

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

JESSIKA CAROLINY MELO DE CARVALHO
JOSÉ ANTÔNIO SANTIAGO

METODOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)
APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL

BELO HORIZONTE – MG
DEZEMBRO/2021

JESSIKA CAROLINY MELO DE CARVALHO
JOSÉ ANTÔNIO SANTIAGO

**METODOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)
APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG) como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia do Trabalho

Orientadora: Profa. Ms. Inara de Pinho Nascimento

Coorientador: Randlely Vilaça Lobo

BELO HORIZONTE – MG
DEZEMBRO/2021



FEAMIG

Instituto Educacional "Cândida de Souza"

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **METODOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, de autoria dos alunos JESSIKA CAROLINY MELO DE CARVALHO e JOSÉ ANTÔNIO SANTIAGO, isento de banca examinadora, em função de publicação de artigo científico nos ***Cadernos de Comunicações Universitárias***, do 5º SEAG – Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão, ISSN 2675-1879.

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021.

Profa. Ms. Raquel Ferreira de Souza

Coordenadora do Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

PPDC/FEAMIG

Ao nosso parceiro e amigo Álvaro Fernandes Sobrinho (*in memoriam*), que esteve conosco no começo deste projeto, contudo não pôde completar mais esta etapa.

RESUMO

Devido ao alto índice de acidentes no Brasil e no mundo, sendo a principal causa no país, a Construção Civil é um dos setores que exigem mais atenção dos profissionais envolvidos na área. Como uma forma de evitar esses ocorridos, tem-se a implementação da oitava dimensão do Building Information Modeling (BIM), que é voltada ao conceito de Acidente Zero, durante as fases de projeto e manutenção nas obras. Entretanto, tanto o BIM quanto o conhecimento de suas dimensões são incipientes no Brasil. Com isso, este trabalho objetiva abordar os benefícios da adoção do BIM como a principal forma de evitar os problemas de segurança na Construção Civil, corroborando com a aplicação da NR 18, que regulamenta as condições e meio ambiente de trabalho no setor no país. Na análise das informações, que tem como base documentos como livros, artigos científicos e publicados em páginas da internet, manuais, guias e relatórios relacionados a ambos os assuntos, é descrito os problemas da Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil, definido o BIM e debatido sua aplicação como forma de prevenção e mitigação dos acidentes, incidentes e doenças ocupacionais relacionados ao setor. Demonstra-se, portanto, que a metodologia é uma forma de diminuir os problemas relacionado a saúde e segurança em obras, principalmente se utilizado durante as fases iniciais, de concepção e planejamento de um projeto.

Palavras-Chaves: Construção Civil. Building Information Modeling. BIM 8D. Segurança no Trabalho.

ABSTRACT

Due to the high rate of accidents in Brazil and in the world, being the main cause in the country, Civil Construction is one of the sectors that demand more attention from professionals involved in the sector. To avoid these occurrences, there is the implementation of the eighth dimension of Building Information Modeling (BIM), which is focused on the concept of Zero Accident, during the design and maintenance phases in constructions. However, knowledge about BIM and its dimensions is incipient in Brazil. Thus, this work aims to address the benefits of adopting BIM as the main form to avoid safety problems in Civil Construction, corroborating the application of Brazilian Regulatory Standard 18, which regulates the conditions and environment of work in the sector. In the analysis, which is based on documents such as books, scientific articles and published on internet pages, manuals, guides and reports related to both subjects, the problems of Occupational Health and Safety in Civil Construction are described, BIM is defined, and its application debated as a way of preventing and mitigating accidents, incidents and occupational diseases related to the sector. Therefore, it is shown that the methodology is a way to reduce problems related to health and safety in works, especially if used during the initial stages of design and planning of a project.

Keywords: Civil Construction. Building Information Modeling. BIM 8D. Occupational health and safety.

LISTA DE ABREVIATURAS, UNIDADES E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
ABPA	Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes
AEAT	Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
ANAMT	Associação Nacional de Medicina do Trabalho
BIM	Building Information Modeling
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CID	Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GCR	Sistema de guarda-corpo e rodapés
HBIM	Historic Building Information Modeling
ILO	International Labour Organization
ISO	International Organization for Standardization
mm	Milímetros
MTb	Ministério do Trabalho
NBIMS	National Building Information Modeling Standard
NIBS	National Institute of Building Sciences
NR	Norma Reguladora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PAS	Publicly Available Specification
PCMAT	Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
SECONCI	Serviço Social da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais
SESMT	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de guarda-corpo e rodapé.....	28
Figura 2 - Plataforma e bandeja de proteção.	29
Figura 3 - Tela fachadeira.	30
Figura 4 – Organograma das 10 Dimensões do BIM.	51
Figura 5 – Curva de influência do BIM nas fases da Construção Civil.	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Causas de acidentes em 2019.	47
Gráfico 2 - Consequências de acidentes em 2019.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de atividade conforme CNAE.....	36
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Casos de acidentes em 2019.....	38
Tabela 2 - Consequências dos acidentes em 2019.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Considerações iniciais	13
1.2	Problema de pesquisa	14
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivos específicos	14
1.4	Justificativa	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	O setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)	16
2.1.1	Building Information Modeling – BIM	17
2.2	Segurança do Trabalho	20
2.2.1	Breve histórico da Segurança do Trabalho no mundo	21
2.2.2	Breve histórico da Segurança do Trabalho no Brasil	23
2.2.3	Normas Regulamentadoras – NRs	24
2.2.4	Segurança do Trabalho na Construção Civil	26
2.2.4.1	EPCs e EPIs	27
2.2.4.2	Áreas de vivência	31
2.2.4.3	Principais causas de acidentes na Construção Civil	32
2.2.4.4	Consequências de acidentes na Construção Civil	34
2.2.4.5	Dados da Segurança do Trabalho na Construção Civil	35
3	METODOLOGIA	40
3.1	Tipos de pesquisa	40
3.2	Natureza de pesquisa	41
3.3	Pesquisa quanto aos fins	41
3.4	Pesquisa quanto aos meios	42

