DE PROCESSO DE PROJETO EM BIM .....	33
<b>5 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....</b>	<b>33</b>
5.1 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO 1 .....	34
5.2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO 2.....	37
5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	41
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Processo de Desenvolvimento de Produto compreende várias teorias e conceitos de gestão para o processo de concepção e o progresso de novos produtos, visto que o foco principal da filosofia é a incorporação entre áreas funcionais, entre especialidades envolvidas no projeto, e adaptação entre projeto do produto e projeto da produção (ROZENFELD et al.,2006).

Os padrões de produção flexíveis ou de produção enxuta, as atividades de fluxo e o conceito de valor agregado são estratégias que ganham destaque nas estratégias de produção, e o projeto é cada vez mais observado como etapa prioritária na agregação de valor aos produtos (KOSKELA,1992; KOSKELAet.al.1997).

Com base na abordagem de atividades de fluxo e de conversão definidas por Koskela, Jacques (2000), os autores definem o processo de projeto como fluxo de informação, no qual estão presentes quatro tipos de atividade: conversão, espera de informações, passagem de informações (movimento) e inspeção.

Tal visão de fluxo de informações colabora com o entendimento de desenvolvimento de produto, em que o trabalho é compartilhado entre vários profissionais. A espera, movimentação e inspeção são atividades que ocorrem quando há interdependência na execução de tarefas por diferentes profissionais, ou quando há diferentes intervenientes influenciando as soluções projetuais (JACQUES,2000).

Dessa maneira, o desenvolvimento de novos produtos é compreendido como uma atividade cuja interatividade é de grande importância para a qualidade do produto e para a eficiência do processo produtivo (KOSKELA; BALLARD; TANHUNPÄÄ,1997).

Eastman et al (2011) afirma que com a tecnologia BIM (*Build Information Modeling*), é possível oferecer suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo melhor análise e controle do que os processos manuais.

Sem dúvidas a tecnologia BIM tem muitos benefícios sendo cada vez mais implementada e entendida, porém ainda existem alguns desafios que precisam ser superados para que sua execução sejam mais rápida e eficaz. De acordo com Toledo (2017), ainda se percebe com uma frequência alta casos de falhas na execução do BIM. O prognóstico de fracasso, em muitos casos é evidente para quem está iniciando, mas certamente não era para aqueles que investiram tempo e recursos altos na

expectativa de obter um salto qualitativo em seus resultados obtidos com o BIM, visto que para esses o prejuízo é duplo, já que um trabalho em BIM ineficiente provoca mais prejuízo do que um trabalho em AutoCad mal elaborado.

Toledo (2017) relata que ainda se percebe, com uma frequência alta, casos de falhas na execução do BIM. Fato este, que gera a necessidade de melhorar estes processos de negócio em ambientes competitivos e de rápida evolução. Para tanto, a área de mineração de processos pode contribuir para esta melhoria, uma vez que permite com que as organizações aprendam com seus próprios processos.

Segundo Van der Aalst et al (2019), a mineração de processos é amplamente usada para diagnosticar e solucionar problemas e não conformidades de desempenho, podendo ser separadas em três tipos, descoberta de processos, verificação de conformidade e aprimoramento do modelo.

Baseado em dados de eventos brutos o processo de descoberta cria modelos de processos que representam a realidade incluindo todos ou os comportamentos mais frequentes que juntamente com a verificação de conformidade, que combina modelos e procedimentos, é possível verificar e controlar erros (Van der Aalst et al ,2019).

Assim, diante de um contexto em que se busca melhorias de eficiência dos processos de execução da tecnologia BIM no ambiente corporativo, a presente pesquisa objetiva identificar os benefícios resultantes da análise dos modelos de processos que usam a mineração de processos aplicada aos projetos de edifícios realizados usando a metodologia BIM.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral desse trabalho é estudar acerca dos benefícios da adoção do BIM aliado a mineração de processos

### **2.2 Objetivos específicos**

- Estudar um trabalho que caracterize o planejamento BIM 4D;
- Estudar pelo menos um modelo de BIM 4D que use as técnicas de mineração de processos;
- Identificar as principais diferenças entres os modelos.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

O presente capítulo foi desenvolvido com base em uma fundamentação teórica em literatura nacional e internacional. Nele serão abordados temas como: Projetos na Construção Civil, BIM, Problemas de Execução BIM e Mineração de Processos.

### **3.1 Projetos na Construção Civil**

A Construção Civil é definida como um conglomerado de atividades produtivas que envolvem a instalação, reparação, equipamentos e empreendimentos de acordo com as obras a serem realizadas (OLIVEIRA, 2012).

Nos últimos anos, percebeu-se uma enorme preocupação das empresas em relação à melhoria na qualidade e desenvolvimento de projetos. De acordo com a sexta edição o livro PMBOK (2017), os projetos são uma forma de gerar valor e benefícios para a organização, visto que no ambiente atual de negócios e com uma maior competitividade entre as empresas, os líderes organizacionais são capazes de comandar equipes para atividades com prazos cada vez mais curtos, orçamentos mais apertados, recursos mais escassos e tecnologias que mudam rapidamente.

Existem vários termos relacionados aos projetos na literatura, no entanto, todas convergem para um mesmo sentido que seria a necessidade de alcançar algum resultado ou meta, em um conjunto de atividades temporárias. O guia de conhecimento sobre gerenciamento de projetos (PMBOK) (2017) coloca o projeto como “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único”.

De acordo com Turner e Muller (2002), um projeto é definido como um esforço em que humanos, materiais e recursos financeiros são unidos em prol de um determinado objetivo, o qual para realizá-lo é necessária uma organização inovadora de determinada especificação dentro de restrições de custo e tempo de modo a alcançar mudanças benéficas.

Além disso, o PMI - *Project Management Institute* (2017), através do seu guia de gerenciamento de projetos menciona que o projeto pode ser dividido em fases ou subcomponentes distintos, que geralmente podem ser nomes referentes ao que cada fase realizará. Exemplos de nomes de fase incluem, mas não estão limitados a: Desenvolvimento do conceito; Estudo de viabilidade; Requisitos do cliente; Desenvolvimento da solução; Projeto; Protótipo; Construção; Teste; Transição; Comissionamento; Revisão de marcos e Lições aprendidas.

Nesse sentido, ainda segundo o PMI, percebe-se a importância da gestão de projetos, visando a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e inerentes ao projeto a fim de cumprir os requisitos para o desenvolvimento de um bom projeto com o intuito de conseguir um excelente resultado no objetivo final a ser alcançado pelas organizações.

O processo de projeto é um conjunto de informações aprimoradas que são transmitidos a fases subsequentes. Embora pequenos empreendimentos da construção civil produzam uma grande quantidade de informações, e por isso os benefícios do uso da tecnologia da informação (TIs) são muitos. No entanto, nota-se um distanciamento das pesquisas em tecnologia aplicada a construção civil e os métodos utilizados no cotidiano (AYRES FILHO, 2009).

Para Koskela et al (1997), o gerenciamento de projetos é uma das áreas que mais são negligenciadas do setor da construção, implicando em uma substituição da verificação e controle dos processos por um “caos” e pela improvisação no processo.

Nesse sentido, o conjunto de técnicas e habilidades que o gestor deve possuir reflete diretamente na qualidade das entregas do projeto. De acordo com Fabrício (2010), a qualidade do projeto pode ser percebida por meio de uma perspectiva única de cada disciplina e agente envolvido. Em uma visão de projeto, enquanto um serviço especializado, a qualidade é ligada a soma de qualidades inerentes a cada especialidade de projeto.

Fabrício (2010) ainda comenta que a qualidade do projeto também compreende fases de maturação como, qualidade nos levantamentos de informações referentes ao projeto, ou seja, o briefing e o escopo; qualidade do programa de necessidades; qualidade técnicas das soluções de projeto; qualidade da apresentação de projetos; qualidade de gestão do processo de projeto; e qualidade do processo ou serviço de projeto.

Dessa forma, de acordo com Melhado (1994), para garantir o atendimento às várias perspectivas da qualidade de projetos, as saídas de projeto devem ser analisadas de maneira crítica por seus colaboradores e validadas pelos empreendedores, projetistas e construtores de maneira a garantir coerência com os objetivos e os processos de execução.

Diante do exposto, percebe-se, de acordo com Fabrício (2018), que o desenvolvimento de técnicas, conceitos e soluções no âmbito de projeto, além de uma maior interação entre o profissional e o projeto, corrobora para processos mais enxutos, mitigando os erros ao final das atividades propostas pelas organizações. Esse desenvolvimento acelerado, com soluções mais ágeis e processos mais assertivos, levam as empresas a uma procura incansável por maneiras de otimizar seus processos produtivos. Nessa perspectiva, a mineração de processos surge como uma opção nesse contexto competitivo que as organizações enfrentam.

