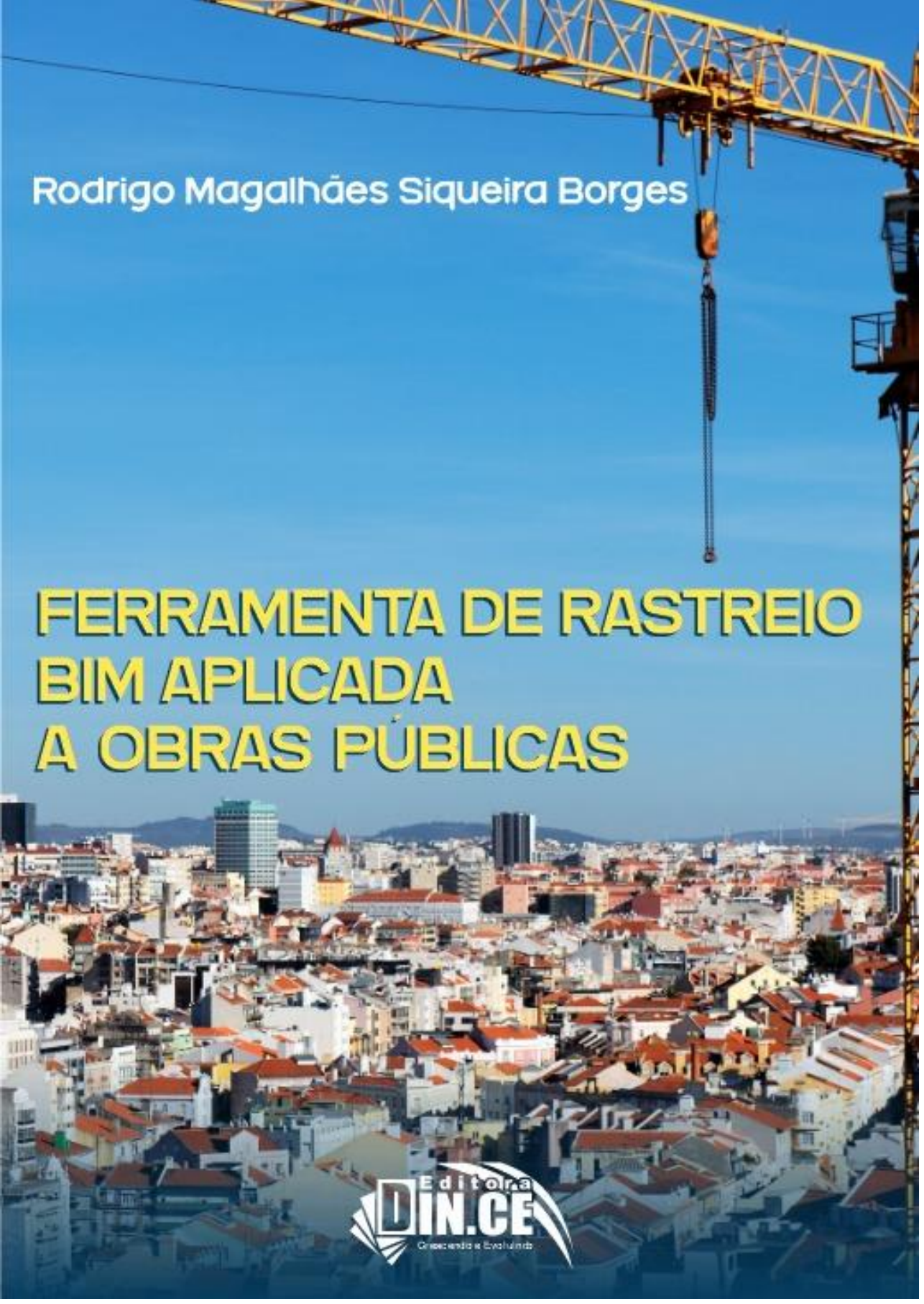




Rodrigo Magalhães Siqueira Borges

FERRAMENTA DE RASTREIO BIM APLICADA A OBRAS PÚBLICAS

Rodrigo Magalhães Siqueira Borges

FERRAMENTA DE RASTREIO BIM APLICADA A OBRAS PÚBLICAS



Fortaleza-CE

2025

© Copyright 2025 - Todos os direitos reservados.

FICHA TÉCNICA:

Editor-chefe: Vanques de Melo

Diagramação: Vanques Emanuel

Capa: Vanderson Xavier

Produção Editorial: Editora DINCE

Revisão: da autora

CONSELHO EDITORIAL:

Dr. Felipe Lima Gomes (Mestre e doutor pela UFC)

Prof. e Ma. Karine Moreira Gomes Sales (Mestra pela UECE)

Francisco Odécio Sales (Mestre pela UECE)

Ma. Roberta Araújo Formighieri

Dr. Francisco Dirceu Barro

Prof. Raimundo Carneiro Leite

Eduardo Porto Soares

Alice Maria Pinto Soares

Prof. Valdeci Cunha

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

BORGES, Rodrigo Magalhães Siqueira

FERRAMENTA DE RASTREIO BIM APLICADA A OBRAS PÚBLICAS

Editora DIN.CE 2025 – 50p

ISBN: 978-85-7872-724-6

1 Ferramenta de rastreio 2 BIM 3 Obras Públicas

Todos os direitos reservados. Nenhum excerto desta obra pode ser reproduzido ou transmitido, por quaisquer formas ou meios, ou arquivado em sistema ou banco de dados, sem a autorização de idealizadores; permitida a citação

NOTA DA EDITORA

As informações e opiniões apresentadas nesta obra são de inteira responsabilidade do(s) autor (es).

A DIN.CE se responsabiliza apenas pelos vícios do produto no que se refere à sua edição, considerando a impressão e apresentação. Vícios de atualização, opiniões, revisão, citações, referências ou textos compilados são de responsabilidade de seu(s) idealizador (es).

Impresso no Brasil

Impressão gráfica: **DIN.CE**

CENTRAL DE ATENDIMENTO:

Tel.: (85) 3231.6298 / 9.8632.4802 (WhatsApp)

Av. 2, 644, Itaperi / Parque Dois Irmãos – Fortaleza/CE

Arquivo disponível em <https://dince2editora.com>

APRESENTAÇÃO

O trabalho de auditoria é uma atividade altamente especializada, que exige do auditor amplos conhecimentos em diversas áreas de estudo, além de grande habilidade de investigação. Para garantir que o trabalho de auditoria seja mais seguro, eficiente e célere, a Tecnologia da Informação (TI) tem sido integrada a rotina dos auditores.

Na construção civil, a Modelagem da Informação na Construção (BIM) tem sido amplamente utilizada por profissionais da indústria da Construção por apresentar diversos benefícios ao longo de todo o ciclo de vida da edificação, tais como: grande poder de visualização de modelos tridimensionais, simulação, e elaboração de orçamentos mais precisos e rápidos.

Tendo em vista os potenciais benefícios do BIM, o governo brasileiro exigiu que o BIM seja implementado no setor público a partir de 2021, mostrando ser um tema de grande importância. Diante do exposto, a obra propõe a análise de uma ferramenta de rastreo BIM através de um estudo de caso.

O estudo busca facilitar o trabalho de auditoria de obras públicas, verificando a conformidade da execução de obras por meio de uma fiscalização mais eficiente e segura por parte dos auditores.

São identificados e explanados todos os potenciais benefícios da ferramenta as quais servirão de estímulo para o desenvolvimento de trabalhos complementares futuros.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1.1 AUDITORIA	11
1.1.1 Tipos de Auditoria	11
1.1.2 Auditoria em obras públicas	14
1.1.3 A Tecnologia da Informação na auditoria.....	16
1.2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	17
1.2.1 Contextualização e conceituação.....	17
1.2.2 Comparativo entre processo tradicional CAD e processo BIM 41	20
1.3 CATEGORIZAÇÃO DE PESQUISA.....	23
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	23
1.4.1 Etapa 1 – Definição do objeto do Estudo de Caso.....	24
1.4.2 Etapa 2 – Modelagem BIM do Estudo de Caso	24
1.4.3 Etapa 3 – Aplicação da ferramenta de rastreo	24

1.4.4	Etapa 4 – Avaliação do uso da ferramenta em trabalhos de auditoria.....	25
1.5	MODELO BIM.....	27
1.6	APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE RASTREIO.....	30
1.7	USO DA FERRAMENTA DE RASTREIO BIM EM AUDITORIA.....	35
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS	47

INTRODUÇÃO

A auditoria é uma tarefa desafiadora, que exige do profissional a habilidade de investigação, além da capacidade de entender rapidamente o assunto a ser auditado. Comumente trabalhos de auditoria no serviço público lidam com grande quantidade de dinheiro, por exemplo, em obras públicas, comumente cada obra envolve milhões de reais.

Para garantir que o trabalho de auditoria tenha maior qualidade e segurança, diversos recursos computacionais são desenvolvidos para auxiliar o processo. No caso de obras, percebe-se que os projetos de construção estão se tornando cada vez mais complexos e difíceis em termos de execução (BRYDE; BROQUETAS; VOLM, 2013), assim a Modelagem da Informação na Construção (do inglês, Building Information Modeling, ou simplesmente BIM) é bastante útil ao possibilitar quantificar custos, riscos e analisar critérios sustentáveis para a tomada de decisões ao longo do ciclo de vida da edificação, e compartilhar informações dos projetos com maior precisão e eficiência, facilitando a comunicação entre profissionais em situações de maior complexidade técnica (KAEWUNRUEN; LIAN, 2019).

Por apresentar diversos benefícios, diversos países através do poder público incentivam a utilização do BIM em seus processos. Como exemplo, o governo do Reino Unido determinou que desde o ano de 2016 todos os projetos elaborados para o setor público têm que ser desenvolvidos em BIM, dessa forma, visando atender aos requisitos da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), muitas universidades do Reino Unido começaram a integrar o BIM à educação (MCGOUGH; AHMED; AUSTIN, 2013). No Brasil, essa situação não é diferente, já que o Governo Federal passou a exigir a adoção do BIM em licitações e no serviço público a partir do ano de 2021.

Apesar de todos os potenciais benefícios, percebe-se por meio da literatura que o BIM ainda está em fase inicial de implantação no serviço público. Assim, objetivando uma solução que possibilite a utilização efetiva do BIM em trabalhos de auditoria, o livro propõe a elaboração de um modelo BIM e sua aplicação a uma ferramenta de rastreio para facilitar o trabalho de fiscalização da execução de obras públicas por fiscais e auditores, verificando se está conforme ao que foi proposto pela empresa vencedora da licitação da obra.

CAPÍTULO 1

AUDITORIA; E MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO (BIM).

A presente seção será dividida em duas seções: Auditoria; e Modelagem da Informação na Construção (BIM).

1.1 AUDITORIA

1.1.1 Tipos de Auditoria

A auditoria tem por objetivo assegurar que informações sejam relatadas de forma precisa e em conformidade com regras pré-estabelecidas (ANTHONY; GOVINDARAJAM, 2001). Essas regras, por sua vez, estão associadas aos padrões Financeiro (demonstrações contábeis), Operacional e *Compliance* (TAYLOR; GLEZEN, 1994). Oliveira et al. (2010), embasando-se em alguns trabalhos prévios, comentam que esses padrões deram origem a três tipos de auditoria, os quais diferem em relação à natureza das afirmações, critérios e foco dos relatórios. A Auditoria Financeira objetiva examinar os padrões financeiros, embasado nos princípios contábeis, expressando no relatório a opinião a respeito da adequação das demonstrações contábeis. A Auditoria Operacional objetiva examinar as atividades das organizações de forma total ou parcial, tendo por critérios a análise de objetivos específicos da

organização, expressando como resultado relatos de eficiência ou eficácias observadas, bem como sugerindo melhorias nos processos. Por fim, a *Compliance* objetiva examinar ações de pessoas ou entidades, embasando-se em leis, regulamentos e políticas da administração, gerando relatórios que tratem da conformidade aos critérios.