3.5 Universo e amostra	44
3.6 Coleta e análise de dados.....	45
3.7 Limitações da pesquisa.....	46
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47
4.1 Os problemas da Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil	47
4.2 O Building Information Modeling (BIM) e suas dimensões.....	49
4.3 Aplicação do BIM para a Segurança do Trabalho na Construção Civil.....	52
5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICES	61
Apêndice A – Artigo publicado pelo Caderno de Comunicações Universitárias do 5º Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão – SEAG	62

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Em 17 de maio de 2018, foi instituído pelo Poder Executivo brasileiro, por meio do Decreto nº 9.377, a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling (BIM). De acordo com o Decreto, de forma resumida, o BIM é um conjunto de processos colaborativos que tem como intuito integrar todas as fases de uma construção.

O BIM é dividido em 10 partes chamadas de Dimensões. De acordo com Arnal (2018), são elas: pesquisa, implementação e concepção (1D); produção e desenvolvimento (2D); modelagem paramétrica (3D); planejamento temporal (4D); orçamento (5D); sustentabilidade (6D); gestão e operação (7D); segurança e controle (8D); produção limpa (9D) e construção industrializada (10D). Como apresentado, a oitava dimensão do BIM é relacionada a segurança em obras, ou seja, a Segurança do Trabalho na Construção Civil.

De acordo com dados da International Labour Organization (ILO) (Organização Internacional do Trabalho – OIT) (2021), dentre os 83 países abordados pelo grupo, o Brasil ocupa o décimo primeiro lugar em mortes relativas a acidentes de trabalho e vigésimo primeiro lugar em lesões não fatais. No país, a Construção Civil é um dos principais setores que esses incidentes acontecem, estando em sexto lugar em casos de incapacidade permanente e óbitos, exigindo mais atenção dos profissionais que atuam na área.

Como forma de prevenção e mitigação desses acidentes, tem-se a Norma Reguladora (NR) 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção – criada em 08 de junho de 1978 por meio da Portaria do Ministério do Trabalho (MTb) nº 3.214. Entretanto, mesmo com a aplicação e seguimento da norma por parte dos construtores, muitos incidentes ainda acontecem.

A partir disso, discute-se se a aplicação da Dimensão 8D do Building Information Modeling, que corresponde às práticas de segurança, poderá contribuir para aumentar a proteção dos trabalhadores no setor da Construção Civil, auxiliando, principalmente, na diminuição dos índices desses acidentes.

1.2 Problema de pesquisa

A aplicação da metodologia Building Information Modeling (BIM), em especial a sua oitava dimensão, pode contribuir para melhorar a segurança de trabalho no setor da construção civil?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Investigar se a aplicação da oitava dimensão da metodologia Building Information Modeling (BIM) pode contribuir para melhorar a segurança de trabalho na construção civil, abordando seus benefícios no setor.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Abordar os problemas da Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil;
- b) Apresentar o Building Information Modeling (BIM) e suas dimensões;
- c) Debater a aplicação do BIM para a Segurança do Trabalho na Construção Civil.

1.4 Justificativa

Sendo a Construção Civil um dos principais setores que acontecem os acidentes de trabalho no Brasil e no mundo, este Trabalho de Conclusão de Curso visa abordar os benefícios da aplicação de uma das dimensões do Building Information Modeling (BIM), a 8D, que trata da segurança em obras.

A partir deste estudo, a comunidade acadêmica e os profissionais dos setores relativos a Construção Civil, principalmente a Engenharia Civil e a Segurança e Saúde do Trabalho, terão um novo material como base de conhecimento relativo não apenas a Segurança do Trabalho em obras, mas também ao BIM, sistema incipiente no país, que tem sua aplicação obrigatória desde março de 2021.

Relativo à população, ela é direta e indiretamente influenciada pela aplicação do BIM 8D, que prevê a redução dos acidentes não-fatais e mortais em obras, aumentando o índice de segurança no ramo.

Destaca-se, também, que a obrigatoriedade da aplicação do BIM aumenta a demanda de mercado e oportunidades no setor da Construção Civil, influenciando as três partes – a população, os profissionais e a comunidade acadêmica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)

Conforme o dicionário Michaelis (2021b), Arquitetura refere-se a “arte e ciência de projetar e supervisionar a construção de edifícios ou outras estruturas” de forma a abrigar os diversos tipos de atividades humanas, ou seja, a construção e modelagem artificial do ambiente físico. Por sua vez, a Engenharia, também conforme o glossário (2021c), é a “arte de aplicar os conhecimentos científicos à invenção, aperfeiçoamento ou utilização da técnica industrial em todas as suas determinações. Ciência ou arte de construções civis, militares e navais”. Por fim, produto desses dois juntos, tem-se a Construção, que consiste na execução e construção do projeto previamente elaborado, seja ele de uma edificação, obra de arte ou infraestrutura.