### 3.2 BIM (Build Information Modeling)

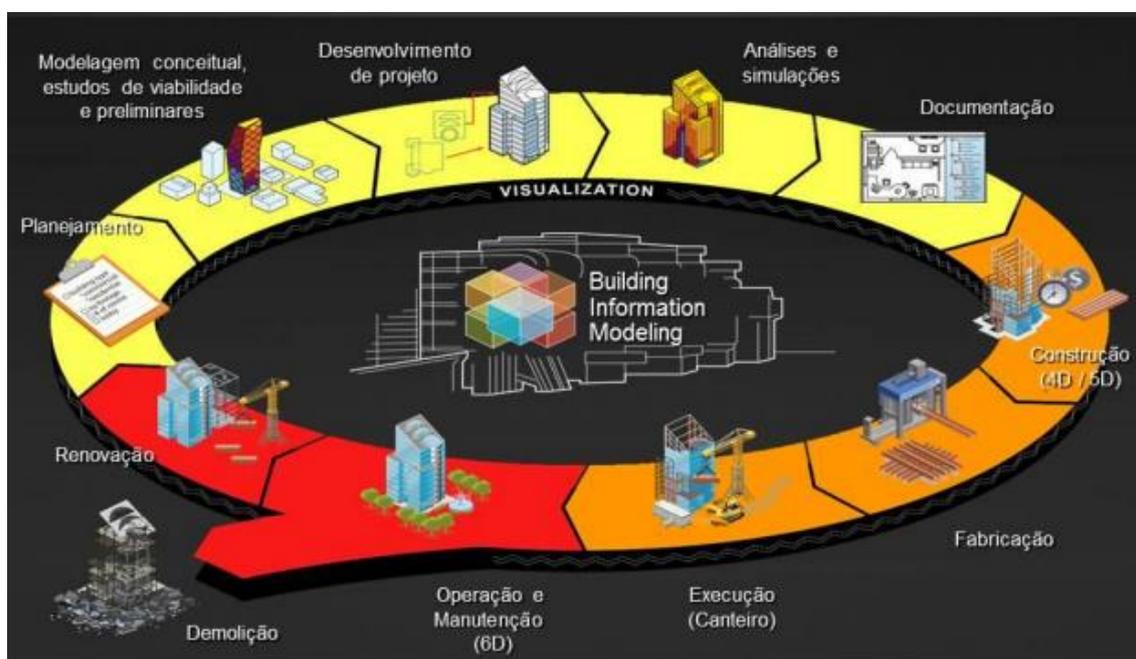
O BIM, é para Eastman et al (2011) um dos desenvolvimentos mais promissores que surgiram nas últimas décadas no âmbito da indústria da arquitetura, engenharia e construção. Com essa tecnologia é possível que modelos 3D sejam desenvolvidos de forma virtual, permitindo-lhes um maior controle dos processos manuais, visto que ao concluídos são capazes de gerar dados precisos e informações necessárias para as atividades de construção (EASTMAN, 2011).

Trata-se de uma inovação tecnológica radical de processo, alterando funções, responsabilidades e conteúdos de produtos ao longo de todo o ciclo de vida das construções. (KASSEM; AMORIM; 2015). Os autores ainda comentam que a implantação dessa nova tecnologia ocorre por meio de aplicativos que articulam em “plataformas tecnológicas”, compostas por aplicativos interoperáveis de um mesmo ou de diferentes fornecedores.

Nesse sentido, o conceito de BIM envolvem tecnologias e processos que são incorporados a produção, comunicação e verificação dos modelos de construção, o qual tem como objetivo a busca pela colaboração em um sentido que todos os participantes coloquem seus esforços para que foco seja alcançado, ou seja, a construção de um “modelo único” de um edifício (RUSCHEL, 2009).

O BIM, por sua vez, pode ser aplicado a todo ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção e a conceituação da ideia, começando pelo desenvolvimento do projeto e incluindo a construção, bem como ao término da obra. Neste último caso, os modelos BIM podem ser usados para a gestão da ocupação e na manutenção do empreendimento (CBIC,2016). Como representado na figura 01.

Figura 01 – BIM no ciclo do empreendimento



Fonte: Autodesk University (2012)

Cada fase do empreendimento deve incluir determinadas informações, amadurecendo junto ao desenvolvimento do empreendimento. Porém para que o modelo de projeto seja útil ele deve ser levado à construção e à operação onde deve ser verificado e adaptado as necessidades de cada agente, processo e tecnologia, garantindo, assim, a continuidade do modelo de uma etapa a outra, reduzindo erros e maximizando ganhos para todo o elo da cadeia (MELLO, 2012).

A necessidade de uma colaboração mais estreita e uma comunicação mais eficaz pode ser observado devido o crescente interesse na tecnologia BIM em um conjunto de novas estruturas de gerenciamento de projetos (EASTMAN, 2011). A colaboração e comunicações características dos projetos requerem documentações específicas (LEE, 2008). Normalmente essa documentação era feita em papel ou documento (BSI, 2010). Dessa forma, as ferramentas tradicionais dos projetos de construção que antes usavam papéis agora, com o BIM, são colocadas em um ambiente virtual, permitindo um maior nível de eficiência na colaboração e comunicação que excede os processos tradicionais de construção (LEE, 2008).

Outros benefícios do BIM também estão associados ao desenvolvimento de abordagens enxutas para o gerenciamento de projetos, como a colaboração e o

aprimoramento de informações que contribuam para a redução de desperdícios que não agregam valor (OLATUNJI, 20110).

A tecnologia BIM ao migrar do processo de projeto “clássico” representado em 2D e adotar o modelo 3D e toda sua forma de extração de informações dos modelos implementou na indústria da construção um novo marco diante da integração e colaboração entre os profissionais e o processo construtivo, impactando positivamente no ciclo de vida do projeto. Eastman (2011) aponta algumas vantagens da contribuição do BIM nas etapas da construção, destacam-se:

- Concepção, viabilidade e benefícios de design;
- Maior desempenho e qualidade do edifício;
- Colaboração aprimorada usando a entrega integrada do projeto;
- Visualizações anteriores e mais precisas de um design;
- Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer estágio do design;
- Colaboração anterior de várias disciplinas de design;
- Fácil verificação da consistência com a intenção do projeto;
- Correlações automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas em projetos;
- Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto;
- Incremento da eficiência energética e da sustentabilidade;
- Sincronização de projeto e planejamento da construção;
- Descoberta de erros e omissões antes da construção;
- Reação rápida a problemas de projeto ou no canteiro de obras;
- Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados;
- Melhor implementação e técnicas de construção enxuta;
- Sincronização de aquisições de materiais com o projeto e a construção;

Melhor gerenciamento e operação das edificações. Kassem e Amorim (2015), também apontam um aumento na produtividade dos projetistas, eficácia e efetividade, gerando dados e informações mais precisas e consistentes. Além disso, as empresas de construção se beneficiam com a minimização dos erros, elevada previsibilidade e redução de custos do empreendimento. Já os proprietários tem menores custos de operação, maior previsibilidade da efetiva disponibilidade do bem e maior tempo de usufruir do bem em decorrência de uma maior qualidade do produto. Por fim, há uma

maior interatividade entre os fornecedores e seus parceiros, além da contribuição logística e um melhor acompanhamento no ciclo de vida do produto.

Neste trabalho, BIM será abordado priorizando o foco em planejamento de obras, mostrando características do BIM 4D e a aplicação da mineração para otimizar o planejamento de obras.

### **3.3 BIM 4D**

Segundo Monteiro e Martins (2011), um dos vetores de desenvolvimento nas ferramentas BIM é a introdução da dimensão tempo nos seus modelos. Em termos de produção na construção, esta dimensão pode ser vista na perspectiva de um planejamento de atividades. Através da integração deste tipo de funcionalidade num modelo tridimensional BIM, surge o BIM 4D (BARBOSA, 2014, p. 28).

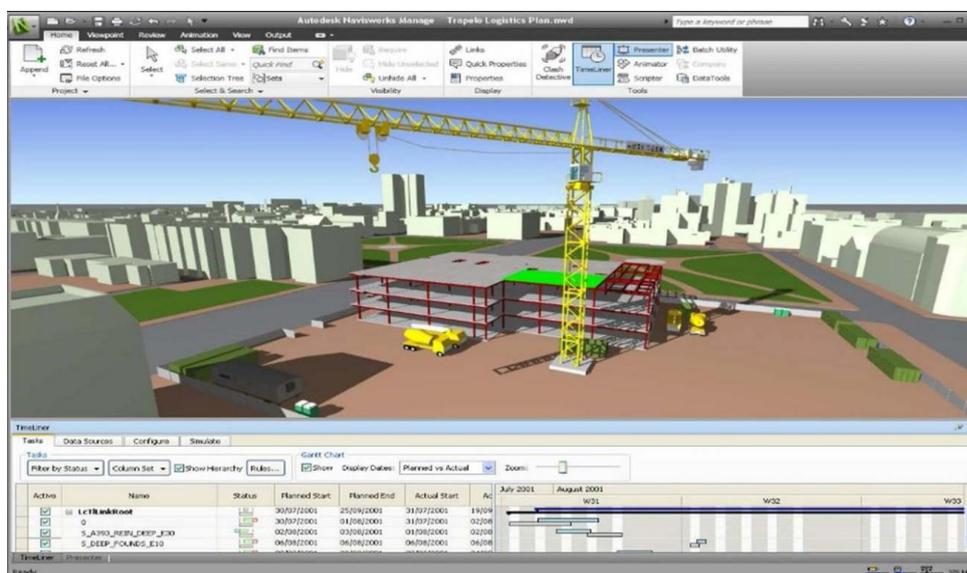
Os diagramas de barras e diagramas de rede, usualmente utilizados no planejamento e controle da produção, não relacionam diretamente a configuração espacial do projeto com as atividades, nem vinculam essas atividades com o modelo construção. Dessa forma, o planejamento das atividades torna-se uma tarefa manual e morosa e, não raras vezes, essas atividades não coincidem com a configuração e as necessidades do projeto original. Além disso, os sistemas tradicionais de planejamento ocasionam dificuldades aos intervenientes da obra para entender a calendarização e o encadeamento das atividades definidos e qual o seu impacto na logística da obra. Deste modo, apenas algumas pessoas totalmente familiarizadas com o projeto e com o modo de como será construído podem avaliar se o planejamento realizado é exequível e plausível (ANTUNES, 2013, p. 47).

Buscando uma alternativa a essa problemática, a modelagem de informações da construção, por meio da introdução do fator tempo ao modelo, possibilitou aos construtores gerenciar e simular as etapas da construção, bem como analisar melhor a construtibilidade antes da execução (FLORIO, 2007, p. 2). Dessa forma, o sistema se torna útil como forma de apoio à decisão na análise da viabilidade do projeto e nas operações de construção, para desenvolver estimativas e gerir recursos (MONTEIRO; MARTINS, 2011). As associações temporais tornam essas antecipações possíveis,

pois, aliadas ao modelo 3D, exportam dados do sequenciamento de execução das atividades gerando uma visualização interligada do planejamento da construção.