Oliveira et al. (2010) comentam ainda que a auditoria também costuma ser classificada em relação à pessoa responsável pelo processo de auditar. Assim, ela pode ser denominada Auditoria Externa, Auditoria Interna ou Auditoria Governamental. Na Auditoria Externa, um funcionário externo à empresa realiza a auditoria, ou seja, o processo de auditoria é realizado auditores independentes (sem relação com a empresa auditada) e têm por objetivo o exame das demonstrações contábeis para emitir um parecer ou opinião sobre a posição das mesmas. Existem diversas empresas que realizam trabalhos de auditoria externa. No mercado global, há o domínio de quatro delas (*Big Four*): *Price WaterHouse Coopers* (Pwc); KPMG; Ernst & Young (EY); Deloitte (SILVA, 2014). Na Auditoria Interna, o próprio funcionário da empresa realiza o processo. Um dos papéis fundamentais da Auditoria Interna é contribuir para a gestão organizacional, já que ela é capaz de demonstrar as fragilidades dos processos empresariais, a fim de facilitar a proposição de ações corretivas que mitiguem dos riscos inerentes (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Na Auditoria Governamental, o funcionário público é quem realiza a auditoria (TAYLOR; GLEZEN, 1994). Segundo Chaves (2006), a auditoria no setor público é essencial, pois fornece aos órgãos legislativos e de controle informações objetivas acerca da gestão e do desempenho de políticas, programas e operações governamentais. Chaves (2006) comenta ainda que:

A controladoria governamental é o órgão central do Sistema de Controle Interno que agrega não somente as atividades de auditoria, mas diversas outras atividades de controle da administração pública, a exemplo de: funções de defesa do patrimônio público, controle interno, auditoria pública, correição, prevenção e combate à corrupção, atividades de ouvidoria e incremento da

transparência da gestão no âmbito da administração pública.

Os tipos também se diferenciam em relação às competências e foco do trabalho dos auditores (ALMEIDA, 2003; FLORENTINO, 1988; SÁ, 2000), ou seja, a Auditoria Externa foca principalmente em auditoria das demonstrações contábeis, enquanto a Auditoria Interna comumente foca em auditorias operacionais e *Compliance*. Já em relação à Auditoria Governamental, ela foca em todos os tipos.

Segundo Victor (2017), há ainda outros subtipos de auditorias, os quais estão englobados na Auditoria Externa e Auditoria Interna. São eles: Auditoria contábil, quando o analista estuda o patrimônio da empresa por meio de análises criteriosas para avaliar se o patrimônio da organização está sendo gerido conforme as normas da própria empresa, objetivando diminuir índices de improbidade corporativa; Auditoria operacional, quando o auditor objetiva avaliar o funcionamento da empresa em seu dia a dia, fornecendo relatórios com soluções em melhoria de eficiência e economia; Auditoria de sistemas, quando se objetiva avaliar a eficiência e o desempenho de soluções tecnológicas adotadas pelas empresas; Auditoria de qualidade, quando se pretende avaliar se os produtos ou serviços prestados pela empresa estão de acordo com diretrizes estabelecidas pela própria companhia e em relação à normas externas, como as de vigilância sanitária ou normas de padronização internacional, como a ISO 9000; Auditoria ambiental, quando se pretende avaliar o impacto das atividades da empresa no meio ambiente ao qual está inserida, facilitando soluções ecologicamente corretas, por exemplo, ao optar por fornecedores que poluam menos o ambiente, por exemplo; Auditoria de obras públicas, quando se objetiva verificar se uma obra está sendo realizada em conformidade com o que foi estabelecido tanto em relação ao processo construtivo, como em relação aos custos.

A auditoria pode ser aplicada em diversas situações, nas mais diferentes áreas. Bhasin (2011), por exemplo, utilizou a técnica de auditoria em 20 empresas no Reino Unido para avaliar o grau de utilização da filosofia Lean dentro dessas organizações. Braga Junior,

Silva e Silva (2015) realizaram um trabalho de auditoria na gestão da inovação no setor bancário, com aplicação no Banco do Estado de Sergipe S. A. (Banese). O trabalho analisou o processo da gestão da inovação nas instituições bancárias, baseando-se em cinco dimensões: estratégia, processos, organização inovadora, relacionamentos e aprendizagem. Como resultado, os autores verificaram uma carência na disseminação da cultura da inovação com foco no cliente e na competitividade, traduzindo-se na necessidade de projetos inovadores e ações no plano estratégico das empresas.

1.1.2 Auditoria em obras públicas

A auditoria de obras públicas foi conceituada, através da Carta de Intenções da quinta edição do Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas, como:

Conjunto de procedimentos voltados à análise da conformidade técnica e legal de um empreendimento ou serviço de engenharia (incluídas as atividades relacionadas à arquitetura e à agronomia), em todas as suas fases. Tal análise envolve o exame dos estudos e projetos elaborados, da habilitação dos profissionais e empresas envolvidos, dos procedimentos efetuados para a contratação e execução das obras ou serviços, incluídos os aspectos de qualidade, da adequação das técnicas construtivas e dos materiais empregados, do impacto do empreendimento ao meio ambiente, da economicidade e dos custos e preços praticados em todas as fases, com relação ao mercado e dos resultados advindos para a sociedade (SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 2000).

Segundo ELO (2017), para aprimorar a governança dos recursos investidos em obras públicas, e assim melhorar a eficiência na gestão de obras e serviços de engenharia, são necessários o atendimento de alguns requisitos, entre eles: um bom projeto de uma licitação bem-sucedida; uma eficiente fiscalização; e uma gestão contratual. Os órgãos de controle são bastante importantes no processo já que são responsáveis por coibirem desvios e agirem de forma preventiva para resolver irregularidades ainda mesmo na fase de licitação. Nota-se que a maior parte dos problemas nas contratações de obras públicas costuma ser visualizada a partir da fase contratual, demandando atuação imediata dos agentes envolvidos no processo para mitigar impactos significativos na qualidade, no custo ou no prazo de execução dos empreendimentos.

Oliveira et al. (2010) comentam que na auditoria de obras, o auditor realiza estudo comparativo entre obras, examina custos, verifica se as especificações dos projetos básicos e executivos foram cumpridas, além de realizar outros exames voltados para verificar aspectos de legalidade ou conformidade com o que foi demandado.

A auditoria de obras quando realizada no poder público, ela também é classificada como Auditoria Governamental. Entre as modalidades de controle, a *International Organization of Supreme Audit Institutions* (INTOSAI) classifica em dois tipos: controle tradicional ou de conformidade (Auditoria de Conformidade), a qual tem base na verificação da legalidade dos atos executados; e o controle finalístico, que enfatiza a aferição dos resultados (Auditoria de Desempenho), ou seja, o gestor público deve prestar contas de suas atividades à sociedade (*accountability*).

Ainda em relação à Auditoria de Conformidade, percebe-se ainda que existe uma influência direta dos controles internos no resultado da Gestão de Obras Públicas, ou seja, os controles internos evitam a ineficácia e o desperdícios de recursos públicos (CABRAL, 2002).

1.1.3 A Tecnologia da Informação na auditoria

Um dos fortes aliados ao processo de auditar é a Tecnologia da Informação. Segundo Braga (2009), diversos são os motivos do emprego da Tecnologia da Informação na realização de auditorias, entre eles o uso cada vez mais intenso da TI no Poder Público; disponibilidade de ferramentas cada vez mais estratégicas; número cada vez maior de sistemas informatizados no governo, com incremento da complexidade e da interconectividade; mudanças na forma em que as organizações conduzem seus negócios; necessidade de mecanismos de controle cada vez mais poderosos.

A administração pública tem aproveitado muito dos recursos tecnológicos para melhorar o processo de auditoria. Como exemplo, Morais et al. (2013) comentam que através de ferramentas Business Intelligence (BI) é possível apontar indicadores de performance e visualizar tendências ao longo da condução dos trabalhos de auditoria. Assim, o auditor se torna mais independente na busca de informações mais adequadas, minimizando a necessidade de produzir grandes e trabalhosos relatórios.

Morais et al. (2013) comentam ainda que as ferramentas BI auxiliam auditores governamentais no processo de mapeamento de riscos em diferentes formas, como na segmentação do mercado, análises estatísticas, inventários, etc. Essas informações são disponibilizadas através de relatórios à equipe técnica, para que determinem tendências e auxiliem no processo de tomada de decisão.

1.2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

1.2.1 Contextualização e conceituação

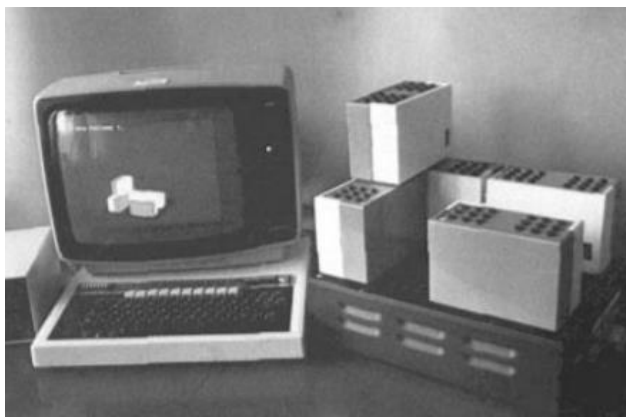
As novas tecnologias da construção civil são bem mais complexas do que simplesmente a utilização de alguns softwares Computer Aided Design (CAD). Penttilä (2006) comenta que sistemas CAD são ferramentas básicas e que são utilizadas apenas para criar modelos. Assim, o desenvolvimento da Construção Civil ao longo dos anos exigiu a modernização do setor, indo em busca de ferramentas que suprissem melhor suas necessidades, tal como a Modelagem da Informação na Construção (do inglês, Building Information Modeling, ou simplesmente BIM).

O exemplo mais antigo documentado sobre o protótipo da conceituação BIM foi documentado por Charles M. Chuck Eastman, em 1975, em sua obra “The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design”. Segundo Eastman (1975), as noções do BIM incluem:

Definir elementos de forma interativa... derivando seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos. Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes... qualquer tipo de análise quantitativa poderia se ligada diretamente à descrição... estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas... fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas... verificação de códigos de edificações automatizando na prefeitura ou no escritório do arquiteto. Empreiteiras de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para a programação e para pedido de materiais.

Assim, percebe-se que Eastman (1975) já previa a ascensão de alguns dos recursos do BIM, os quais estão disponíveis e são muito importantes hoje. Alguns anos depois, Aish (1986) compreendeu o protótipo do BIM como um conjunto de ferramentas que permitem a modelagem tridimensional de elementos e, quando agrupados, dão origem a um projeto de um empreendimento. O protótipo pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 – Protótipo do Sistema BIM.