No Brasil, a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) (IBGE, 2021) define como parte do setor da Construção Civil as seguintes atividades:

- Incorporação de empreendimentos imobiliários;
- Construção de edifícios;
- Construção de rodovias, ferrovias, obras urbanas (ruas, praças e calçadas) e obras-de-arte especiais;
- Obras de infraestrutura para energia elétrica (geração e distribuição), telecomunicações, água e esgoto (redes de abastecimento, coleta e construções correlatas), transporte por dutos;
- Construção obras portuárias e montagem de instalações industriais e de estruturas metálicas;
- Demolição e preparo do terreno (preparação de canteiros de obras, perfurações e sondagens e obras de terraplenagem);
- Instalações elétricas, hidráulicas e de sistemas de ventilação e refrigeração;
- Obras de acabamentos;
- Obras de fundações;
- Serviços especializados para construção.

Uma outra denominação ao setor é indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) que, assim como o nome já diz, compreende as inúmeras atividades relacionadas aos três setores. O termo está sendo utilizado cada dia mais como uma forma de demonstrar a integração dos projetos desses ramos, principalmente com as inúmeras tecnologias e metodologias sendo criadas. Um dos principais acontecimentos dos últimos anos foi a metodologia ou tecnologia BIM, sigla mundialmente utilizada em qualquer língua para Building Information Modeling, ou Modelagem de Informação da Construção, em tradução livre.

2.1.1 *Building Information Modeling – BIM*

O National Building Information Modeling Standard (NBIMS) do Estados Unidos define BIM como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção, servindo como um recurso de conhecimento compartilhado de suas informações (NIBS, 2015). Forma-se, então, conforme instituído, uma base confiável para decisões durante o ciclo de vida da edificação, desde a sua concepção até o fim de sua vida útil. Ainda de acordo com o NBIMS (NIBS, 2015), um dos principais objetivos do BIM é a colaboração entre os diferentes agentes que envolvem as diferentes fases da edificação.

Já o British Standards Institution (Instituição Britânica de Normas), por meio das Especificações Disponíveis Publicamente (Publicly Available Specification – PAS) 1192-2 de 2013 resume o BIM como o “processo de projetar, construir ou operar um edifício ou ativo de infraestrutura usando informações eletrônicas orientadas a objetos”. Esta norma serviu como base para a criação da primeira International Organization for Standardization (ISO) relacionada ao sistema de modelagem, a ISO 19650, publicada em 2018.

No Brasil, o governo federal introduziu o BIM por meio do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, o qual instituiu a estratégia nacional de disseminação da metodologia no país, buscando sua democratização no setor da construção civil. Por sua parte, corroborando com as definições citadas, o decreto dispõe que

o BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, como o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção (BRASIL, 2018)

Tolentino (2018) *apud* Groetelaars (2015) cita algumas características do uso da tecnologia BIM. São elas:

- Permite uma documentação mais completa, precisa, e sem ambiguidades, devido à centralização dos dados em um modelo único;
- Permite identificar prioridades e definir estratégias para alocação de recursos financeiros;
- Gera uma fonte de dados confiáveis, para dar suporte ao desenvolvimento de projetos de intervenção (reforma, restauração, requalificação, entre outros), facilitado também pela visualização tridimensional da edificação e de suas diversas alternativas de projeto.
- Possibilita a verificação de interferências, de conflitos entre elementos arquitetônicos, estruturais e mecânicos, evitando erros de representação da situação existente e de propostas de intervenção;
- Permite analisar o comportamento e desempenho da edificação durante todo o ciclo de vida, facilitando o desenvolvimento de ações visando o seu uso sustentável;
- Possibilita o compartilhamento dos dados e o trabalho colaborativo;
- Permite exportar o modelo para outros programas, para a realização de uma série de análises, simulações (de estrutura, eficiência energética, desempenho térmico e acústico, iluminação natural e artificial, entre outros).

O Building Information Modeling é dividido em dimensões, as quais são identificadas pelo seu número seguido de um “D”. As comumente utilizadas e mais abordadas em pesquisas são três:

- 3D: trata de modelagem paramétrica;
- 4D: trata de planejamento;
- 5D: trata de orçamento.

Ignasi Pérez Arnal, um dos arquitetos referência quando se trata da metodologia BIM, em um artigo publicado em 2018, aborda a “Teoria das 10

dimensões do BIM”, que passou a ser utilizada como base de estudo e implementação. Nesta publicação, o BIM é dividido em:

- 1D: implementação e concepção: implica na implantação de Protocolos BIM em um país ou organização;
- 2D: produção e desenvolvimento: baseia-se na introdução dos fluxos de trabalhos colaborativos, acarretando novas formas de contratação e apostas em soluções integradas de gestão;
- 3D: modelagem paramétrica: trata da modelagem digital, identificação dos processos, captura da realidade e os produtos BIM;
- 4D: planejamento temporal: relativo ao planejamento temporal precisamente ligado a cada um dos elementos modelados;
- 5D: orçamento: trata da economia do projeto e como cada elemento BIM é sincronizado com seu preço, sua origem, sua instalação, os custos de sua manutenção, entre outros aspectos;
- 6D: sustentabilidade: trata da sustentabilidade dos projetos e construções com foco no meio ambiente;
- 7D: gestão e operação: dedicada à operação e manutenção de instalações construídas e ativos manufaturados;
- 8D: segurança e controle: trata da segurança e saúde do trabalho, voltada para o conceito de Acidente Zero, envolvendo as fases de projeto, trabalho e fase de manutenção;
- 9D: produção limpa: se trata da introdução da filosofia de Lean Construction, ou seja, gestão enxuta no setor da Construção Civil;
- 10D: construção industrializada: junção de todas as dimensões com um objetivo em comum: industrialização da construção, transformação do setor da construção para torná-lo mais produtivo e integrado com as novas tecnologias por meio de sua digitalização.