A figura 02 torna visual o conceito abordado acima, pois traz uma imagem gerada por um programa que utiliza a plataforma BIM especificamente com ferramentas de gestão 4D. A parte superior da imagem traz o modelo 3D o qual recebeu informações do usuário sobre a ordem correta de execução de cada elemento possibilitando a criação automática da planilha correspondente ao planejamento e controle da produção mostrada na parte inferior da figura 02 abaixo.

Figura 02 - Associação do modelo 3D à sequência temporal das atividades da construção



Fonte: Antunes (2013)

De acordo com Antunes (2013), essas simulações e associações geradas pelas ferramentas 4D dos programas de gestão da construção trazem inúmeras vantagens aos usuários utilitários da plataforma pois abre mão de um planejamento limitado de informações físicas sobre o empreendimento, contido somente em planilhas de gestão, em detrimento de um planejamento visual da obra fazendo uso da geração automática das planilhas de dados a medida que o projeto ou as atividades são alteradas, consequentemente, reduzindo as falhas no planejamento físico das atividades.

Cabe salientar, segundo Antunes (2013), outra vantagem da utilização do BIM 4D para planejamento e gestão da produção a qual diz respeito a antecipação das interferências e problemas os quais seriam visualizados somente no momento da execução das atividades. Isso se dá, pois à medida que a execução do projeto vai sendo simulada em 3D, interferências advindas da falta de compatibilização entre diferentes projetos, ou mesmo de falhas como diferenças entre dimensões de projeto e execução ou falta de planejamento da execução de estruturas temporárias como tapumes vão aparecendo antes mesmo do início da obra propriamente dita. Isso faz com que o engenheiro responsável tenha mais tempo para solucionar tais problemas e ainda evita o retrabalho que tais falhas podem gerar.

### **3.4 Problemas de Execução do BIM**

No que tange ao gerenciamento, não há uma forma única de implementação ou utilização do BIM. Diferente de outras práticas de construção, um documento BIM único é capaz de fornecer instruções para sua aplicação. Muitas empresas que vendem programas estão ganhando muito dinheiro com este alvoroço do BIM e possuem softwares para tratar certos aspectos quantitativos, mas não o processo como um todo (AZHAR, 2011).

Azhar (2011) cita algumas barreiras no desenvolvimento do BIM:

- A necessidade de modelos de processos transnacionais bem definidos para eliminar problemas de interoperabilidade de dados;
- A condição de que os dados de desenho digital sejam computáveis e
- A necessidade de estratégias bem desenvolvidas para a integração de informações significativas entre os componentes do edifício do modelo de informação.

Segundo Lino (2012), o principal entrave encontrado, até mesmo em países onde o BIM já é bastante utilizado, é a falta de pessoal com competências para colaboração e comunicação através das tecnologias 3D, 4D e 5D. Outros aspectos técnicos limitam a adoção prática do BIM, como: alto investimento inicial para aquisição de softwares compatíveis, presença de falhas durante a interoperabilidade de plataformas,

responsabilidade e delegação de direitos de autoria no uso do BIM. Porém, conforme já evidenciado, as barreiras estão centradas em recursos humanos e nas falhas das organizações, uma vez que os fluxos de comunicação e confiança em algo novo não são facilmente alteráveis.

De acordo com Abaurre, Manzione e Melhado (2011), mesmo que o BIM represente um novo patamar, existe a necessidade de resolver problemas inerentes ao processo de projeto para que essas dificuldades não impeçam a utilização do BIM. Além desses, são muitos os desafios que aparecem devido a mudança proposta por esse conceito, como por exemplo, o planejamento das atividades e a complexidade das trocas de informações e dos novos processos.

Manzione (2013) afirma que durante o processo de projeto em BIM as informações são detectadas e filtradas, logo depois são transformadas em ciclos sucessivos de interações, onde ocorre a mistura de modelos virtuais, interferências são detectadas, novas informações são geradas e novos problemas percebidos.

Com esse grande número de informações e dados adquiridos em decorrência da interrelação entre as diversas atividades de um projeto, surge, portanto, a necessidade de implantar ferramentas que promovam de forma mais rápida e segura a análise desses dados. Melhorando assim, o processo de projeto em BIM. Fato este que despertou o interesse no estudo da área de mineração de processos.

### **3.5 Mineração de Processo**

A mineração de processos é um tema de pesquisa relativamente recente que fica entre o aprendizado da máquina e a mineração de dados, bem como a modelagem e verificação de processo. O foco da mineração de processos é descobrir, melhorar e monitorar processos reais extraíndo-lhes o entendimento dos logs de eventos disponíveis nos sistemas atuais (VAN DER AALTS, 2016).

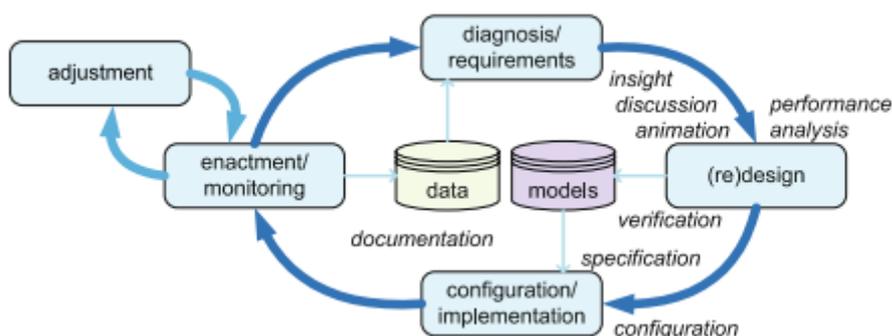
Segundo Van der Aalts et al (2019), a mineração de processos é amplamente usada para diagnosticar e solucionar problemas e não conformidades de

desempenho, podendo ser separadas em três tipos, descoberta de processos, verificação de conformidade e aprimoramento do modelo.

Baseado em dados de eventos brutos o processo de descoberta cria modelos de processos que representam a realidade incluindo todos ou os comportamentos mais frequentes que juntamente com a verificação de conformidade, que combina modelos e procedimentos, é possível verificar e controlar erros (VAN DER AALTS et al ,2019).

Para Van Der Aalts (2011), o entendimento do conceito de mineração de processos em primeiro lugar é necessário descrever o chamado ciclo de vida do BPM (*Business Process Management*), ou em português, gerenciamento do processo de negócio. Na figura 3, representada a seguir, descreve diferentes fases de um gerenciamento de um processo de negócios específico.

Figura 3: Ciclo de vida do BPM, mostrando os diferentes usos do modelo.



Fonte: Aalts (2011)

A primeira fase, chamada de design, um processo é projetado. Esse processo é transformado em um sistema em execução na fase de configuração/implementação, visto que se já estiver em um formato executável e um sistema WFM (Workflow Management), gerenciamento do fluxo de trabalho, ou o BPM já estiver em execução, esse processo pode ocorrer de forma rápida. No entanto, sendo um modelo informal e precisar ser decodificado em software convencional, esse processo pode demorar significativamente.

Em seguida, vem a fase de aprovação/monitoramento. Nessa fase os processos estão em execução enquanto são monitorados pela gerencia com o intuito de verificar se haverá necessidade de alteração. Algumas dessas alterações são realizadas na fase de ajuste.

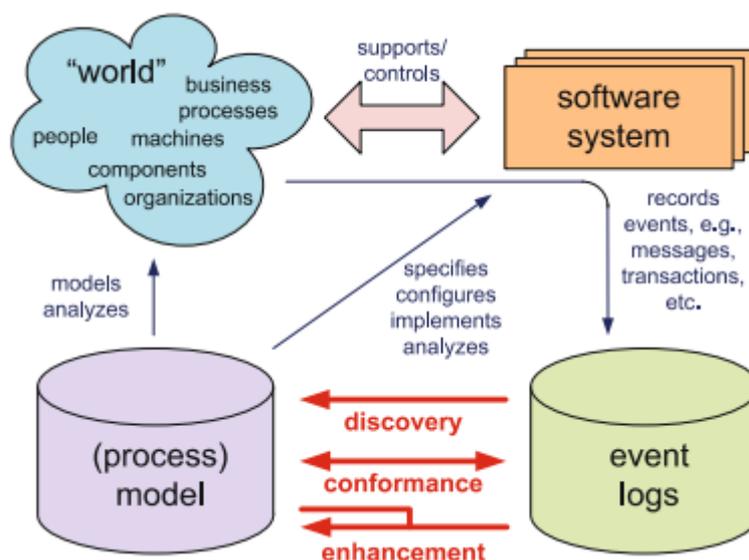
Logo, a fase de ajuste é iniciada, porém nessa etapa o processo não é redesenhado e nenhum software é criado, nesse caso somente controles definidos anteriormente são usados para adaptar ou reconfigurar o sistema.

Por fim, a fase de diagnóstica, em que verifica o processo e monitora condições resultantes das alterações nos ambientes do processo. Dessa forma, baixo rendimento ou novas demandas podem ativar um novo ciclo de vida do BPM, iniciando a fase de reprojeto.

Van Der Aalst (2011) afirma que os sistemas de informações no dia atuais registram uma enorme quantidade de informações por meio de logs de eventos, em que tais logs podem ser analisados com a ajuda de sistemas, observando-se, portanto, um vínculo entre os processos reais e seus dados, por um lado, e os modelos de processos, por outro, na medida que o universo físico e o universo digital tornam-se cada vez mais alinhados.

No entanto, vários sistemas de informações não armazenam as informações de forma correta, por exemplo, os dados do evento ficam espalhados por muitas tabelas ou precisam ser extraídos dos subsistemas que trocam mensagem, assim alguns esforços são necessários para extraí-los, necessitando a ajuda de técnicas de mineração que podem ser exemplificadas como sendo três – descoberta, conformidade e aprimoramento (VAN DER AALST ,2011). A figura 4 a seguir expõe essas técnicas.