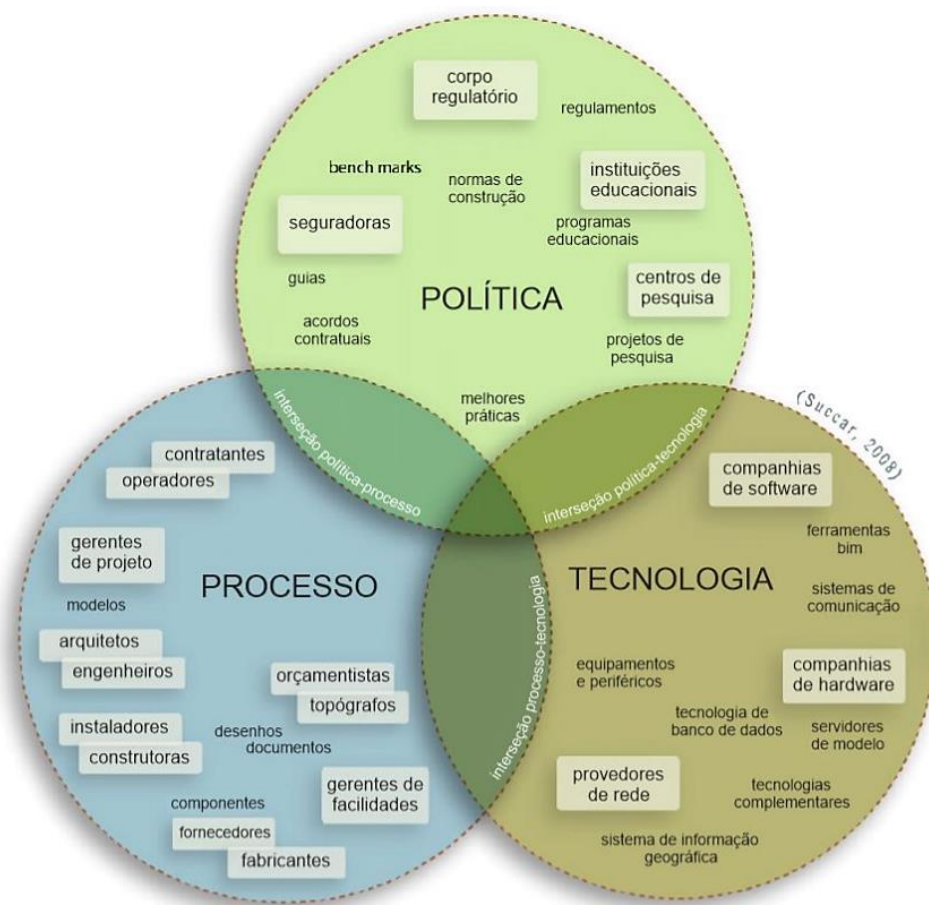
Fonte: Aish (1986).

Mais recentemente, já com a utilização do nome “Building Information Modeling”, Penttilä (2006) define o BIM como uma metodologia que permite o gerenciamento de um produto imobiliário por meio de um modelo digital ao longo do ciclo de vida da edificação. Nesses modelos, Fortes (2009) comenta que são atribuídas propriedades ao desenho, por exemplo, o tipo de blocos que constitui uma parede, suas dimensões, tipo de revestimento, fabricantes, etc. Essas informações são guardadas em um banco de dados no próprio modelo, as quais podem ser utilizadas quando demandadas pelo usuário.

Outra importante definição do BIM foi elaborada por Succar (2009), o qual complementou dividindo o conceito em três partes (Figura 2): Políticas BIM (voltado por definir as melhores práticas, visualizando benefícios e minimizando conflitos entre stakeholders), a qual engloba associações industriais, centros de pesquisa e educação e corpos regulamentários; Processamento de informações BIM

(utilização das informações BIM, visando estabelecer comunicações operacionais, como o cumprimento de requisitos e entregas de produtos), o qual é composto por proprietários, operadores, projetistas, engenheiros e contratantes; e Tecnologia BIM (voltado a garantir integração entre software, hardware e profissionais).

Figura 2 – Definição do BIM nos campos Política, Processo e Tecnologia.



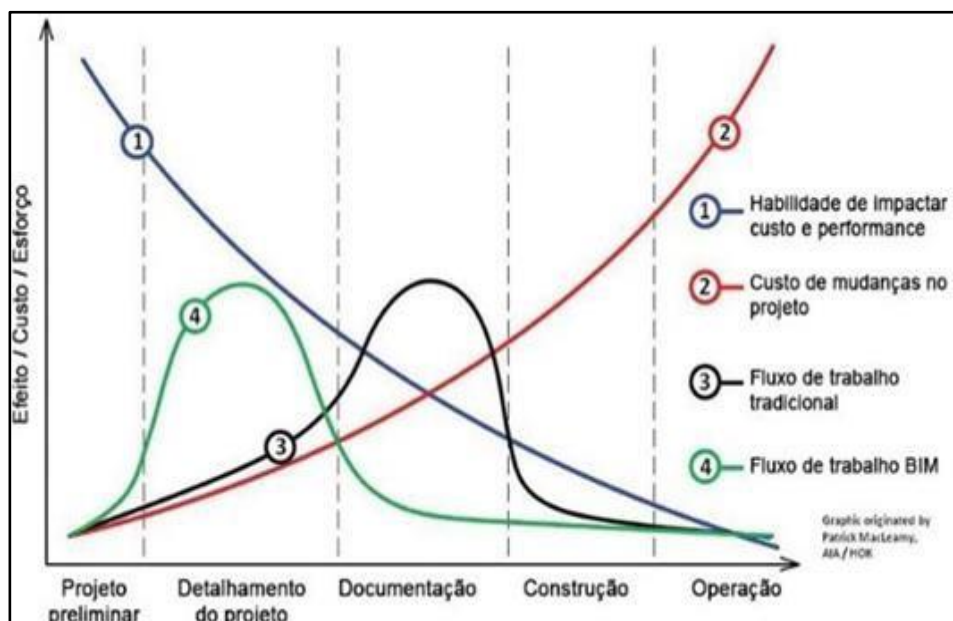
Fonte: Adaptado de Succar (2009).

Apesar dessa classificação, infelizmente ela ainda é considerada abstrata, pois ainda não há convenções ou até mesmo normas que classifiquem as dimensões do BIM de forma padronizada.

1.2.2 Comparativo entre processo tradicional CAD e processo BIM 41

No processo tradicional CAD, alguns modelos eram produzidos, mas sem possuírem informações integradas. Isso gerava modelos incompletos, os quais eram precisos ser debatidos entre os mais diferentes profissionais para agregar informações a eles. Com a utilização do BIM, os modelos passaram a ser elaborados por meio de componentes com informações atreladas a eles, permitindo que o processo decisório fosse facilitado e acelerado. O BIM contribuiu para que equipes trabalhassem com maior dinamismo, e com maior produtividade. A seguir será apresentada na Figura 3 a Curva de Esforço que compara o processo CAD com o processo BIM, onde serão percebidas grandes diferenças na capacidade de impactar custo e performance.

Figura 3 – Curva de Esforço



Fonte: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016)

A curva de esforço, conhecida também como custo ou efeito, influencia a realização de diversas atividades em diferentes fases ou etapas de um empreendimento, possuindo impactos diretos nos custos e na qualidade do mesmo.

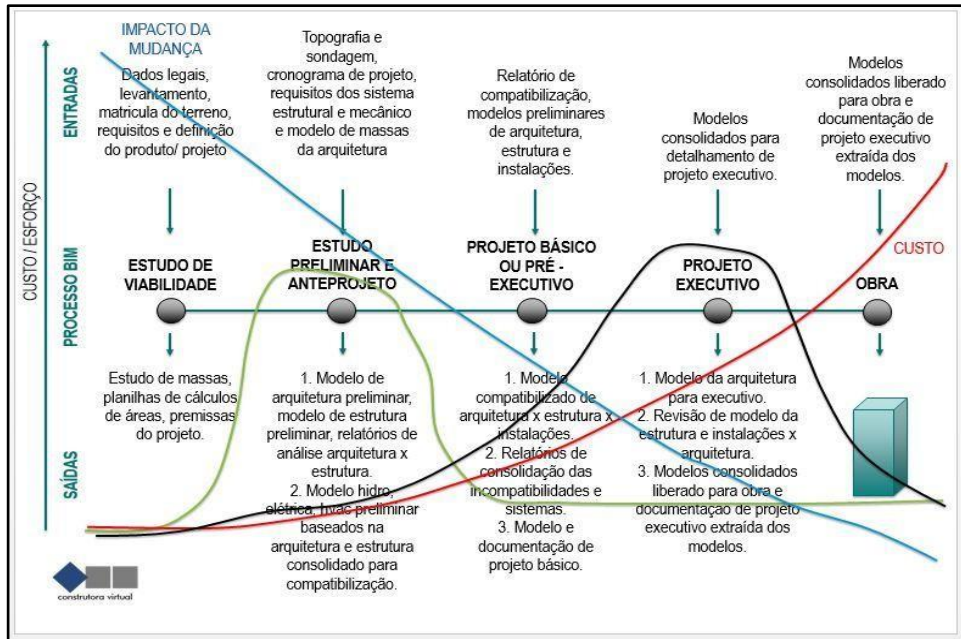
A partir dela, nota-se que a habilidade de impactar custo e performance é bastante elevada em etapas iniciais, por exemplo, no projeto preliminar. No entanto, ela passa a decair à medida em que as fases vão avançando, levando a um baixíssimo poder de impacto durante as fases de construção e de operação.

Ao mesmo tempo, percebe-se que na fase do projeto preliminar os custos de mudanças no projeto são bastante reduzidos, pois há a possibilidade de se corrigir interferências ou inconvenientes antes que a obra esteja sendo executada. Dessa forma, a medida que o tempo avança, nota-se que estes custos vão aumentando exponencialmente, passando a serem bastante elevados durante as fases de construção e de operação, principalmente devidos ao retrabalho para consertar esses inconvenientes.

Ao se comparar os fluxos de trabalho tradicional e os fluxos de trabalho BIM, é notável que o fluxo de trabalho BIM tenta “puxar” a curva para a esquerda, ou seja, para a etapa de detalhamento de projeto. O objetivo disso é que os projetos sejam feitos de forma mais eficiente, por meio da interoperabilidade, permitindo que especificações e correções importantes sejam feitas anterior à fase da documentação, ou seja, em uma etapa onde os custos são menores. Já no fluxo de trabalho tradicional, o maior esforço ocorre na etapa da documentação, elevando custos, não sendo interessante para os investidores.

A Figura 4 apresenta a curva de esforço abordando as entradas, o processo e as saídas.

Figura 4 – Curva de Esforço considerando Entradas, Processo e Saídas



Fonte: Construtora virtual (2017)

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA DE TRABALHO

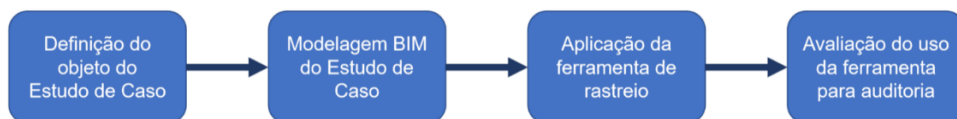
1.3 CATEGORIZAÇÃO DE PESQUISA

De acordo com Thesaurus (2016), a pesquisa pode ser diferenciada quanto à natureza, aos métodos (ou abordagens metodológicas), quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos. Quanto à natureza, a pesquisa é classificada como aplicada, já que ela é dedicada a gerar conhecimento para a solução de uma situação específica (particular); quanto à abordagem, o presente trabalho é classificado como quantitativo, já que emprega medidas padronizadas e sistemáticas, reunindo respostas pré-determinadas, servindo de modelo para que seja replicado em outras pesquisas; quanto aos procedimentos, técnicas ou tipos de pesquisa, o trabalho se enquadra como um estudo de caso, onde, de forma singular, única, o trabalho busca descobrir fenômenos em determinado contexto; por fim, quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória, já que por meio de um estudo de caso, ela busca familiarizar o pesquisador com o problema objeto da pesquisa.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

A obra está organizada em quatro etapas (Figura 5): Definição do objeto do estudo de caso; Elaboração de um modelo BIM do estudo de caso; Utilização de uma ferramenta BIM para rastreamento de atividades planejadas e executadas em auditorias de obras públicas; e, finalmente, avaliação do uso da ferramenta nos trabalhos de auditoria.

Figura 5 – Metodologia do trabalho.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

1.4.1 Etapa 1 – Definição do objeto do Estudo de Caso

O objeto do estudo de caso escolhido para o presente trabalho trata-se de um projeto fictício de uma edificação pública de pequeno porte, com sistema construtivo em *steel frame* (estrutura metálica).

Optou-se por escolher um projeto fictício já que o objetivo do trabalho é apenas visualizar como o BIM pode colaborar com os trabalhos de auditoria em obras públicas. No entanto, apesar de fictício, o projeto desenvolvido possui características bastante similares a projetos reais.

1.4.2 Etapa 2 – Modelagem BIM do Estudo de Caso

Para elaborar o modelo BIM, optou-se por utilizar o software Revit da Autodesk, devido ser um software que permite grande integração a outros softwares BIM, além de comumente ser o mais utilizado pela Indústria da Construção para elaborar modelos tridimensionais.