Complementando todas essas dimensões, ainda se tem o HBIM, sigla para Historic Building Information Modeling. De acordo com Tolentino (2018), o HBIM é uma extensão da metodologia para as edificações históricas, visando a documentação, análise e conservação de edifícios históricos.

Por fim, Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2016, p.12) cita que o “BIM é uma plataforma tecnológica abrangente demais, porque, além de ser

aplicável a todo o ciclo de vida de um empreendimento, pode ser empregada em vários segmentos da indústria”. De acordo com o instituto, este é um dos motivos dificultadores para o entendimento do sistema de modelagem.

2.2 Segurança do Trabalho

A Segurança do Trabalho, de acordo com Barsano e Barbosa (2018), é a “ciência que estuda as possíveis causas do acidente e incidentes durante a atividade laboral do trabalhador”. Os autores continuam dizendo que este estudo tem como intuito prever os acidentes, as doenças ocupacionais e outras formas de agravos à saúde dos profissionais, e atinge seu propósito quando proporciona ao empregado e o empregador, um ambiente de trabalho saudável e seguro.

É importante lembrar que há uma diferença entre acidente e incidente. O primeiro termo, de acordo com a definição do dicionário Michaelis (2021a, 2021d), relaciona-se com os acontecimentos que envolvem dano, estrago, sofrimento ou morte; já o segundo se trata de fatos imprevisíveis que ocorrem no decurso de um acontecimento principal.

Portanto, de acordo com a Lei Federal nº 6.367, de 19 de outubro de 1976, “acidente do trabalho é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, ou perda, ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho”. São considerados acidentes do trabalho, de acordo com Peixoto (2010), aqueles ocorridos:

- Durante o horário de trabalho;
- No local de trabalho;
- Quando o empregado estiver executando ordem ou realizando serviço sob o mando do empregador;
- Em viagem a serviço da empresa;
- No percurso da residência para o local de trabalho, vice-versa;
- Nos períodos de descanso ou por ocasião da satisfação de necessidades fisiológicas, no local de trabalho;
- Por contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade;

- Em consequência de agressão física, ato de sabotagem, brincadeiras, conflitos, ato de imprudência, negligência ou imperícia, desabamento, inundação e incêndio.

O autor ainda divide o acidente de trabalho em:

- Acidente tipo ou típico: aqueles que são considerados comuns, súbitos e imprevisto como batidas, choques, cortes, quedas e queimaduras;
- Doença do trabalho: aquelas que são provenientes de agentes ambientais presentes na atividade exercida pelo trabalhador como calor, gases, microorganismos, ruído e vapores;
- Acidente de trajeto: aqueles sofridos pelo empregado no percurso entre residência e trabalho, qualquer que seja o meio de locomoção, desde que seja em horários e trajetos compatíveis;
- Incidente: acidentes sem danos pessoais.

2.2.1 Breve histórico da Segurança do Trabalho no mundo

O trabalho presencia a humanidade desde os seus primórdios. Logo, imagine-se que os acidentes e os incidente de trabalho também acompanha a história do homem.

Os registros mais antigos encontrados, de acordo com Barsano e Barbosa (2018), são de 2360 antes de Cristo (a.C.) no Papiro Seler II, que relaciona o ambiente de trabalho e os riscos a ele inerentes e no Papiro Anastasi V de 1800 a.C., conhecido como “Sátira dos Ofícios” e descreve os problemas de insalubridade, periculosidade e penosidade das profissões.

Seguindo a cronologia dos autores, por volta de 1750 a.C., foi criado durante o Império Babilônico o Código de Hamurabi, que trata da responsabilidade profissional. Nele, o então Imperador Hamurabi sentencia a pena de morte aquele que construir uma casa que desmorone e causa a morte de seus ocupantes.

Entretanto, apenas em 1700 foi feito uma publicação de impacto mundial relacionado segurança e saúde do trabalho. O livro, chamado *De Morbis Artificum Diatriba* (Doenças do Trabalho), foi escrito por Bernardino Ramazzini, médico italiano, que ficou conhecido posteriormente como “pai da medicina do trabalho”. O registro,

de acordo com Bitencourt e Quelhas (1998), descreve cinquenta profissões distintas e as doenças a elas relacionadas.