Figura 4: Posicionamento dos três tipos de mineração de processos: descoberta, conformidade e aprimoramento.



Fonte: Aalts (2011)

O primeiro tipo de mineração de processos comentada por Van Der Aalts (2011), é a descoberta. Essa técnica leva um log de eventos e produz modelos sem usar inicialmente nenhuma informação, por exemplo, o algoritmo  $\alpha$ , que no que lhe diz respeito leva um log de eventos e produz uma rede de Petri, ferramenta para estudo de sistemas, explicando o comportamento de registro no log. É possível a descoberta de modelos relacionados a recursos se o log de eventos conter informações sobre esses recursos, por exemplo, uma rede social que mostra como pessoas trabalham juntos em uma organização.

O mesmo autor, relata que o segundo tipo é a conformidade que afirma que em um processo existente o modelo é comparado com um log de eventos do mesmo processo, levando a verificação de conformidade que pode ser usada para analisar a conformidade do modelo diante do registro no log e vice versa. Esse evento pode ser explicado pela verificação do princípio dos "quatro olhos", em que se afirma que as atividades específicas não devem ser executadas por uma única pessoa. Logo, ao analisar o log de eventos de um modelo especificando esses requisitos, é possível descobrir casos de fraude. Desse modo, com essa verificação de conformidade é possível detectar, localizar e desvios e medir a gravidades deles.

Por fim, o terceiro tipo é o aprimoramento. Van Der Aalts (2011) afirma que o pensamento por trás desse tipo de mineração é entender ou melhorar um processo existente com o objetivo de usar informações sobre um processo real gravado em algum log de eventos. Considerando que a verificação de conformidade, relatada no parágrafo anterior, tem o foco de medir o alinhamento entre o modelo e a realidade, esse terceiro tipo propõe alterar ou estender o modelo a priori. Um tipo de aprimoramento é conhecido como reparo, ou seja, ele modifica o modelo para refletir melhor a realidade, explicando melhor, se duas atividades forem modeladas em qualquer ordem o modelo pode ser corrigido para refletir isso. Outro tipo de aprimoramento é a extensão, isto é, adicionar uma nova perspectiva ao modelo de processo, correlacionando-o com o log. Esse aprimoramento, por exemplo, é a extensão de um modelo de processo com dados de desempenho, em que pode ser usado registros de data e hora no registro de eventos de processo de “solicitação de compensação” para mostrar gargalos, níveis de serviço, tempo de produção e frequências.

### **3.6 Mineração de Processo na Modelagem da Informação**

Nessa perspectiva, estudos realizados em relação a narrativa anteriormente comentada acerca da utilização da mineração de processos na construção civil ainda são muito escassos. No entanto, alguns autores tem feito progresso no âmbito desses estudos, onde mostram a aplicação da técnica de mineração de processos em projetos que foram executados utilizando a tecnologia BIM, que por vezes o progresso de processos e atividades produtivas desses projetos tem recebido uma atenção especial a fim de se tornarem mais produtivos.

Zhang, Wen e Ashuri (2017) comentam em seu estudo que diante da crescente evolução da modelagem da informação da construção, tem-se observado um

crescente uso de aplicativos BIM, resultando em um aumento significativo no volume de informações gerados pelos softwares, fornecendo informações importantes sobre o processo de projeto que, por sua vez, geram cada vez mais logs, sendo esses logs extraídos com técnicas de mineração de dados a fim de serem analisados e conseguir informações relevantes para o processo.

Em outro estudo, Kouhestani e Nik-Bakht (2019) aplicaram técnicas de mineração de processos em cooperação com arquivos IFC (Industry Foundation Classes), Classes da Fundação da Indústria, essa união permitia o BIM capturar pegadas digitais dos colaboradores do projeto e criar logs de eventos para a fase de criação do projeto de projetos de construção.

Diante disso, como resultado das pesquisas, ambos deixaram claro que com a aplicação das técnicas de mineração de processos é possível que modelos de processos sejam descobertos e ajustados a fim de otimizar os projetos desenvolvidos em BIM, gerando, assim, dados consistentes e precisos, minimizando erros e melhorando a produtividade desses projetos.

À face do exposto nesse capítulo, fica claro que, a rápida evolução da indústria da construção civil promove o desenvolvimento de conceitos e técnicas que acompanhem esse crescimento acelerado. O BIM, nos dias atuais, promove essa evolução, tornando o desenvolvimento de projetos mais enxuto, porém, em muitos casos, esse conceito não é aplicado de forma correta nas organizações e ao invés de ajudar no desenvolvimento dos projetos e na progressão da organização, observa-se o efeito contrário.

Por isso, é preciso que as empresas promovam a implantação de tecnologias que fomentam, por exemplo, a extração e análise do grande fluxo de dados informados pela tecnologia BIM. A mineração de processo, por meio de ferramentas que geram logs de eventos dos softwares, consegue proporcionar essa análise, beneficiando o processo de projeto.

## 4 METODOLOGIA

De forma a cumprir os objetivos definidos pela pesquisa, a mesma foi desenvolvida com o propósito de comparar dois modelos de planejamento BIM 4D, sendo que um aplica a mineração de processos para otimizar o planejamento de obras desenvolvido em BIM.

Essa fase do projeto foi escolhida como foco principal de comparação entre os dois métodos para manter uma análise justa dos resultados a serem obtidos, traçando um paralelo entre os dois estudos a fim de analisar os rendimentos da adoção das técnicas de mineração de processos em projetos BIM.

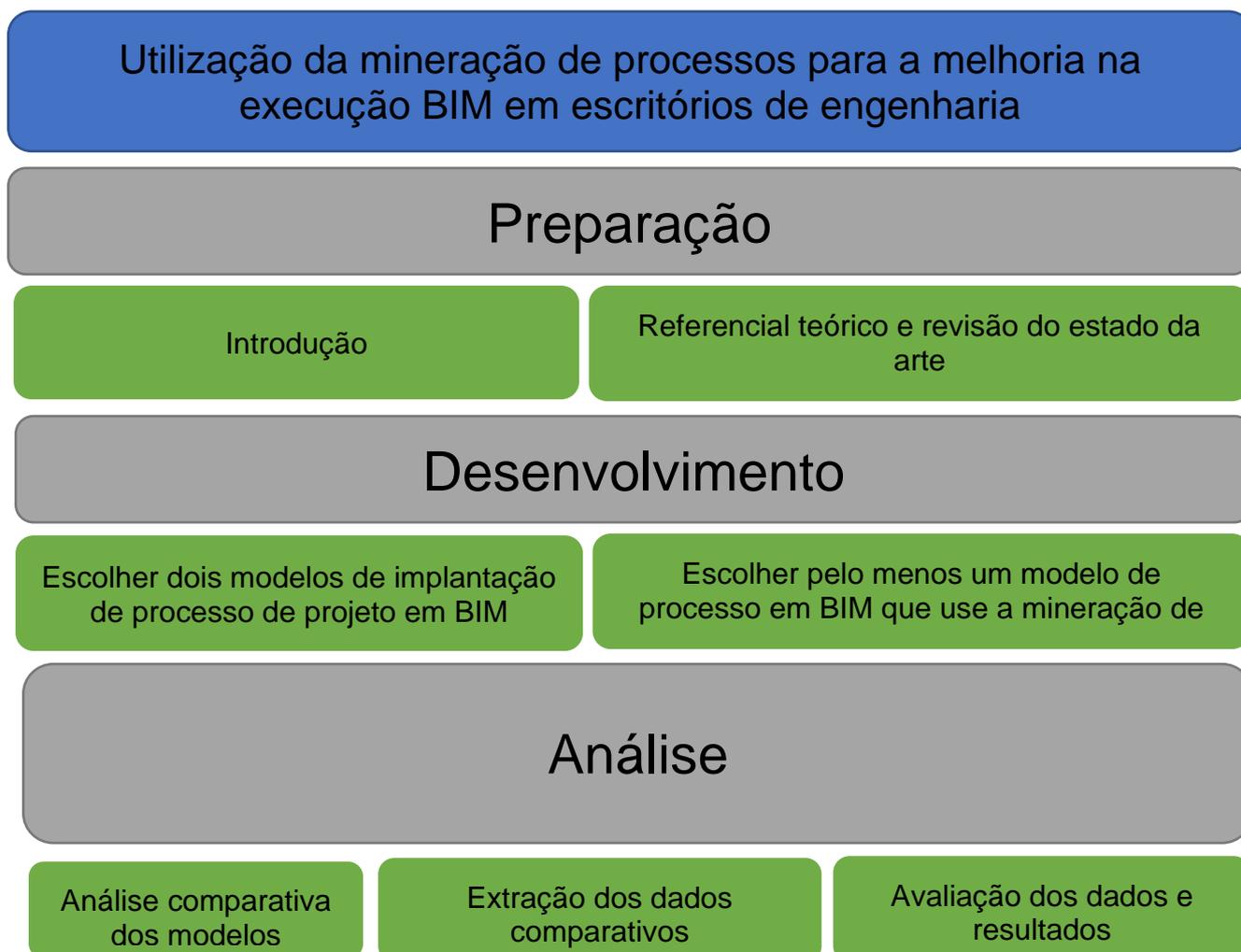
O método de investigação escolhido neste TCC foi o comparativo. A comparação entre os periódicos provieram de uma análise entre bibliografias referentes ao estudo da metodologia BIM, em que se observa a sua aplicação em meio ao ambiente de projeto, enquanto no segundo estudo foram analisados também linhas de pesquisa em que se observam a utilização da mineração de processo e seus resultados. Tais estudos foram escolhidos como objeto de pesquisa segundo palavras chaves como BIM, planejamento, mineração de processos no site da Capes e no Google Academic, estudados por meio de uma leitura minuciosa e um estudo aprofundado de cada periódico com base na linha de pesquisa desse trabalho em questão.