1.4.3 Etapa 3 – Aplicação da ferramenta de rastreo

Para analisar o planejamento das etapas construtivas do Modelo desenvolvido, utilizou-se o software Navisworks Manage, também da Autodesk, para rastreo das atividades planejadas e executadas.

O software Navisworks Manage foi escolhido devido apresentar ampla integração ao software Revit, e também pela facilidade de uso e de visualização do planejamento tridimensional do projeto, facilitando os trabalhos de auditoria em obras públicas.

1.4.4 Etapa 4 – Avaliação do uso da ferramenta em trabalhos de auditoria

Por fim, após a utilização da ferramenta de rastreio integrada ao modelo BIM, pretende-se visualizar se a ferramenta foi capaz de facilitar os trabalhos de auditoria em obras públicas, ou seja, se a ferramenta contribuiu para simplificar o trabalho de fiscalização ao longo da execução de uma obra. Busca-se nessa etapa visualizar todos os potenciais benefícios da aplicação da ferramenta, a fim de fornecer a comunidade científica sugestões futuras para o aprimoramento da ferramenta.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

A presente seção está dividida em três partes: Modelo BIM; Apresentação da ferramenta de rastreo; e uso da ferramenta de rastreo em trabalhos de auditoria.

1.5 MODELO BIM

Conforme apresentado na Metodologia, utilizou-se o software Revit para desenvolvimento do Modelo do Estudo de Caso.

No Modelo, para a fundação, optou-se por utilizar sapatas retangulares isoladas de concreto armado, devido a boa compatibilidade para receber a estrutura metálica, além da facilidade de execução e, em geral, menor custo. Para a estrutura, optou-se por utilizar perfis metálicos de aço, com uma camada de tinta anticorrosiva. A estrutura é composta por pavimento térreo, pavimento superior e cobertura. Os pilares, vigas e montantes utilizados no projeto apresentam diversas seções e dimensões, as quais são mostradas na Figura 6. Por fim, ainda em relação à estrutura, optou-se por construir uma escada de concreto armado, com guarda-corpos de aço, interligando o pavimento térreo ao pavimento superior.

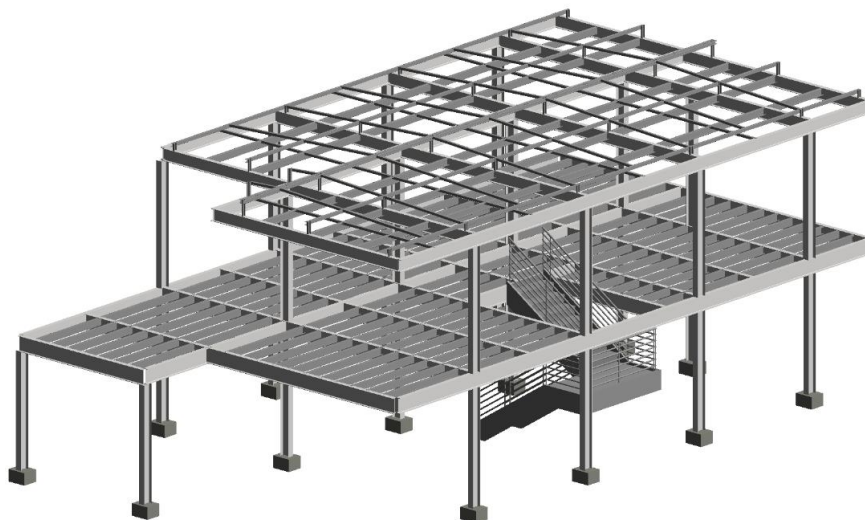
Figura 6 – Vigas e Pilares utilizados na Edificação.

▾ Obra Pública Steel Framing
▸ Fundação
▾ Estrutura
▾ Pavimento 1
▸ Pilares P_W250x49.1
▸ Vigas GI_W310x10.0
▸ Vigas PI_W310x10.0
▸ Vigas AD_W310x10.0
▾ Pavimento 2
▸ Pilares G_W250X49.1
▸ Vigas GS_W250x10.0
▸ Vigas PS_W250x10.0
▸ Viga T_UE-V150x60x20x3.0
▾ Coberta
▸ Montantes AUX UE-P75x40x15x3.0
▸ Vigas AF1_UE-V-75x40x15x3.0
▸ Vigas F_L-V-50x50x2.0
▸ Escada

Fonte: elaborada pelo autor (2020).

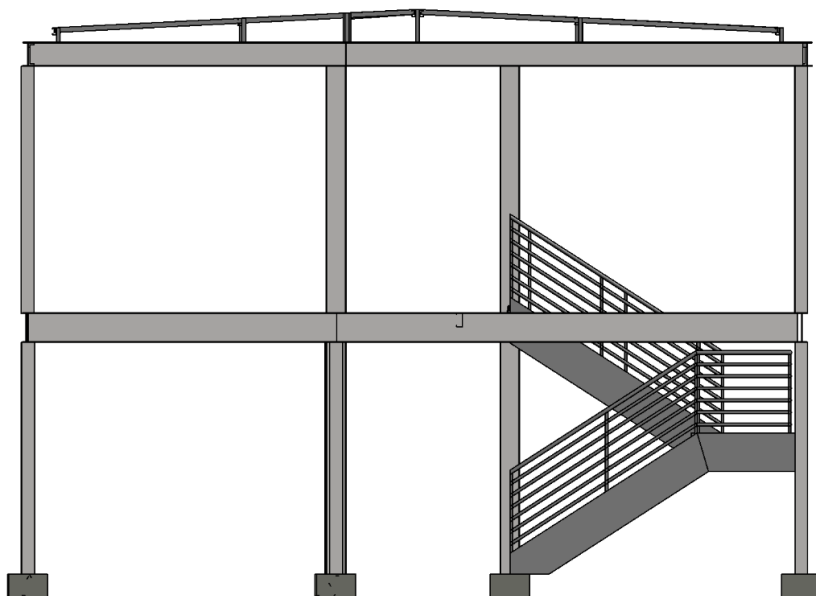
O Modelo desenvolvido no Revit é apresentado nas Figuras 7, 8 e 9, através da visualização tridimensional do modelo como um todo, de um corte do modelo e também de sua cobertura.

Figura 7 – Edificação pública em Steel Frame.



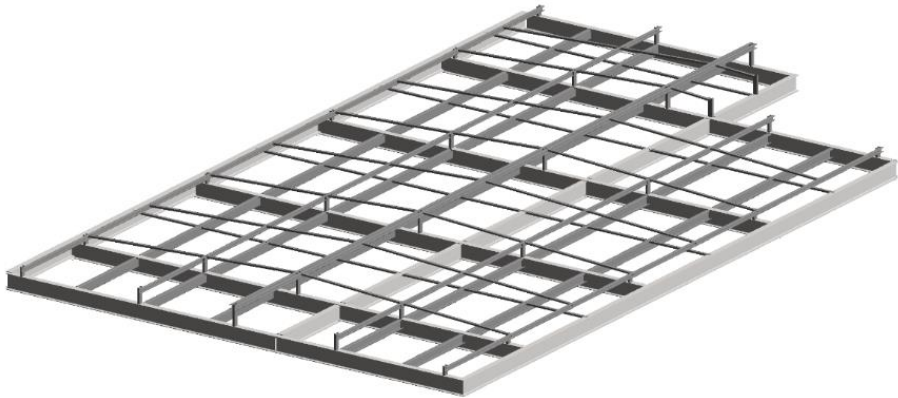
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 8 – Corte da edificação pública em Steel Frame.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 9 – Coberta da edificação pública em Steel Frame.

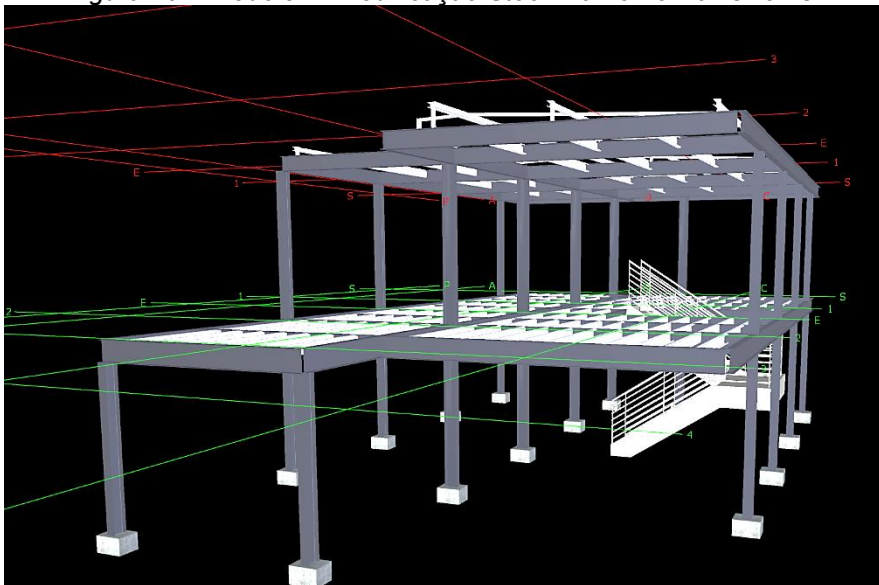


Fonte: elaborada pelo autor (2020).

1.6 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE RASTREIO

Inicialmente, o Modelo BIM do Revit foi exportado para o software Navisworks, tal como apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Modelo BIM edificação Steel Frame no Navisworks.

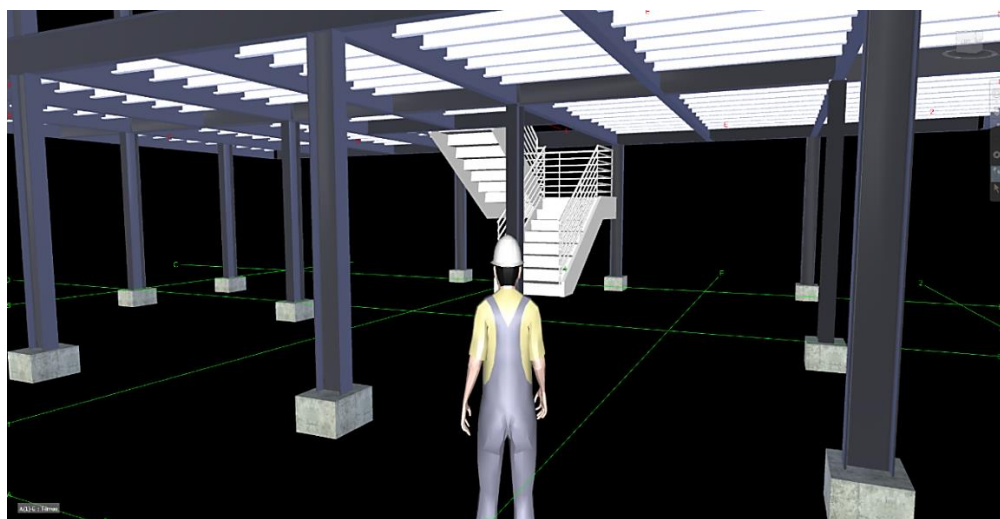


Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Com a ferramenta de rastreo do Navisworks, pode-se inspecionar o Modelo BIM por meio do recurso observação em “terceira pessoa”. Assim, através de um avatar é possível explorar todo o Modelo, visualizando todos os seus aspectos de projeto, tal como se observa nas Figuras 11 e 12.