Quase cem anos depois, em 1802, foi aprovada na Inglaterra a primeira lei de proteção dos trabalhadores: a “lei de saúde e moral dos aprendizes” (BITENCOURT; QUELHAS, 1998). De acordo com os autores (p.2), a norma “estabeleceu o limite de 12 horas de trabalho diários, proibia o trabalho noturno, obrigava os empregados a lavar as paredes das fábricas duas vezes por ano, e tornava obrigatória a ventilação das fábricas”. Entretanto, esta lei foi ineficaz, sendo criada então, em 1833, o Factory Act, que, dentre suas obrigações que são semelhantes a norma anteriormente apresentada, tem-se a criação da obrigação de um médico nas fábricas (BITENCOURT; QUELHAS, 1998). Cria-se também, no mesmo ano, o Factory Inspectorate, uma espécie de Ministério do Trabalho.

Anos depois, em 1867, no estado de Massachusetts, nos Estados Unidos da América, é criado o primeiro ato governamental que visava a prevenção de acidentes na indústria. De acordo com os Bitencourt e Quelhas (1998), o ofício

exigia a utilização de protetores sobre correias de transmissão, guardas sobre eixos e engrenagens expostos e que proibia a limpeza de máquinas em movimento; obrigava também, um número suficiente de saídas de emergência, para que, em caso de algum sinistro, ambientes de trabalho fossem evacuados rapidamente (BITENCOURT; QUELHAS, 1998, p.3).

Já na América Latina, conforme os autores, a preocupação com os acidentes do trabalho surgiu junto com o desenvolvimento industrial, que iniciou-se apenas no século XX. Em 1935, foi fundado em New York, também nos Estados Unidos, o *Conselho Inter-Americano de Seguridad*, voltado à prevenção de acidentes nesta parte do continente.

Por fim, em 1950, foi estabelecido, pela primeira vez, os objetivos da saúde ocupacional pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), criada em 1919, e Organização Mundial da Saúde (OMS), criada em 1948 (ANAMT, 2017). O principal objetivo dessa comissão conjunta foi adaptar o trabalho ao homem e o homem à sua atividade.

2.2.2 Breve histórico da Segurança do Trabalho no Brasil

De acordo com a Associação Nacional de Medicina do Trabalho (ANAMT), apenas em 1921 foi criada uma Inspeção do Trabalho. Dez anos depois, foi criado o Departamento Nacional do Trabalho, que tinha como intuito

fiscalizar o cumprimento de leis sobre acidentes laborais, jornada, férias, organização sindical e trabalho de mulheres e menores. Um ano depois, foram criadas as inspetorias regionais nos estados da federação, posteriormente transformadas em Delegacias Regionais do Trabalho (ANAMT, 2017, p.1).

Em 1934, por meio do artigo 122 da Constituição do mesmo ano, passou a ser aplicado a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que só foi regulamentado 9 anos depois, em 1943, por meio do Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio.

De acordo com a ANAMT, na década de 1940 foram criadas as Comissões Internas de Prevenção de Acidentes (Cipas), estruturada pela Associação Brasileira de Medicina do Trabalho. As comissões têm como intuito a dedicação às doenças específicas dos trabalhadores dentro de uma empresa (ANAMT, 2017).

Em 1941, de acordo com Bitencourt e Quelhas (1998), foi fundada a Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes (ABPA), a primeira do tipo voltada ao setor privado.

Trinta e um anos depois, por meio da Portaria nº 3.237, regulamentou-se a obrigatoriedade dos serviços médicos, de higiene e de segurança em todas as empresas que trabalham 100 ou mais pessoas. Hodiernamente, no país, leva-se em consideração, também, o grau de risco da empresa (BITENCOURT; QUELHAS, 1998). Com a obrigação da Portaria, de acordo com os autores, foi criado também a figura de Engenheiro de Segurança do Trabalho. Porém, ainda conforme os autores, este atuava apenas como um fiscal dentro da entidade, tendo uma visão sobretudo corretiva.

Por fim, em 08 de junho de 1978, é criada a Portaria nº 3.214 que aprova as Normas Regulamentadoras (NR) relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, obrigando as empresas a cumpri-las.

2.2.3 Normas Regulamentadoras – NRs

Com redação previamente dada pela Lei Federal nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, no Título II do Capítulo V, as Normas Regulamentadoras, de acordo com o Ministério da Economia, “consistem em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho”.

As primeiras 8 NRs foram publicadas pela Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. São elas:

- NR-1: Disposições Gerais;
- NR-2: Inspeção Prévia;
- NR-3: Embargo e Interdição;
- NR-4: Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT);
- NR-5: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA);
- NR-6: Equipamento de Proteção Individual (EPI);
- NR-7: Exames Médicos;
- NR-8: Edificações.

As outras, atualmente 37, foram criadas conforme demanda do mercado de trabalho, visando sempre assegurar a prevenção da segurança e saúde de trabalhadores em serviços laborais e segmentos econômicos específicos. De acordo com o Ministério da Economia (2020), a elaboração e revisão das NRs são realizadas pela Secretaria Especial de Previdência e Trabalho, por meio de grupos e comissões compostas por representantes do governo, empregadores e trabalhadores, assim como preconizado pela OIT.