Logo, tendo em vista os resultados conclusivos entre as duas análises e sob uma nova ótica de desenvolvimento de projetos BIM, foram feitas as considerações pertinentes a respeito dos dados apresentados.

Sendo assim, essa pesquisa aplicada possui um caráter descritivo, que é definido por Prodanov e Freitas (2013) como uma pesquisa que tem sua finalidade descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Além disso, o presente trabalho usou-se do método hipotético-dedutivo, em que Prodanov e Freitas (2013) afirmam que esse método inicia-se com um problema no conhecimento científico, visto que é formulada uma hipótese, passando por um processo dedutivo, o qual é testada a hipótese da ocorrência de fenômenos abrangidos pela referida hipótese.

As etapas foram desenvolvidas de acordo com a tabela 01 que apresenta o esquema baseado na Preparação, Desenvolvimento e Análise.

Tabela 01 : Visão esquemática da Metodologia



Fonte: Elaborada pelo autor.

Dessa forma, de acordo com a visão esquemática proposta acima, em uma visão macro das etapas, a **Preparação** implica, inicialmente, na elaboração de um estudo teórico que servirá de fundamentação para a pesquisa; o **Desenvolvimento** compreende a macro etapa onde será realizado a escolha de dois estudos de caso aplicado ao desenvolvimento/execução de processo de projeto em BIM, bem como, posteriormente a escolha de pelo menos um estudo relacionado a aplicação do projeto

em BIM que aplique a técnica de mineração de processos; a **Análise** é a etapa onde será feita uma análise comparativa das técnicas de mineração de processos nos modelos e onde será feita uma análise comparativa entre os estudos para obter os resultados esperados da pesquisa.

A etapa de **Preparação** implicou em uma visão sistemática onde compreende-se aspectos introdutórios da pesquisa que tem como finalidade compreender o contexto em que a pesquisa está inserida, definir o tema proposto e seu planejamento. Outro aspecto da pesquisa compreende o embasamento teórico, visto que foi realizado a junção dos principais autores e pesquisas relacionados ao tema proposto no que tange os Projetos na Construção Civil, Metodologia BIM, Dificuldades de Implantação do BIM e Mineração de Processos.

Com o objetivo de realizar essa etapa, foi definida a metodologia de Pesquisa Aplicada, visto que segundo Fachin (2006), o método em pesquisa é a escolha de procedimento sistemático que visa descrever e explicar determinado estudo, ou seja, é um instrumento do conhecimento, que orienta o pesquisador a planejar sua pesquisa, formulando hipóteses, coordenando a investigação, realizando experiências, interpretando e construindo resultados.

O **Desenvolvimento** englobará o estabelecimento do contexto e entendimento do negócio, em que será identificado o fluxo de trabalho, atividades, processos e pessoas no contexto do desenvolvimento de um projeto realizado usando os conceitos de BIM. Nesse contexto, o trabalho apresentado realizará a escolha de no mínimo dois estudos de caso, sendo um que engloba o processo de projeto que use a metodologia BIM. Logo em seguida, será realizada outra pesquisa a fim de escolher outro estudo de processo de projeto em BIM, utilizando dentro desse conceito a ferramenta de mineração de processos com o objetivo de fomentar o estudo dos benefícios da mineração de processos nos processos BIM.

Por fim, a etapa de **Análise** foi elaborada seguindo a sequência proposta pela visão sistemática da pesquisa.

Sendo assim, correlacionado com os dados obtidos na etapa de desenvolvimento foi toda a análise dessa técnica como uma possibilidade em otimizar os processos de planejamento em BIM, minimizando os problemas no progresso dos projeto, ou seja, no andamento da obra.

#### **4.1 Critérios para a escolha do modelo de processo de projeto em BIM**

Para a elaboração dos comparativos entre o modelo de processo de projeto em BIM e o modelo de processo de projeto utilizando a mineração de processo em projetos BIM foi utilizado o seguinte critério. Pensou-se em traçar um paralelo entre estudos relacionados a aplicação do BIM, ou seja, um caso prático da utilização da metodologia BIM em contexto de projeto em comparação a um estudo de caso que utilize a mineração de processos em projetos BIM, ambos em desenvolvidos no mesmo âmbito de projeto, analisando, portanto a relação da mineração de processos e a melhoria do processo de projeto da execução da metodologia BIM em projetos de engenharia.

### **5.0 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

Neste capítulo será apresentado uma investigação a fim de solidificar o estudo no que diz respeito a melhoria do processo de desenvolvimento BIM, utilizando-se das ferramentas inerentes à mineração de processos, tendo como base a apresentação de dois estudos, um descrevendo a metodologia BIM em um âmbito de projeto, bem como a mineração de processos inserida no conceito BIM também em um ambiente de projeto, ambos na fase de planejamento e logo em seguida realizando uma análise comparativa entre os estudos.

#### **5.1 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO 1**

Logo, o primeiro estudo de caso realizado por WCShou, J. Wanga e X.Y. Wanga , 2018, teve como objetivo de minimizar os riscos de perda de produção incorporando o 4D BIM a uma estratégia de manutenção na produção de óleo e gás.

Inicialmente o estudo optou em escolher um projeto real que pudesse ser desenvolvido as atividades com a ajuda da aplicação da quarta dimensão do BIM.

Ao usar essa tecnologia o estudo propôs investigar as capacidades em melhorar o planejamento e execução nessa estratégia de manutenção, verificando, logo em seguida, o tempo e o custo para a realização do projeto.

O estudo se baseou em 4 níveis de aplicação do BIM 4D, em que se buscam o melhoramento do planejamento e execução, sendo elas a nível de planta, no nível de sistema, no nível de lote e no nível de atividade, cada um busca descrever como foi implementado a metodologia BIM no desenvolvimento do projeto.

A simulação do nível planta foi desenvolvido com base no modelo 3D tendo como objetivo a interoperabilidade entre as equipes principais a fim de revisar o escopo do projeto. A simulação do sistema, também desenvolvido com base no modelo 3D, buscou por meio da interação entre as equipes discutir sobre assuntos referentes a riscos iniciais, requisitos funcionais, recursos prováveis e o estabelecimento de estratégias de entregas, bem como priorizar tarefas e estabelecer lista de trabalho inicial.

O terceiro nível, o lote, envolve o estabelecimento de contratantes externos para avaliar o caminho crítico e propor soluções alternativas em prol da redução da duração do projeto. Por último o nível de atividade, nele são implantadas simulações 4D que com base no projeto 3D e no plano de execução garantem que todas as partes compreendam os detalhes a serem realizados referentes ao processo.

O estudo de caso compreendido foi realizado com base em uma planta importante de projeto de recuperação que consiste em LGN TRAIN 5 e trem de fracionamento. O espectro do problema escolhido para ser solucionado se dá pela instalação de gás cuja planta foi desenvolvida há 30 anos atrás. Logo, devido à falta de uma modelagem 3D para implementar a dimensão 4D, foram utilizadas a nuvem de pontos como mecanismo para a obtenção da modelagem 3D. Com a obtenção da modelagem e o desenrolar das atividades foram identificados diversos problemas que afeta diretamente no custo da operação.

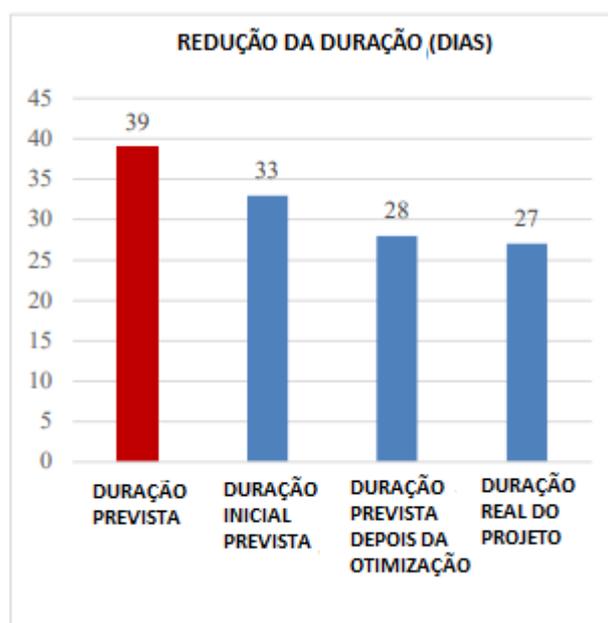
Os problemas identificados foram apresentados a equipe que os dividiu em categorias, analisando-as e buscando resolver cada dificuldade da melhor maneira. Esses problemas citados caso não fossem verificados poderiam causar enormes problemas ao desenvolvimento de ações corretivas e preventivas. O uso da tecnologia

permitiu o conhecimento desses problemas e a redução dos recursos anteriormente programados para a execução do projeto.

O estudo, ao analisar quantitativamente os custos e o tempo, optou-se por fazer um paralelo comparativo com outro trabalho similar referente a um sistema de gerenciamento integrado de recuperação. Ao montarem esse comparativo o estudo obteve dados que corroboram de forma positiva a utilização do BIM 4D em que foram identificados uma redução no tempo de execução do serviço da substituição de uma válvula.

O cronograma inicial do projeto, para essa atividade, concluiu um prazo para seu término de 14 dias, visto que com a tecnologia BIM nos primeiros dois níveis (ou seja, nível planta e nível sistema), a duração foi de 13,5 dias. Antes da execução de campo, a equipe definiu a meta do projeto para 12 dias com base nos resultados do BIM 4D nos dois primeiros níveis. De acordo com o relatório final, apresentado na figura 05, o projeto foi concluído em 11,6 dias.