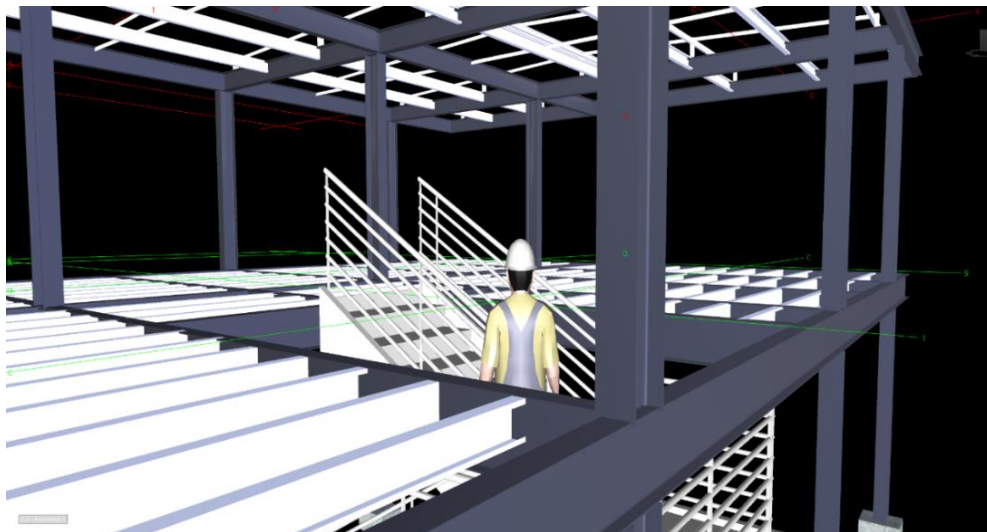
Salienta-se que essa ferramenta permite com que o projeto, apesar de representar uma construção virtual, possa ser visualizado de uma maneira bastante realista, proporcionando a engenheiros e a auditores a análise precisa de cada material que é utilizado na obra.

Figura 11 – Análise do Modelo BIM em terceira pessoa no software Navisworks – Pav. Térreo.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

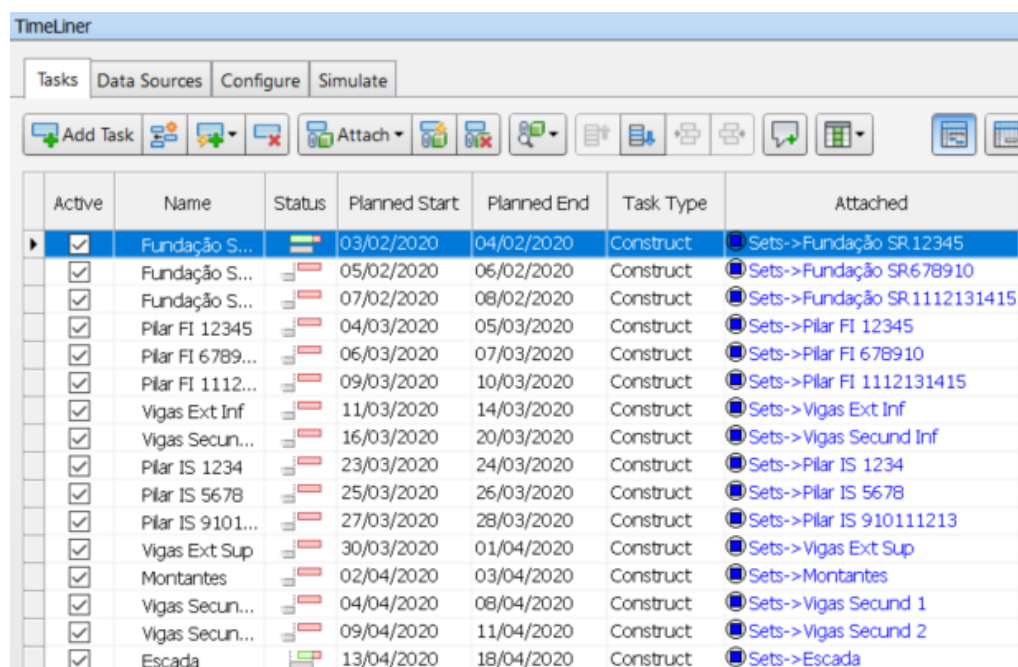
Figura 12 – Análise do Modelo BIM em terceira pessoa no software Navisworks - Pav. Superior.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Outro recurso de grande importância do Navisworks é a análise do planejamento da obra. Dessa maneira, elaborou-se um plano das atividades de execução da estrutura metálica da obra, indicando o nome da atividade, as datas planejadas para o início e término de cada atividade, o tipo de atividade, e o relacionamento entre as atividades. Todos os dados podem ser visualizados na Figura 13.

Figura 13 – Nome e datas das atividades.

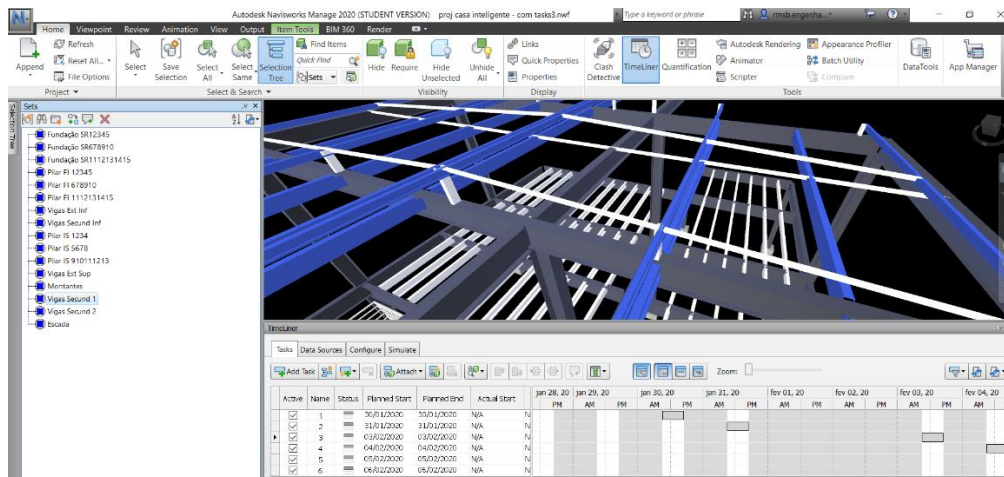


Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Task Type	Attached
☒	Fundação S...		03/02/2020	04/02/2020	Construct	Sets->Fundação SR 12345
☒	Fundação S...		05/02/2020	06/02/2020	Construct	Sets->Fundação SR 678910
☒	Fundação S...		07/02/2020	08/02/2020	Construct	Sets->Fundação SR 1112131415
☒	Pilar FI 12345		04/03/2020	05/03/2020	Construct	Sets->Pilar FI 12345
☒	Pilar FI 6789...		06/03/2020	07/03/2020	Construct	Sets->Pilar FI 678910
☒	Pilar FI 1112...		09/03/2020	10/03/2020	Construct	Sets->Pilar FI 1112131415
☒	Vigas Ext Inf		11/03/2020	14/03/2020	Construct	Sets->Vigas Ext Inf
☒	Vigas Secun...		16/03/2020	20/03/2020	Construct	Sets->Vigas Secund Inf
☒	Pilar IS 1234		23/03/2020	24/03/2020	Construct	Sets->Pilar IS 1234
☒	Pilar IS 5678		25/03/2020	26/03/2020	Construct	Sets->Pilar IS 5678
☒	Pilar IS 9101...		27/03/2020	28/03/2020	Construct	Sets->Pilar IS 910111213
☒	Vigas Ext Sup		30/03/2020	01/04/2020	Construct	Sets->Vigas Ext Sup
☒	Montantes		02/04/2020	03/04/2020	Construct	Sets->Montantes
☒	Vigas Secun...		04/04/2020	08/04/2020	Construct	Sets->Vigas Secund 1
☒	Vigas Secun...		09/04/2020	11/04/2020	Construct	Sets->Vigas Secund 2
☒	Escada		13/04/2020	18/04/2020	Construct	Sets->Escada

Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Para indicar o relacionamento entre as atividades (sucessoras, predecessoras, etc) no Software, procurou-se vincular cada parte física da obra a uma atividade do cronograma, com data de início e final da mesma. A Figura 14 indica a vinculação entre a parte física da atividade e as datas de início e finalização da mesma.

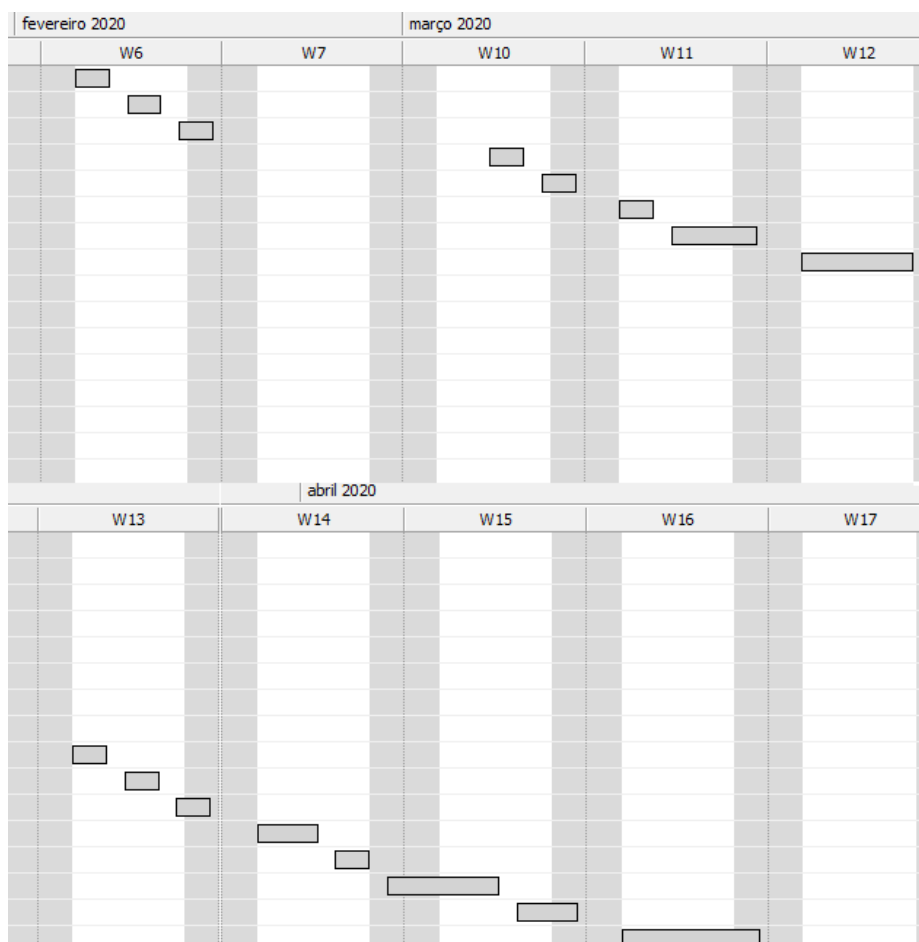
Figura 14 – Vinculação entre a parte física da atividade e as datas.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Após indicar todas as informações no Software, obteve-se o Gráfico de Gantt (Figura 15) indicando o planejamento da obra através de uma linha de tempo.

Figura 15 – Gráfico de Gantt das atividades planejadas da obra.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

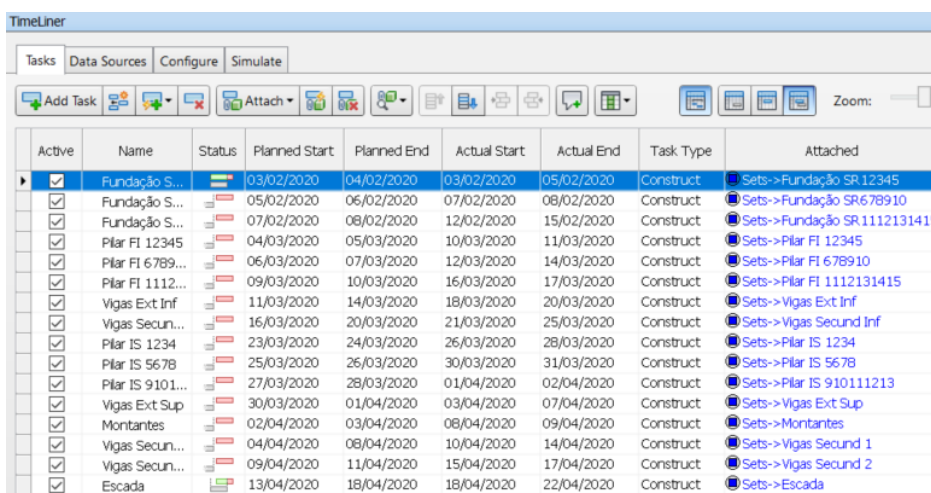
1.7 USO DA FERRAMENTA DE RASTREIO BIM EM AUDITORIA

Uma das funções principais do trabalho do fiscal e do auditor de obras públicas é visualizar se as atividades, bem como os materiais usados, estão sendo utilizados de acordo com o que propôs a

empresa vencedora da licitação da obra. Através do Navisworks é possível comparar as datas de todas as atividades efetivamente iniciadas e finalizadas com as datas planejadas para o início e para o final de cada atividade.