As outras Normas Regulamentadoras atualmente em vigor são:

- NR-9: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais;
- NR-10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- NR-11: Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio De Materiais;
- NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos;

- NR-13: Caldeiras, Vasos De Pressão e Tubulações e Tanques Metálicos De Armazenamento;
- NR-14: Fornos;
- NR-15: Atividades e Operações Insalubres;
- NR-16: Atividades e Operações Perigosas;
- NR-17: Ergonomia;
- NR-18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;
- NR-19: Explosivos;
- NR-20: Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis;
- NR-21: Trabalhos a Céu Aberto;
- NR-22: Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração;
- NR-23: Proteção Contra Incêndios;
- NR-24: Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho;
- NR-25: Resíduos Industriais;
- NR-26: Sinalização de Segurança;
- NR-28: Fiscalização e Penalidades;
- NR-29: Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário;
- NR-30: Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário;
- NR-31: Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura;
- NR-32: Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde;
- NR-33: Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados;
- NR-34: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval;
- NR-35: Trabalho em Altura;
- NR-36: Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados;
- NR-37: Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo.

A única norma revogada é a NR-27, que tratava do Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho.

2.2.4 Segurança do Trabalho na Construção Civil

O setor da construção civil é um dos maiores responsáveis pela geração de serviços dentre todos os ramos existentes. Em conjunto com essa expressividade, conforme aponta Peinado (2019), há o elevado índice de acidentes e doenças de trabalho dentro deste campo, mesmo com o aumento expressivo de pesquisas sobre Segurança do Trabalho na Construção Civil.

Uma das principais formas de prevenção e mitigação desses acidentes é a Norma Reguladora 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. A NR

estabelece e diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 1978a, p.2).

A norma define como Indústria da Construção aqueles definidos dentro da relação do CNAE, também constantes na NR-4, além das atividades e serviços de demolição, reparo, pintura, limpeza e manutenção de edifícios em geral, de qualquer número de pavimentos ou tipo de construção, inclusive manutenção de obras de urbanização e paisagismo.

De forma resumida, a NR-18 aborda, dentre outras recomendações, as seguintes determinações:

- Comunicação prévia à Delegacia Regional do Trabalho sobre as informações e datas previstas para a obra;
- Elaboração e cumprimento de um Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT);
- Criação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) e de Comitês Permanentes Sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção;
- Criação das áreas de vivência (apresentadas no tópico 2.2.4.2);
- Definições, preparo e parâmetros para serviços de demolição, escavação, desmonte de rochas, construção em geral, carpintaria, armações de aço, estruturas, soldagem, entre outros;

- Definições e parâmetros para uso de equipamentos, máquinas e ferramentas;
- Obrigação do uso de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Individual (EPI).

Nos tópicos a seguir serão apresentados os equipamentos de proteção e as áreas de vivência, e serão abordados dados e principais causas e consequências da Segurança do Trabalho no setor da Construção Civil.

2.2.4.1 EPCs e EPIs

Os equipamentos de proteção são divididos em duas categorias: os coletivos (EPC) e os individuais (EPI).

O Serviço Social da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (SECONCI-MG), em seu Manual Básico para Implantação de Segurança no Canteiro de Obras, define os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) “aqueles que abrangem mais de um trabalhador ao mesmo tempo, visando eliminar ou reduzir a formação de agentes prejudiciais à saúde”.

Por sua vez, o Manual da Segurança na Construção Civil da Fio Cruz, os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) são instrumentos “de uso pessoal, cuja finalidade é neutralizar a ação de certos acidentes que poderiam causar lesões ao trabalhador, e protegê-lo contra possíveis danos à saúde”.

De acordo com a NR-18, os EPCs têm sua instalação obrigatória onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção e materiais. Já os EPI, ainda seguindo a norma, devem ser fornecidos aos trabalhadores conforme o risco apresentado no local, estando em perfeito estado de conservação e funcionamento, dentro das disposições contidas na NR-6, que trata dos tais equipamentos.

Peinado (2019) apresenta alguns dos tipos de Equipamentos de Proteção Coletivo mais utilizados e necessários em uma obra, que serão mostradas entre as Figuras 1 e 3 a seguir.

Figura 1 - Sistema de guarda-corpo e rodapé.



Fonte: PEINADO (2019)

O sistema de guarda-corpo e rodapés (GCR), exemplificado na Figura 1, tem o objetivo de minimizar o risco de queda de materiais e pessoas, devendo ser de materiais rígidos e resistentes (PEINADO, 2019). De acordo com o autor (p.112), estes equipamentos devem ser instalados “na periferia dos pavimentos, em escadas, andaimes suspensos e no entorno de aberturas de pisos em que haja risco de queda” e devem ter o espaço de suas travessas fechados internamente com malha de abertura de 20 a 40 milímetros (mm).

Figura 2 - Plataforma e bandeja de proteção.



Fonte: PEINADO (2019)

A Figura 2 mostra as plataformas ou bandejas de proteção que, de acordo com a NR-18, devem ser utilizadas por todas as construções com mais de quatro pavimentos ou altura equivalente. Este EPC precisa possuir uma plataforma principal de proteção, também chamadas de plataforma ou bandeja primária, instaladas na altura mínima de um pé direito em relação ao nível do terreno, e uma bandeja a cada três pavimentos, as chamadas plataformas secundárias (PEINADO, 2019). Quando existem subsolos na construção, estes tablados são chamados de terciários, devendo ser colocados a cada duas lajes em direção ao subsolo.

De acordo com o autor, as plataformas primárias devem ter no mínimo 2,50 metros de largura, as secundárias 1,40 metro e as terciárias 2,20 metros, todas com complemento de 80 centímetros inclinados em 45 graus. O autor completa dizendo que as bandejas só podem ser retiradas quando a obra na parte superior a elas tiver sido concluída.

Figura 3 - Tela fachadeira.