Figura 05: Redução da Duração

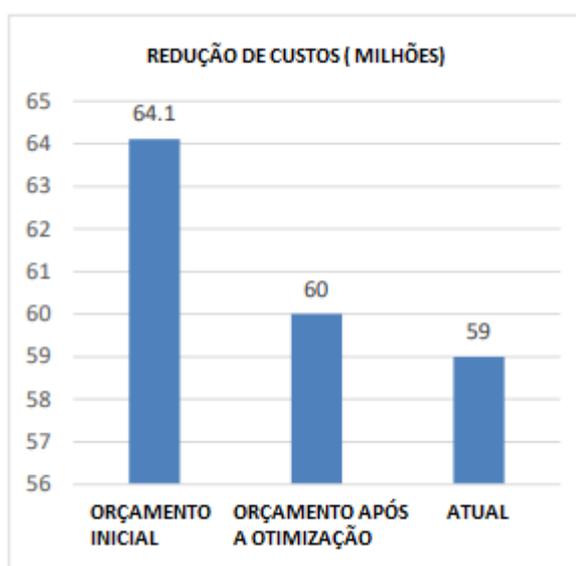


Fonte: WC. Shou, J. Wang e XY Wang (2018)

Nesse sentido, também foram realizadas análises comparativas de redução de custos, em que foi desenvolvido um custo estimado com base em três fases diferentes: fase inicial, fase de pré-execução e fase de conclusão, respectivamente. O orçamento inicial previsto para a execução do serviço era de 24,1 milhões e de

acordo com os relatórios finais de redução de custos foi percebido uma redução de 4,1 milhões na fase de planejamento e 1 milhão na fase de execução, como mostrado na figura 06.

Figura 06: Redução dos Custos



Fonte: WC. Shou, J. Wang e XY Wang (2018)

Neste estudo, segundo WC. Shou, J. Wang e XY Wang (2018), percebeu-se que a inclusão do BIM 4D no fluxo de trabalho agregou resultados significativos no que diz respeito a qualidade da troca de informações e cooperação entre as equipes. A partir de sua aplicação foi possível uma execução mais detalhada e assertiva com a descoberta de problemas antes não detectados, reduzindo gastos e tempo e maximizando resultados.

Nota-se, por sua vez, que o estudo não se atentou claramente a análise do seu processo com base de dados do seu fluxo de trabalho, focando apenas na sequência lógica das atividades propostas para a realização das atividades. Sabe-se, portanto,

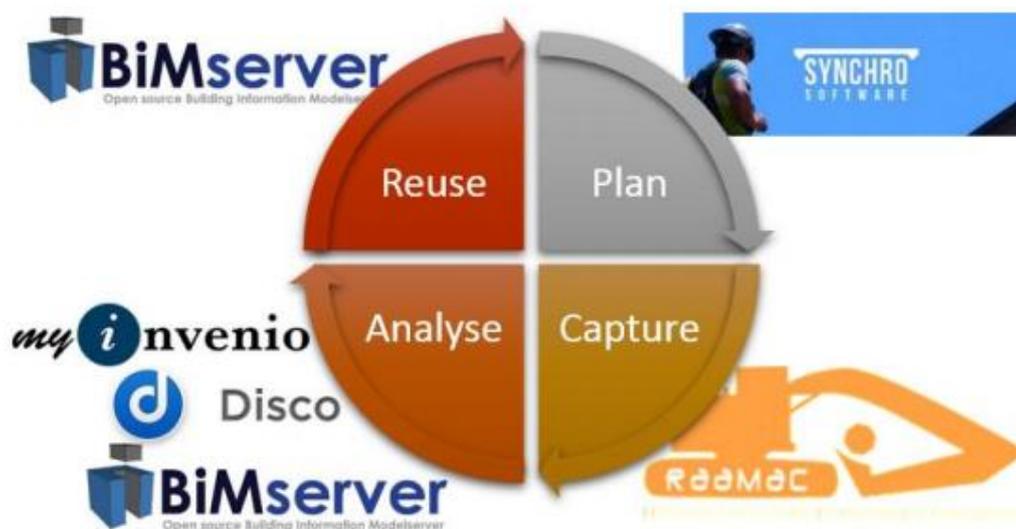
que com a utilização da metodologia BIM dados e informações podem ser extraídos dos seus softwares e sua análise traz consigo inúmeras informações e possibilidades de verificações de gargalos e erros encontrados na concepção e na execução de atividades das empresas, sugerindo que as empresas entendam melhor seu fluxo de trabalho, surgindo o interesse para o estudo da mineração de processos como melhoria contínua.

## **5.2 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO 2**

Dando continuidade a construção do pensamento crítico em relação a verificação da aplicabilidade da mineração de processos em projetos BIM, foi utilizado como ferramenta comparativa um estudo de caso realizado por Stijn Van Schaijk (2016). Nesse sentido, Stijn Van Schaijk (2016) propôs nesse estudo a incorporação da mineração de processo em concordância com a tecnologia BIM, e comparou o que foi planejado com o que está construído, onde ele visou uma melhoria entendimento da análise do fluxo de informações com base em dados extraídos pelos sistemas BIM.

O projeto desenvolvido contém 10 andares e foi realizado na Holanda. Inicialmente o projeto foi recebido em arquivo 2D e transformado em um modelo IFC (Industry Foundation Classes) com a ajuda do programa Synchro na fase de planejamento. O estudo também buscou utilizar o mecanismo de captura de imagens com a ajuda de drones para fazer uma varredura e criar a partir das imagens nuvens de pontos a criação do modelo já construído com a ajuda do RAAMAC, um software de controle e monitoramento em tempo real. Em seguida, houve a comparação entre o arquivo IFC planejado com o arquivo de geração de nuvem de pontos do que está construído. Esse processo, anteriormente descrito está exemplificado resumidamente na imagem 07 abaixo.

Figura 07: Visão esquemática das ferramentas utilizadas



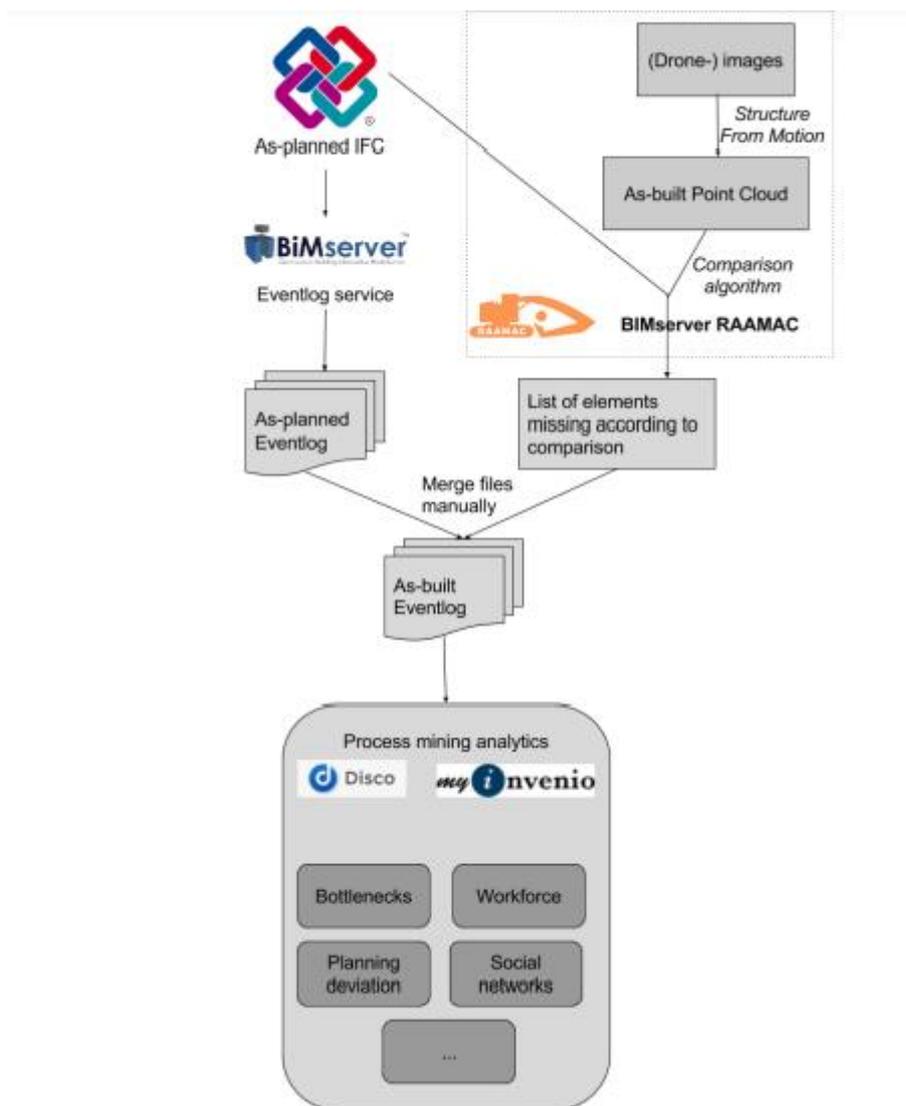
Fonte: Stijn van Schaijk (2016)

Nesse sentido, com o intuito de analisar a implantação da mineração de processos entre o modelo IFC planejado e os dados gerados pela nuvem de pontos do projeto já construído, as técnicas de reconhecimento de dados foram utilizadas com base no modelo IFC gerado convertido em logs de eventos, ou seja, dados detalhados de atividades ao longo do processo que são extraídos dos softwares BIMserver, bem como foram gerados logs de eventos dos dados conseguidos pelos nuvem de pontos. Esses dados, tanto do modelo IFC, quanto da nuvem de pontos foram incorporados em uma planilha no EXCEL, em que são verificados e separados como atividades

feitas no tempo correto ou que foram realizados fora do tempo, visto que do total de logs do arquivo IFC foi 7166 eventos, 194 foram indicados como fora do tempo previsto.