Dessa maneira, supondo que a obra do Estudo de Caso já tenha sido iniciada, acrescentou-se duas colunas na lista criada anteriormente, sendo elas: “Actual Start” (Início efetivo da atividade) e “Actual End” (Final efetivo da atividade). Essas colunas servem para controle da execução da obra, bem como para verificar se as atividades estão adiantadas ou atrasadas, pois a fuga do planejamento geralmente interfere diretamente no custo da obra. As colunas da lista podem ser visualizadas na Figura 16.

Figura 16 – Informações sobre as atividades.

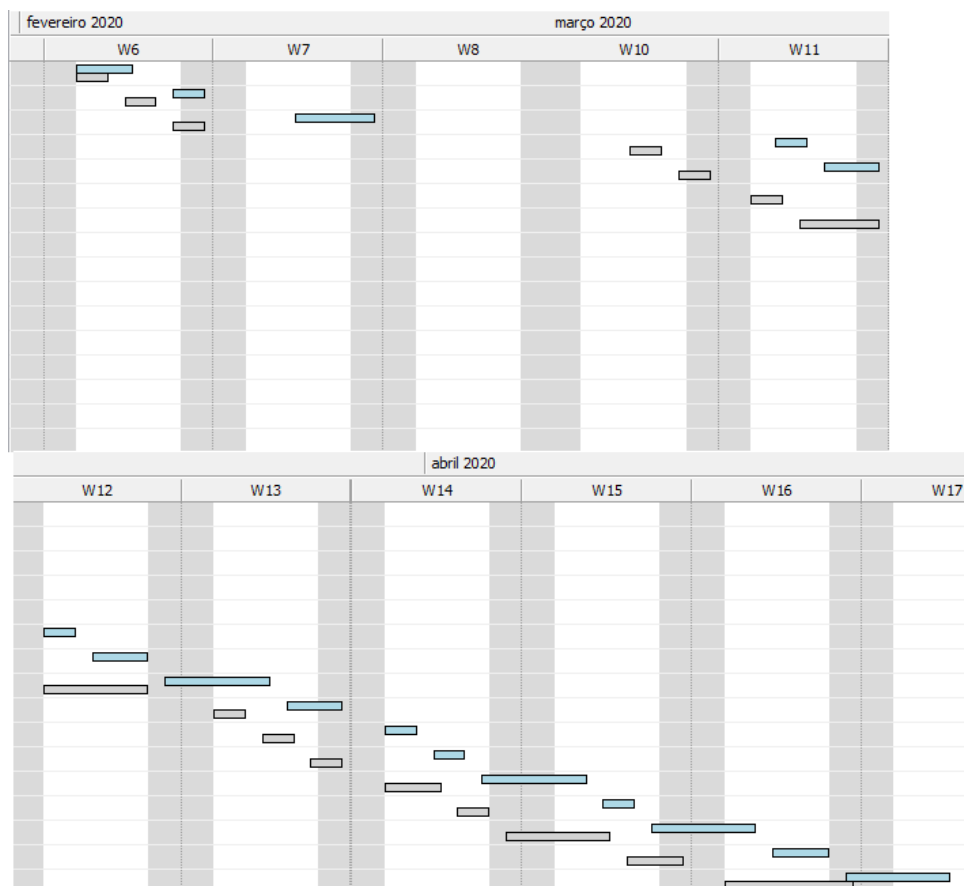


Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type	Attached
☒	Fundação S...		03/02/2020	04/02/2020	03/02/2020	05/02/2020	Construct	Sets->Fundação SR12345
☒	Fundação S...		05/02/2020	06/02/2020	07/02/2020	08/02/2020	Construct	Sets->Fundação SR678910
☒	Fundação S...		07/02/2020	08/02/2020	12/02/2020	15/02/2020	Construct	Sets->Fundação SR1112131415
☒	Pilar FI 12345		04/03/2020	05/03/2020	10/03/2020	11/03/2020	Construct	Sets->Pilar FI 12345
☒	Pilar FI 6789...		06/03/2020	07/03/2020	12/03/2020	14/03/2020	Construct	Sets->Pilar FI 678910
☒	Pilar FI 1112...		09/03/2020	10/03/2020	16/03/2020	17/03/2020	Construct	Sets->Pilar FI 1112131415
☒	Vigas Ext Inf		11/03/2020	14/03/2020	18/03/2020	20/03/2020	Construct	Sets->Vigas Ext Inf
☒	Vigas Secun...		16/03/2020	20/03/2020	21/03/2020	25/03/2020	Construct	Sets->Vigas Secund Inf
☒	Pilar IS 1234		23/03/2020	24/03/2020	26/03/2020	28/03/2020	Construct	Sets->Pilar IS 1234
☒	Pilar IS 5678		25/03/2020	26/03/2020	30/03/2020	31/03/2020	Construct	Sets->Pilar IS 5678
☒	Pilar IS 9101...		27/03/2020	28/03/2020	01/04/2020	02/04/2020	Construct	Sets->Pilar IS 910111213
☒	Vigas Ext Sup		30/03/2020	01/04/2020	03/04/2020	07/04/2020	Construct	Sets->Vigas Ext Sup
☒	Montantes		02/04/2020	03/04/2020	08/04/2020	09/04/2020	Construct	Sets->Montantes
☒	Vigas Secun...		04/04/2020	08/04/2020	10/04/2020	14/04/2020	Construct	Sets->Vigas Secund 1
☒	Vigas Secun...		09/04/2020	11/04/2020	15/04/2020	17/04/2020	Construct	Sets->Vigas Secund 2
☒	Escada		13/04/2020	18/04/2020	18/04/2020	22/04/2020	Construct	Sets->Escada

Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Analisando a situação hipotética de que algumas das atividades fugiram do cronograma planejado inicialmente, e que não havia folga no cronograma ou disponibilidade de contratação de mais colaboradores para adiantar a obra, a mesma foi concluída após a data prevista, indicando atraso. A Figura 17 mostra o Gráfico de Gantt o qual compara a defasagem entre a situação atual e a situação planejada de cada atividade.

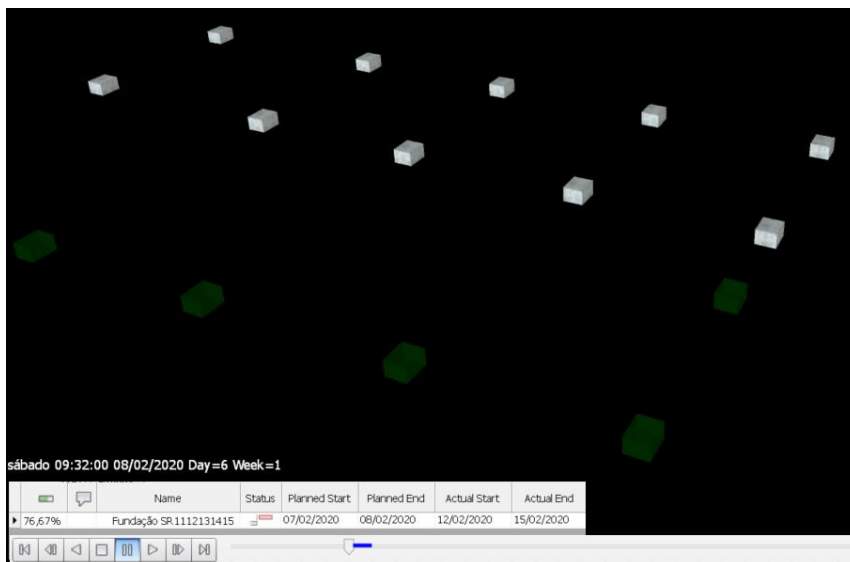
Figura 17 – Gráfico de Gantt comparando as atividades planejadas e atuais.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

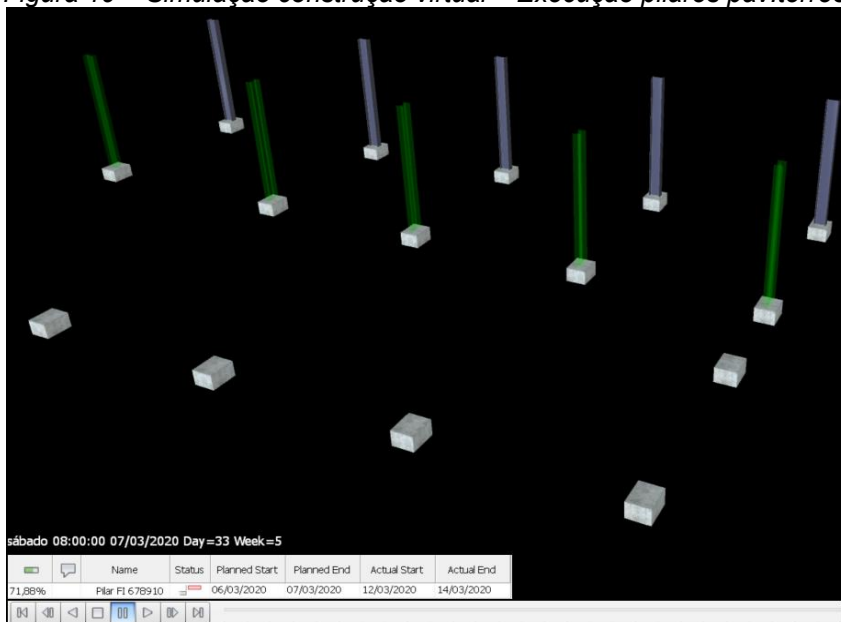
Somado a esse recurso do Navisworks, é possível visualizar a comparação entre as datas planejadas e atuais das atividades através de uma simulação tridimensional, ou seja, de uma construção virtual, facilitando a visualização das diferenças entre as datas, bem como a interpretação dos auditores. Entre as Figuras 18 e 29 são apresentadas as etapas da obra através da simulação.

Figura 18 – Simulação construção virtual – Execução fundação.



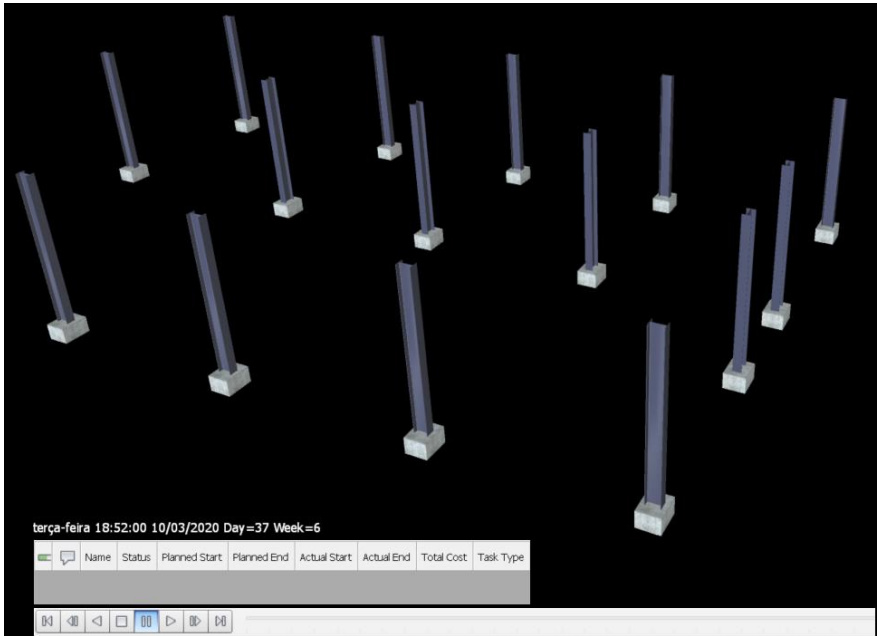
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 19 – Simulação construção virtual – Execução pilares pav.térreo.