Fonte: PEINADO (2019)

A tela fachadeira, apresentada na Figura 3, deve ser colocada “em todo o perímetro da edificação, a fim de evitar que objetos, ferramentas e detritos sejam projetados para fora da edificação e causem danos aos funcionários, transeuntes e construções nos arredores da obra” (PEINADO, 2019, p.134). Sua instalação deve ser feita assim que o primeiro jogo de plataformas for implantado e removido apenas quando a vedação da periferia da edificação estiver executada até a plataforma imediatamente superior a ela.

Já no que se refere aos Equipamentos de Proteção Individual, existem diversos tipos que são diferenciados pela sua finalidade e sequência de critérios como os riscos que o serviço oferece, condições de trabalho, parte a ser protegida, entre outros. O manual da Fio Cruz divide esses equipamentos em 8 categorias de acordo com sua proteção:

- Protetores para a cabeça: utilizados para crânio e rosto, como máscaras, óculos, capacetes e visores;
- Protetores para membros inferiores: utilizados para pés e pernas, como sapatos de segurança, botas e perneiras;
- Protetores para membros superiores: utilizados para as mãos e braços, como as luvas e mangotes;
- Protetores contra quedas com diferença de nível: utilizados para proteger o ser humano que trabalha em lugares altos, como cintos com travessão ou corda;

- Protetores para audição: utilizados quando se trabalha em locais com exposições por longo período a sons superiores a 85 decibéis, como os protetores de inserção e tipo concha.
- Protetores respiratórios: utilizados para impedir as vias respiratórias de gases e substâncias nocivas ao organismo humano como as máscaras com filtro, suprimento de ar e contra gás;
- Protetores de tronco: utilizados contra agentes variados, como exemplo, os aventais;
- Protetores de corpo inteiro: utilizados quando se trabalha em locais que apresentam riscos de contaminação, como exemplo, macacões.

Destes, destacam-se que os mais utilizados no setor da construção civil são os capacetes, obrigatórios em qualquer espaço em obra, óculos e luva.

2.2.4.2 Áreas de vivência

De acordo com Araújo *et al.* (2000, p.1), os canteiros de obras devem constituir de um conjunto de instalações que servem como suporte a construção dos empreendimentos. De acordo com os autores, “deve ser projetado e dimensionado antes do início da obra, de forma a proporcionar um ambiente de trabalho sadio e confortável”.

A NR-18 define que os canteiros de obras devem dispor de:

- Instalações sanitárias;
- Vestiário;
- Alojamento;
- Local de refeições;
- Cozinha, quando houver preparo de refeições;
- Lavanderia;
- Área de lazer;
- Ambulatório, quando se tratar de frentes de trabalho com cinquenta ou mais trabalhadores.

Estes recintos, chamados de áreas de vivências, devem ser mantidos em perfeito estado de conservação, higiene e limpeza. De acordo com a NR-18, poderão ser instalações móveis, como contêineres, desde que sigam os seguintes parâmetros:

- Possua área de ventilação natural, efetiva, de no mínimo 15% (quinze por cento) da área do piso, composta por, no mínimo, duas aberturas adequadamente dispostas para permitir eficaz ventilação interna;
- Garanta condições de conforto térmico;
- Possua pé direito mínimo de 2,40m (dois metros e quarenta centímetros);
- Garanta os demais requisitos mínimos de conforto e higiene estabelecidos nesta NR;
- Possua proteção contra riscos de choque elétrico por contatos indiretos, além do aterramento elétrico.

Ainda de acordo com Araújo *et al.* (2000), citando Araújo (1998),

existem princípios que devem ser observados ao se planejar um canteiro de obras, tais como: integração, minimização de distâncias, disposição de áreas de estocagem e de locais de trabalho, uso dos espaços, produtividade e flexibilidade (ARAÚJO *et al.*, 2000, p.1 *apud* ARAÚJO 1998).

Complementando os dizeres, Barros (2009) apresenta alguns motivos para a organização do *layout* no canteiro de obras. Dentre eles, tem-se o aperfeiçoamento dos fluxos, minimização das distâncias entre materiais, equipamentos e local de utilização, diminuição dos problemas ergonômicos de caminhões, carrinhos de mão, visitantes e pessoas da obra e aumento da segurança e higiene da obra.

2.2.4.3 Principais causas de acidentes na Construção Civil

As causas específicas de acidentes na Construção Civil não são mais divulgadas. Entretanto, com base em bibliografias e relatórios anteriores, é possível ter uma base de quais são as principais causas no setor.

Dentre as inúmeras possíveis causas de acidentes no setor da Construção Civil, as principais são apresentadas a seguir (junto com sua codificação relativa a

Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID-10), conforme pesquisado por Silveira *et al.* (2005):

- Acidente de trajeto (V01-V99);
- Quedas (W00-W19);
- Impacto por objeto (W20-W22);
- Contato com vidro (W25);
- Contato com ferramentas, máquinas e aparelhos (W20-W31);
- Corpo estranho (W44-W45);
- Exposição a corrente elétrica (W95-W87);
- Contato com fontes de calor (X10-X19);
- Agressão (X85-Y09).