Dessa forma, algumas ferramentas são usadas para analisarem os dados dos logs de eventos retirados dos softwares de geração de modelos 3D, são eles o Disco e o MyInvenio. Com a ajuda desses instrumentos é possível criar um mapa de processo que auxiliam na tomada de decisões pela equipe de análise dos dados extraídos. Assim, a partir desses instrumentos algumas análises foram feitas com base nos dados recebido, onde, de acordo com o gerente de projeto a frente do estudo, verificou, como exemplo, duas tarefas que tiveram uma longa duração para serem concluídas. O gerente assim concluiu que a demora se tratava da escolha do método de concepção e construção escolhido, percebendo desvios de planejamento. Abaixo, a figura 08 deixa claro o fluxo de atividades como mecanismo de análise do registro de eventos.

Figura 08: Fluxo de atividades, a fim de permitir a análise dos registros de eventos



Fonte: Stijn van Schaijk (2016)

Concluiu-se, portanto, pelo gerente de projetos que a utilização da mineração de projetos permite uma visão única do que foi realizado e que a troca comunicação entre todos os membros da equipe ficam claras e precisas. Além disso, a verificação do mapa de processos ajuda na descoberta de gargalos nos processos, porém a comparação de vários projetos e a fusão de seus bancos de dados trazem mais segurança ao se verificar discordâncias no processo. Como sugerido por Aalts, 2011, o banco de dados é aquele que as empresas podem criar, mas reconhece-se que o total de análises de processos é mais interessante quando os logs de eventos de vários projetos são fundidos em um banco de dados e comparados.

### 5.3 DISCURSÃO DOS RESULTADOS

Com base na análise das informações adquiridas por esse trabalho, a tabela 02 retrata um resumo esquemático explicando os principais pontos entre o desenvolvimento de projetos BIM e a aplicação da mineração de processos em projetos BIM. Foram relatados alguns pontos importantes que visam um melhor entendimento a inclusão da mineração de processos como um mecanismo de suma importância para a melhoria continuada dos processos de projetos em BIM.

Tabela 02: Análise Comparativa dos Estudos de Caso

	<b>PLANEJAMENTO EM BIM</b>	<b>PLANEJAMENTO EM BIM E MINERAÇÃO DE PROCESSOS</b>
<b>MONITORAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO</b>	<p>Atividades como a elevação de alvenaria ou a execução da fundação se dá pelo desenvolvimento de diversas atividades, desde o pedido do insumo, recebimento, armazenamento e sua utilização.</p> <p>Logo, com o planejamento BIM é possível uma facilidade na visualização dos planos, o sequenciamento das atividades e a duração das atividades, podendo ser verificada nas ferramentas de planejamento BIM a possibilidade do registro do passo a passo em logs de eventos.</p>	<p>Com extração dos logs de eventos realizadas por ferramentas como a DISCO e a MYINVENIO há a possibilidade de usar a mineração para o entendimento dos processos que, juntamente com novas tecnologias, como a inteligência artificial, possibilita que o planejamento BIM seja mais preciso, sendo possível, por exemplo, analisar a se a atividade foi realizada no tempo ou não como visto no segundo estudo.</p>
	<p>O planejamento BIM ao ser proposto por uma empresa tende a unir diversas informações que são inseridas dentro dos softwares que</p>	<p>A análise dos dados com a mineração influencia, principalmente, no combate a desperdícios no processo. Esses</p>

<p>ECONOMIA DE RECURSOS</p>	<p>auxiliam nas atividades do processo. Diferente dos métodos tradicionais o BIM consegue ter um desenvolvimento melhor do processo como a antecipação de erros, noção completa do projeto antes da execução e redução de custo, auxiliando na economia de recursos durante a obra como verificado no primeiro estudo, em que foram economizados 4,1 milhões do projeto.</p>	<p>desperdícios envolvem a redução de erros por falhas ou inconsistências, ou seja, quando ocorre a descoberta de gargalos no desenvolvimento do processo do segundo estudo, bem como quando um colaborador em outra obra demora mais do que o esperado em uma atividade ou comete algum equívoco no desenvolvimento de determinada atividade. Todos esses erros são armazenados e posteriormente extraídos e identificados pelos gestores, assim tendo economia de recursos.</p>
<p>AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO</p>	<p>Quando se trata de tecnologias da informação direcionadas para controle de obras, a utilização de plataformas para o planejamento, como no caso da Prevision, MS Project e Primavera, é mais difundida. Neste caso, os construtores/planejadores elaboram o cronograma de execução e o controlam por meio dessas ferramentas.</p> <p>Com o BIM 4D as informações podem ser padronizadas para que o processo de simulação seja repetido em outros empreendimentos semelhantes e de forma mais automatizada. Dessa forma, é possível obter os resultados em menos tempo e com menos esforço. Um exemplo</p>	<p>Consiste em definir um processo, em um sistema informalizado, do tipo Worklow (também chamado de BPMS), com a finalidade de gerenciar status, “fiscalizar “ e reportar, o andamento de cada execução desse processo e, quando possível, substituir atividades manuais por automatizadas ou contar com o auxílio do sistema para facilitar a execução da atividade.</p> <p>As atividades são orientadas por um conjunto de regras, segundo definido pelo fluxo de trabalho do processo. Além disso, com a ajuda da engenharia reversa, ou seja, que permite reconhecer como um processo foi executado sem ter contato com seu diagrama</p>

	<p>comum dessa estratégia pode ser percebido no primeiro estudo quando foi utilizada a simulação, em que foi possível a visualização das atividades com um foco nas atividades críticas e a melhoria da produtividade dos colaboradores, sendo possível a automação do processo.</p>	<p>original, é possível verificar as atividades manuais que mais impactam na produtividade das equipes o que evidencia a necessidade da automação do processo.</p>
<p>MAPAS DO PROCESSO</p>	<p>O planejamento engloba diversas tarefas que são determinadas quanto a quem vai fazer determinada atividade, o local onde será realizada a atividade e o horário de cada atividade, assim ao serem inseridas essas informações nos sistemas de tecnologia BIM é possível que elas sejam mostradas em sistema de gráfico de GANTT, visto que também é possível extrair essas informações e apresentá-las em um fluxograma, por exemplo, que possibilite a visualização de mapas de processos contendo os fluxos das atividades.</p>	<p>Os logs de eventos ao serem criados com base nas ferramentas que consigam extraí-los do sistema de tecnologia BIM e depois de minerados é possível que esses dados minerados ao serem inseridos em uma ferramenta BPMN, ou seja, ferramenta que consiste em um conjunto de símbolos utilizados no desenho de processos, visando padronizar e facilitar o entendimento. Essa é uma etapa importante da automação, pois é nela que os processos são descobertos e desenhados.</p>
	<p>A abordagem do planejamento BIM em relação a melhoria no processo gira em torno dos conceitos como o ciclo PDCA. Cada vez que o ciclo PDCA se repete para solucionar um problema ou obter melhoria contínua, o próximo ciclo tende a ser mais complexo. O plano e as metas passam a ser mais ousados</p>	<p>Quanto mais capacidade de armazenamento e coleta de dados uma organização possui, mais dados pode coletar. Todavia, quanto maior a quantidade de dados, mais difícil fica, para humanos, conseguirem compreender e analisá-los, sem auxílio computacional. Se a organização tem dados sobre a</p>

<p style="text-align: center;"><b>EVOLUÇÃO E MELHORIA NO PROCESSO</b></p>	<p>e tudo fica mais difícil de aplicar. É necessário que toda a equipe seja bem treinada e esteja preparada para alcançar objetivos ambiciosos. O ciclo PDCA evita erros nas análises e padroniza as informações do controle de qualidade. Por esse motivo, pode ser empregado com muito sucesso em casos de transição para uma administração voltada para a melhoria contínua. Nesse sentido, no primeiro estudo percebeu-se uma evolução no processo quando se observa a realização de um trabalho, em que pode ser visto um trabalho mais preciso e o mais importante, a redução dos custos.</p>	<p>execução do processo, armazenados em Log de Eventos, pode utilizá-los, como base, para realizar análise, visando promover melhorias requeridas nos processos.</p> <p>Usando indicadores de desempenho do processo, o recurso de Mineração de Processos indica onde existem oportunidades para corrigir ou melhorar os processos. Essas oportunidades podem ser percebidas com a análise do segundo estudo quanto a demora em algumas atividades. Logo, ao analisar a causa raiz nos dados do sistema, o gestor identifica razões de eventuais desvios de comportamento, ocorridos no processo, que requerem melhorias. A partir dessa visualização mais ampla, é possível analisar os processos críticos da cadeia de valor</p>
---	---	--

Fonte: Elaborada pelo Autor

## 6.0 CONCLUSÃO

Neste estudo foi proposto um método investigativo que buscou comparar dois modelos de planejamento BIM 4D, sendo que um aplica a mineração de processos para otimizar o planejamento de obras desenvolvido em BIM.

Nesse sentido, para atender ao primeiro objetivo específico, foi apresentado um estudo que mostrou que diante de um mercado cada vez mais competitivo o BIM 4D surge como uma ferramenta com uma grande importância no setor da construção civil. Sua aplicação vem ganhando destaque em muitos setores dos desenvolvimentos de projetos. Afinal, uma das partes mais importantes do desenvolvimento de uma edificação se dá por um planejamento preciso.

Assim, é perceptível que a utilização de ferramentas como o Revit e o NavisWorks promovam uma visão geral do projeto antes mesmo de serem colocados em prática, sendo possível definir melhor o método de execução da obra com sua análise de custos, assim como, por meio de simulações é possível minimizar desperdícios, simular as melhores maneiras de executar determinada atividade.