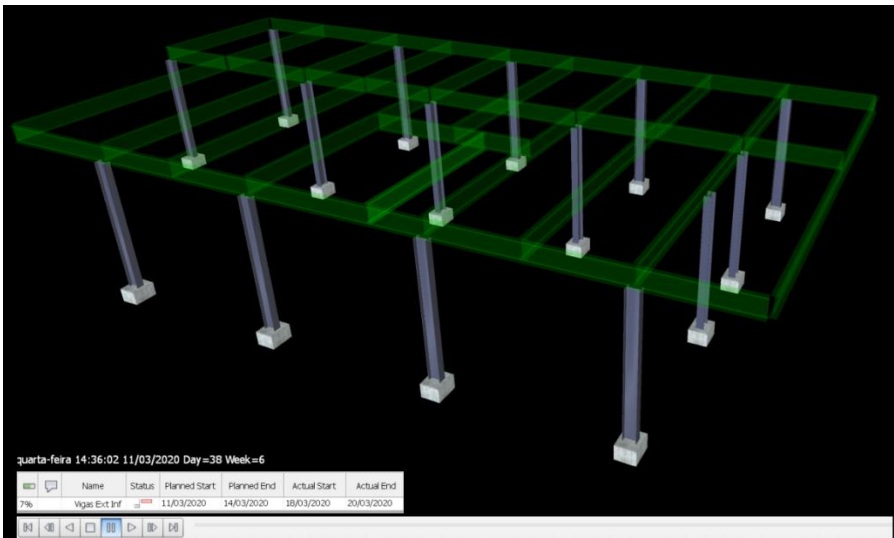
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 20 – Simulação construção virtual – Pilares pav. térreo concluídos.



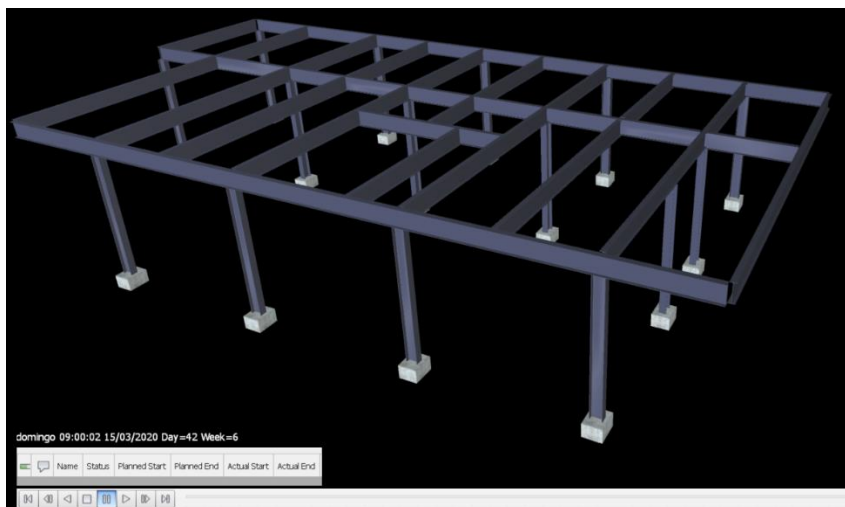
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 21 – Simulação construção virtual – Execução pav. térreo.



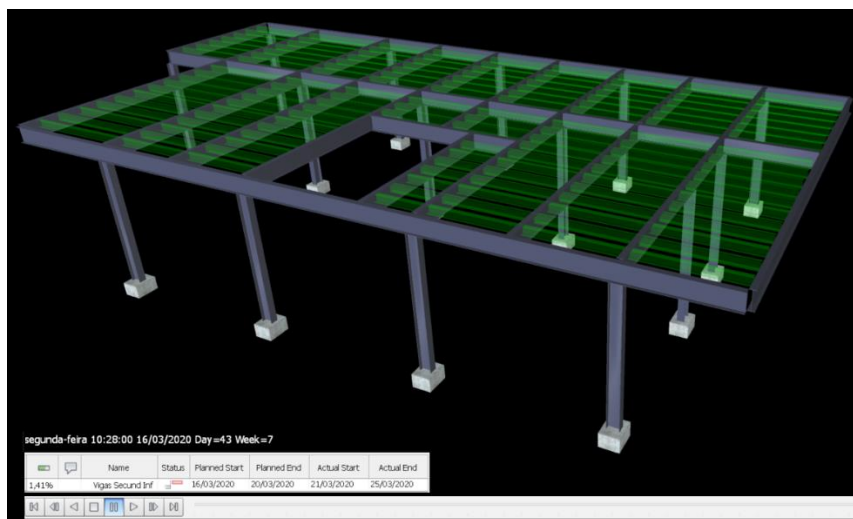
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 22 – Simulação construção virtual – Pav. térreo concluído.



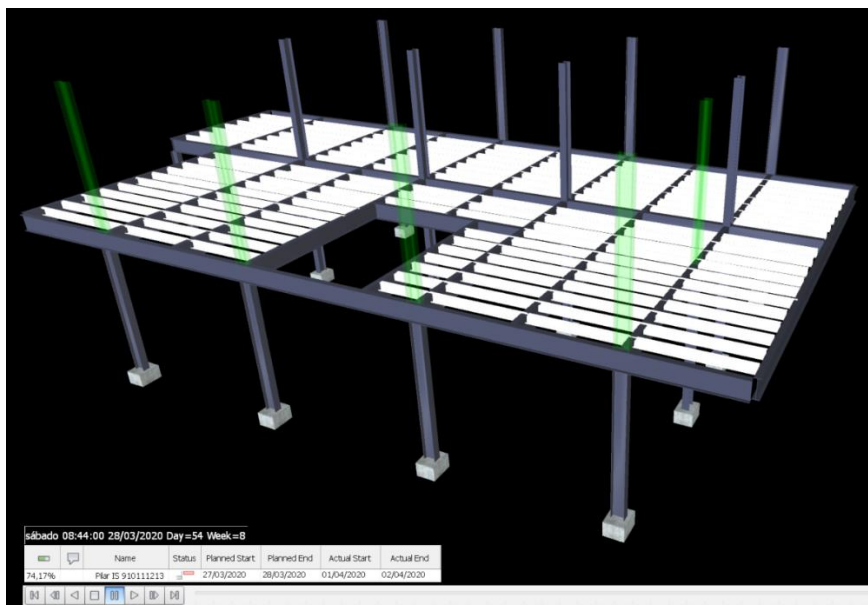
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 23 – Simulação construção virtual – Execução vigas secundárias.



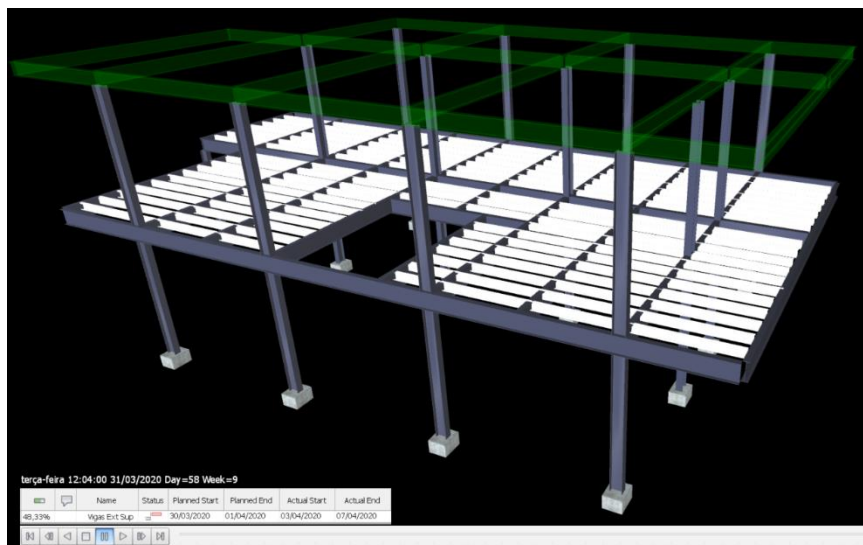
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 24 – Simulação construção virtual – Execução pilares pav. superior.



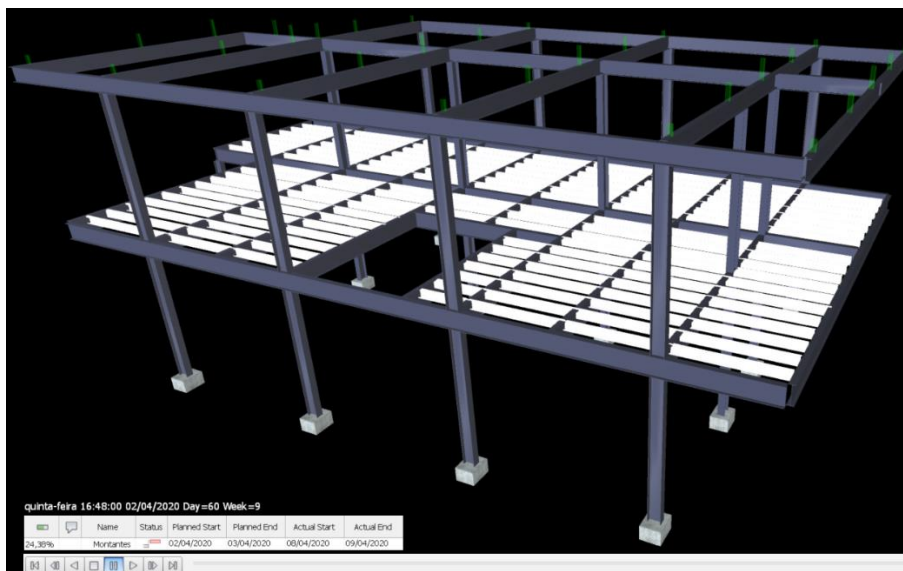
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 25 – Simulação construção virtual – Execução vigas pav. superior.



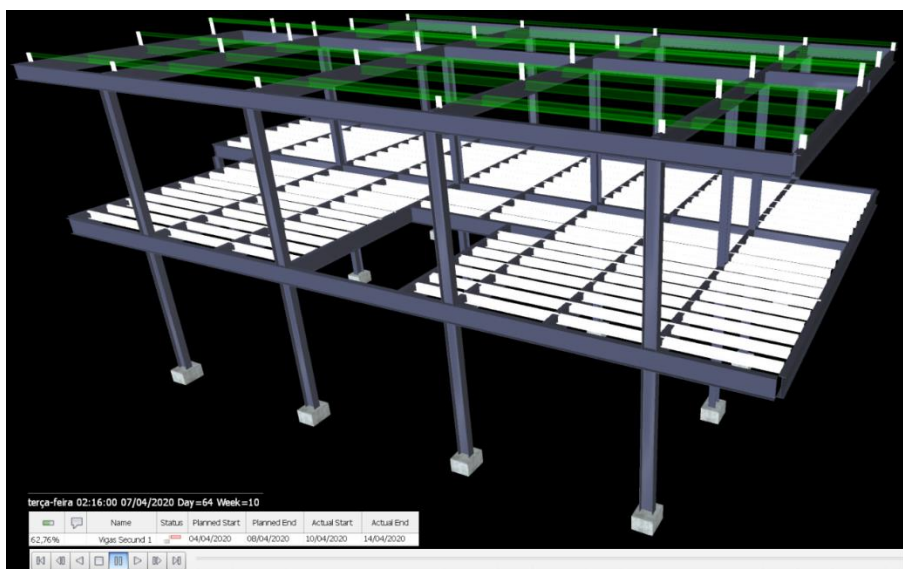
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 26 – Simulação construção virtual – Pav. superior concluído.