Desse modo, segundo o objetivo desse estudo de propor o estudo da mineração de processos em projetos BIM, é possível perceber que uma análise mais aprofundada das informações contidas nos dados dos processos em BIM colabora para a um maior e melhor entendimento dos processos do projeto. Nesse ponto, essa tecnologia auxilia na descoberta, monitoração e otimização de processo, extraindo dados dos logs de eventos, disponíveis nos sistemas, transformando-os em informação, para trabalhos de auditoria, análise e melhoria dos processos de negócios.

No que se refere a uma análise comparativa entres os objetos do estudo, ambos desempenham funções importantes no desenvolvimento de atividades dentro do processo de planejamento de projetos. No entanto, percebe-se alguns pontos a serem considerados com a inserção da mineração de processos dentro da metodologia BIM ligados a pontos de melhoria na descoberta de gargalos, processos mais enxutos e assertivos, entre outros. Assim, o monitoramento e controle dos processos pode ser visto nos dois processos estudados. Esse controle em BIM 4D gira em torno da facilidade na visualização dos planos, o sequenciamento das atividades e a duração das atividades, fato diferente visto com a mineração de processos, em que a utilização de ferramentas de extração de logs possibilitou uma percepção mais precisa de quando determinada atividade foi realizada e se ela foi realizada dentro do prazo ou não.

Outro ponto de análise está ligado a economia de recursos, em que é percebido pelo BIM 4D a antecipação de erros dentro do processo, se valendo de softwares como o NavisWorks, por exemplo, para a detecção de possíveis erros. Nesse sentido, ao realizar a adição da mineração de processos em projetos BIM, percebe-se que a

mineração, por meio da extração de logs de eventos do sistema e, posteriormente sua mineração, possibilita a descoberta de erros no processo, reduzindo o desperdício. Outro ponto está relacionado a automatização do processo, que pode ser visto nos dois estudos, no BIM 4D ligado a processos padronizados de empreendimentos anteriormente executados, visto que com a mineração é possível que procedimentos manuais sejam descobertos possivelmente transformados em processos automatizados.

Com relação a mapas de processos, nota-se que o entendimento dos processos BIM de planejamento consiste na utilização de ferramentas como o gráfico de GANTT, sendo possível uma visualização do fluxo do processo, diferentemente da mineração, em que se observa a utilização de sistemas BPMN que lê os logs extraídos das máquinas e os transforma em um conjunto de símbolos utilizados no desenho de processos, visando padronizar e facilitar o entendimento.

Com base na melhoria dos processos, as duas metodologias ao serem inseridas em um ambiente de projetos promovem melhorias ao resultado final do produto a ser entregue. Portanto, vale salientar que diante desse estudo comparativo entre a metodologia BIM e a mineração de processos inserida dentro do BIM, é nítido perceber a mineração como mais uma força a mais para o entendimento dos processos BIM no desenvolvimento de um projeto, trazendo informações precisas que colaboram com a melhoria continua dos processos.

Desse modo, esta pesquisa indicou que uma combinação de tecnologias e ferramentas pode permitir que novos métodos de aprendizagem, ficando mais que claro que a utilização da mineração de processos aliada ao BIM seja mais uma forma de melhoria de um conceito que só cresce a cada dia.

## REFERÊNCIAS

AALST, W.D.V (2016). Process Mining: **DATA SCIENCE IN ACTION, Second Edition.**

Disponível<[file:///C:/Users/mateu/Downloads/Process\\_Mining\\_Wil\\_van\\_der\\_Aalst\\_Data\\_Sc.pdf](file:///C:/Users/mateu/Downloads/Process_Mining_Wil_van_der_Aalst_Data_Sc.pdf)>

AALST, W.D.V; KLINKMÜLLER, Christopher; PONOMAREV, Alexander; TRAN, B.A. **Mining Blockchain Processes: Extracting Process Mining Data from Blockchain Applications,** Agosto 2019. Disponível:<

<file:///C:/Users/mateu/Downloads/EasyChair-Preprint-1356.pdf>>

AALST, W.D.V. **Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Process**, 2011.

ABAURRE, M. W.; MANZIONE, L.; MELHADO, S. B. **Desafios Para A Implementação Do Processo De Projeto Colaborativo: Análise Do Fator Humano**. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO. 5., 2011. Salvador, Bahia. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/309319260\\_DESAFIOS\\_PARA\\_A\\_IMPLMENTACAO\\_DO\\_PROCESSO\\_DE\\_PROJETO\\_COLABORATIVO\\_ANALISE\\_DO\\_FATOR\\_HUMANO](https://www.researchgate.net/publication/309319260_DESAFIOS_PARA_A_IMPLMENTACAO_DO_PROCESSO_DE_PROJETO_COLABORATIVO_ANALISE_DO_FATOR_HUMANO)

ANTUNES, J. M. P. **Interoperacionalidade em Sistemas de Informação**. 2013. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2013.

AMORIM, Sérgio R.Leusin de; KASSEM, Mohamad. **BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília, 2015.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Programa de PósGraduação em Construção Civil do Setor de Tecnologia, Curitiba, 2009

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): **Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering**. p. 241-252, julho, 2011. Disponível em: [file:///C:/Users/mateu/Desktop/TCC/TEXTOS%20REFERENCIAL%20TE%20C3%93RICO%20TCC/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127.pdf](file:///C:/Users/mateu/Desktop/TCC/TEXTOS%20REFERENCIAL%20TE%20C3%93RICO%20TCC/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.pdf)

BARBOSA, A. C. M. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático: Construção de uma ETAR na Argélia**. 2014. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Superior em Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2014.

BSI. **Constructing the Business Case: Building Information Modelling**. British Standards Institution and BuildingSMART UK, London and Surrey, UK, 2010.

CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JR., R; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, 2015. [on line]. Disponível em: . <[http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro\\_entendendo\\_bim.pdf](http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf)>

CICHINELLI, Gisele C. **Especialista em BIM (Building Information Modeling) explica como o conceito pode revolucionar os processos de orçamentação**. PINI: Construção Mercado, maio 2009.

CBIC, **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**, Câmara Brasileira da Indústria e da Construção, 2016. Disponível em <<https://cbic.org.br/>>

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**, second ed. New Jersey:John Wiley & Sons, 2011.

FABRÍCIO, M. MÁRCIO; ORNSTEIN,S;MELHADO,B.S. **Conceitos de Qualidade no Projeto de Edifícios**, 2010.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B.; GRILO, L. **O ensino de projeto e a prática projetual em equipes multidisciplinares**. São Paulo: Escola Politécnica USP, 2002.

JACQUES, J. J. **Contribuições para a gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto**. 2000. Dissertação (Mestrado em processo de projeto Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

KASSEM, M; AMORIM, S. R. Leusin de. **Building Information Modeling No Brasil e Na União Europeia**. Brasília: Mdic, 2015. 162 p. Disponível em:<<http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>>

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford struction University/CIFE, 1992. 75 p. (Technical Report, n.72)

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUNPÄÄ, V. **Towards Lean Design Management**. In: **Conference of the International Group for Lean Construction**, 5, 1997, Gold Coast. Proceedings. Gold Coast, 1997. (16-17 July, p. 1-12).

KOUHESTANI, S; NIK-BAKHT, M. **IFC-based process mining for design authoring**, 2019.

LEE, C., 2008. **BIM: Changing the AEC Industry**. PMI Global Congress 2008. Project Management Institute, Denver, Colorado, USA.

LINO, José Carlos; AZENHA, Miguel; LOURENÇO, Paulo. **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas**. In: ENCONTRO NACIONAL BETÃO, 2012, Minho. Resumo dos trabalhos. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão de processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 343 f. Tese (Doutorado em Engenharia). – Universidade de São Paulo, São Paulo.

MONTEIRO, A., & MARTINS, J. P. **Linha de Balanço - Uma nova abordagem ao planeamento e controlo das actividades da construção**, 2011.

MELHADO, S.B. **Qualidade do Projeto do Projeto na Construção de Edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção de edifícios**. 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: EPUSP. 294p.

MELLO, R. B. de. **BIM e custos: Maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff**. In: **AUTODESCK**, 2012, São Paulo. Autodesk University 2012. São Paulo, 2012.

OLATUNJI, O. A. **Modelling the costs of corporate implementation of building information modelling**. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 2011.

OLIVEIRA, Valéria Faria. **O papel da Indústria da Construção Civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional**. Congresso Internacional de Cooperação Universidade-Indústria. Taubaté (SP), 2012.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK 6ª. Ed. – EUA: Project Management Institute, 2017.

PRODANOV, Cleber; FREITAS, Ernani. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**, 2013. Disponível: [https://drive.google.com/file/d/1lp5RRyTrt6X8UPoq2jJ8gO3UEfM\\_JJd/vi](https://drive.google.com/file/d/1lp5RRyTrt6X8UPoq2jJ8gO3UEfM_JJd/vi)  
[ew>](#)

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006. 542 p.

RUSCHEL, Regina. ANDRANDE, Max Lira. **BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências**. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2009.

SANTOS, Eduardo Toledo. **Revista Estrutura . Publicação da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural**, Abril de 2017.

SUCCAR, Bilal. **Building INFORMATION MODELLING framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Elsevier: Automation in Construction. Sidney, p. 357-357. Dezembro 2009.

VAN SCHAIJK, Stijn. BIM based process mining: Enabling knowledge reassurance and fact-based problem discovery within AEC industry. **Eindhoven: Eindhoven University of Technology**, 2016.

TOLEDO, Eduardo Santos. **BIM bem feito. Revista Estrutura: Publicação da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural**, abril 2017.

TURNER, J. R., MÜLLER, R. **On the nature of the project as a temporary organization. International Journal of Project Management**, 2002.

SHOU, W. C.; WANG, Jun; WANG, X. Y. 4D BIM for improving plant turnaround maintenance planning and execution: a case study. In: **ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction**. IAARC Publications, 2018. p. 1-8.

ZHANG, L; WEN, M; ASHURI, B. **BIM Log Mining: Measuring Design Productivity**, 2017.