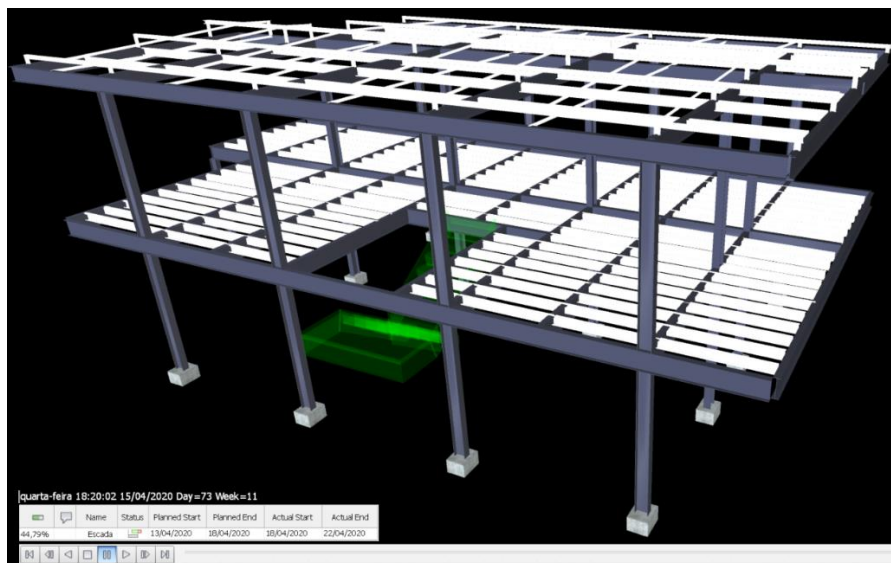
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 27 – Simulação construção virtual – Execução coberta.



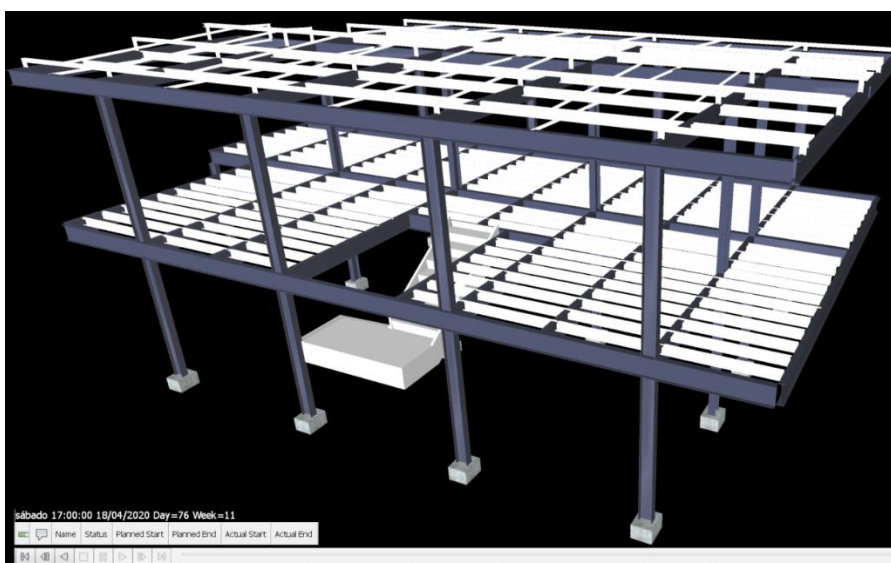
Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 28 – Simulação construção virtual – Execução escada.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Figura 29 – Simulação construção virtual – Obra finalizada.



Fonte: elaborada pelo autor (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho de auditoria não é uma tarefa de simples execução, pois exige do auditor um conjunto abrangente de habilidades e conhecimentos bastante específicos relacionados à área técnica a ser vistoriada. Além disso, requer uma elevada capacidade de interpretação e análise crítica de uma grande quantidade de dados complexos, que frequentemente estão dispersos e apresentam diferentes formatos e níveis de detalhamento. Para facilitar essa interpretação minuciosa e aprimorar a qualidade das avaliações realizadas, as tecnologias da informação (TI) têm se mostrado fundamentais, oferecendo recursos avançados que auxiliam significativamente o trabalho dos profissionais responsáveis pela auditoria.

Embora a construção civil seja frequentemente percebida como uma indústria tradicionalista e resistente às mudanças tecnológicas, em grande parte devido aos fortes aspectos culturais e hábitos consolidados dos construtores e demais profissionais envolvidos, observa-se que, em contextos específicos, como nas auditorias de obras públicas, a incorporação das tecnologias digitais pode representar uma aliada valiosa. A utilização dessas ferramentas possibilita maior precisão, agilidade e transparência nos processos de fiscalização, contribuindo para a melhoria dos resultados e para o aprimoramento dos controles de qualidade e conformidade das obras.

Diante do exposto nesta obra, visualiza-se uma ampla e promissora margem de aplicação das ferramentas oriundas da Modelagem da Informação da Construção, conhecida como BIM (Building Information Modeling), para os trabalhos de auditoria. É possível perceber que a simulação tridimensional, promovida por softwares especializados, como o Navisworks, traz contribuições significativas para o entendimento dos auditores, que muitas vezes não possuem familiaridade direta com a obra em questão, sobretudo quando estão envolvidos em múltiplos projetos simultâneos. Essas

representações tridimensionais facilitam a visualização espacial e temporal dos elementos construtivos, o que contribui para uma análise mais precisa e menos suscetível a erros ou interpretações equivocadas.

Apesar do grande potencial e das inúmeras vantagens que as ferramentas BIM apresentam, é compreensível que sua aplicação na esfera pública ainda esteja em fases iniciais de implantação. No entanto, é importante destacar que a consolidação e a ratificação de normativas e leis que determinem a obrigatoriedade do uso do BIM em obras públicas certamente irão impulsionar o contato dos auditores com essas tecnologias, fomentando a capacitação dos profissionais e ampliando a disseminação das melhores práticas no setor. Essa regulamentação atuará como um importante catalisador para a modernização da fiscalização e controle dos projetos públicos.

Espera-se que o livro sirva não apenas como uma base de conhecimento, mas também como um estímulo para o desenvolvimento de pesquisas futuras que possam ampliar e aprofundar o uso das tecnologias digitais nas auditorias de obras públicas. Com isso, busca-se aprimorar a eficiência, a segurança e a confiabilidade na análise dos dados coletados, bem como garantir registros mais organizados, claros e precisos nos relatórios gerados. Dessa forma, as melhorias decorrentes beneficiarão diretamente o serviço público, promovendo uma gestão mais transparente, responsável e eficaz dos recursos públicos aplicados nas obras de infraestrutura e edificações.

REFERÊNCIAS

AISH, R. Three-dimensional input and visualization. **Evolution**, v. 1, p. 72-78, 1986.

ALMEIDA, M. C. **Auditoria**: um curso moderno e completo. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

ANTHONY, R. N.; GOVINDARAJAN, V. **Sistemas de Controle Gerencial**. São Paulo: Aulas, 2001.

ARAÚJO, C. **Eficiência em novas formas de projetar**. BIMExperts, João Pessoa, abr. 2017. Disponível em: <<http://bimexperts.com.br/bim-e-sustentabilidade/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

BHASIN, S. Measuring the Leanness of an organization. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 2, n. 1, p. 55-74, 2011. <http://dx.doi.org/10.1108/20401461111119459>.

BIMe INITIATIVE (comp.). **Competency Table**. 201in. 2020. V. 2.1. Disponível em: bimexcellence.org. Acesso em: 01 jul. 2020.

BORGES, Rodrigo Magalhães Siqueira. **Impacto das Tecnologias da Informação na Construção Civil**: uma abordagem BIM em um estudo de caso de obra em Fortaleza-CE. 2017. 142 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

BRAGA, Carlos Renato Araujo. **Introdução à Auditoria de Tecnologia da Informação**. Notas de aula. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp%3FfileId%3D8A8182A14E01F8FC014E02CA051D1EC1>>. Acesso em: 28 dez 2019.

CABRAL, Analúcia Mota Vianna. **Estudo de modelo de eficácia de gestão de obras públicas municipais**. In: VII Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas. Brasília, 2002.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Fundamentos BIM - Parte 1. **Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**, v. 1, p. 124, 2016.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Programa Inovação Tecnológica. **Caderno de casos de inovação na construção civil**. Disponível em: <http://cbic.org.br/1caderno_inovacao/CBIC_PIT_Caderno%20Cases_2011.pdf>. Acesso em: 20 junho 2017.

CHAVES. **Auditoria Governamental**. Blog Contas.cnt. Disponível em: <<https://www.contas.cnt.br/auditoriagovernamental/>>. Acesso em: 28 dez 2019.

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook**: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, John Wiley & Sons, v. 1, p. 12-23, 2011.

EASTMAN, C. The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design, **American Inst. of Architects**, (March), pp. 46-50, 1975.

ELO Consultoria Empresarial e Produção de Eventos. **Auditoria de obras públicas**: entendimentos do TCU sobre a responsabilização de agentes públicos na condução de empreendimentos de infraestrutura. Blog ELO. Disponível em: <<http://https://www.eloconsultoria.com/hotsites/auditoria-de-obras-publicas>>. Acesso em: 28 dez 2019.

FORTES, B. A. C. **Estudo do Planejamento para a Implementação de Construção Industrializada em Aço**, Ouro Preto, 2009.

KOTAIRA, K. **O que é BIM?**. ENG DTP & Multimídia Ltda, São Paulo, abr. 2016. Disponível em: <<http://www.eng.com.br/artigo.cfm?id=43>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

MORAIS, L. S.; OLIVEIRA, R. R.; LAGE, T. C.; NASCIMENTO, V. M. S. Business intelligence na auditoria geral do Estado do Rio de Janeiro: aplicabilidade e conhecimento. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**. Florianópolis, SC, v. 3, n. 2, p. 125 - 132, jul./dez. 2013. ISSN 2237-4558.

MÜNCH, J. R. Tecnologia BIM: Ciclo do 3D ao 7D. **MAKEBIM**, São Paulo, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.makebim.com/2017/01/13/tecnologia-bim-ciclo-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

NDBIM Virtual Building. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos**. Vila Nova de Famalicão, 18 julho 2017. Disponível em: <<http://ndbim.eu/index.php/pt/servicos/gerenciamento-de-empresendimento/>>. Acesso em: 25 setembro 2017.

OLIVEIRA, Robson Ramos et al. **Auditoria em obras públicas**: um estudo sobre a área de formação dos auditores dos governos estaduais e as auditorias de natureza operacional, a partir de dados do CONACI e SINAOP. GEPROS, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p.143-159, jul. 2010.

PENTTILÄ, H. Describing the Changes in Architectural Information Free-Form Architectural Expression. **ITcon**, v. 11, n. January, p. 395–408, 2006.

ROCHA, A. P. Por dentro do BIM. Projetos. **Revista técnica**, PINI. v. 168, n. 1, mar. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/168/artigo287822-1/>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

SILVA, Marlon. **Auditoria interna e auditoria externa: quais as principais diferenças**. Blog administradores.com. Disponível em: <<http://https://administradores.com.br/artigos/auditoria-interna-e-auditoria-externa-quais-as-principais-diferencas>>. Acesso em: 28 dez 2019.

SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS (SINAOP). **Carta de Intenções**, V Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas. Salvador, 2000.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

TAYLOR, D. H.; GLEZEN, G. W. **Auditing**: Integrated Concepts and Procedures. 6ª ed. Singapore: John Wiley & Sons, Inc., 1994.

THESAURUS. **Metodologia da Pesquisa Científica**: teoria e prática – como elaborar TCC”, Brasília: 2016.

VICTOR. **Conheça agora os principais tipos de auditoria**. Blog Checklist Fácil. Disponível em: <<http://https://www.checklistfacil.com/blog/conheca-ja-os-principais-tipos-de-auditoria>>. Acesso em: 28 dez 2019.