Em outra pesquisa divulgada em 2013, Mazon e Savi resume que as principais causas de acidentes são quedas, lesão nos membros, queda de objeto, corte e acidentes de trajeto. Os autores ainda apresentam que os principais objetos causadores são escadas, serras em geral ou máquinas, blocos, formas em geral ou andaimes, materiais de alta temperatura ou nocivos, tábuas e, relacionados aos métodos de transporte, bicicletas e motos.

Bansi *et al.* (2012) ainda adicionam:

Os acidentes de trabalho e as doenças ocupacionais podem ser provenientes de vários fatores, tais como: movimentos repetitivos, carga excessiva, pressão por parte da empresa para o atendimento de metas e situações de estresse elevado e contínuo (BANSI *et al.* 2012, p.97)

Peinado (2019), por sua vez, apresenta alguns fatores que influenciam na ocorrência desses acidentes. São eles:

- Falta da participação do executor na etapa de projeto da edificação, com o intuito de identificar soluções projetuais que permitam maior segurança na execução;
- Falta da elaboração de projetos de segurança que antecipem e proponham medidas preventivas frente aos riscos que os funcionários estarão submetidos na realização das atividades;
- Caráter temporário dos locais de trabalho, no caso, o canteiro de obras;
- Número elevado de empresas de pequeno porte atuando no setor;

- Emprego simultâneo de métodos artesanais e industrializados na realização das atividades;
- Alta rotatividade da mão de obra;
- Uso extensivo de mão de obra terceirizada;
- Mudanças na natureza do serviço de acordo com a fase de obra;
- Efeitos do clima e adoção de horas extras para compensar em parte esses efeitos;
- Desconsideração com os custos relativos a segurança e saúde do trabalho nos orçamentos dos empreendimentos;
- Em competições de orçamentos, as contratações se dão pelo menor preço, sem que sejam avaliadas as possíveis implicações do corte nos gastos com segurança;
- Pagamentos por tarefas, os quais incentivam a redução de prazos para realização destes serviços, muitas vezes desconsiderando o desempenho dos funcionários no que se refere à segurança deles mesmos.

Logo, como é possível observar, são numerosas as possíveis causas de acidentes de trabalho na Construção Civil, podendo estes serem relativos à falta de projeto de prevenção de acidentes ou causados por imprevistos. É válido ressaltar ainda que muitos casos apenas ocorrem pela falta do uso de EPI, sendo este o principal meio de proteção do operário.

2.2.4.4 Consequências de acidentes na Construção Civil

Os acidentes e incidentes não se encerram quando ocorrem, eles deixam sequelas no corpo ou, até mesmo, tiram uma vida. Portanto, além das causas dos acidentes, tem que ser considerado as consequências deles.

O Ministério da Fazenda, responsável pelo Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) de 2018 apresenta três categorias de consequências de acidentes de trabalho:

- Incapacidade temporária: compreende naqueles que ficaram temporariamente incapacitados para o exercício de sua atividade laborativa em função de acidente ou doenças do trabalho;
- Incapacidade permanente: refere-se aqueles segurados que ficaram permanentemente incapacitados para o exercício laboral. A incapacidade permanente pode ser de dois tipos:
 - Parcial: acidentado em exercício laboral, após o devido tratamento psicofísico-social, apresentar sequela definitiva que implique em redução da capacidade;
 - Total: acidentado em exercício laboral apresentar incapacidade permanente e total para o exercício de qualquer atividade laborativa.
- Óbito: corresponde a quantidade de segurados que faleceram em função do acidente do trabalho.

É válido destacar que, assim como apresentado pela ANAMT (2019), em torno de 40% dos acidentados não estavam inseridos no mercado formal de trabalho, ou seja, não tem garantias de proteção previdenciárias.

2.2.4.5 Dados da Segurança do Trabalho na Construção Civil

A International Labour Organization (ILO) (Organização Internacional do Trabalho – OIT) agrega em seu site uma base com dados de Segurança e Saúde no Trabalho de 83 países. O sistema divide as informações por ano, fatalidades e não fatalidades, países e atividades econômicas. Nos dados, em termos gerais, o Brasil está em décimo primeiro lugar em mortes relativas a acidentes de trabalho e vigésimo primeiro lugar em lesões não fatais.

No país os dados sobre os acidentes de trabalho são divulgados pela Secretaria de Previdência Social por meio do Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT). Neste documento, é dividido entre Motivos (típico, trajeto, doença do trabalho e sem Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) registrada), Consequência (assistência médica, menos ou mais de 15 dias, incapacidade permanente e óbito) e doenças relativas a estes acidentes (200 doenças conforme a

Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID 10), além de outros indicadores como incidência, taxa de mortalidade e taxa de letalidade. Os dados são separados por abrangência nacional, regiões, estados e municípios. As informações também são divididas de acordo com o código da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Para fins de apresentação dos dados de segurança do trabalho no Brasil, estas classificações serão de acordo as seções do CNAE, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de atividade conforme CNAE.

Seção	Denominação
A	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura
B	Indústrias extrativas
C	Indústrias de transformação
D	Eletricidade e gás
E	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação
F	Construção
G	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas
H	Transporte, armazenagem e correio
I	Alojamento e alimentação
J	Informação e comunicação
K	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
L	Atividades imobiliárias
M	Atividades profissionais, científicas e técnicas
N	Atividades administrativas e serviços complementares
O	Administração pública, defesa e seguridade social
P	Educação
Q	Saúde humana e serviços sociais
R	Artes, cultura, esporte e recreação
S	Outras atividades de serviços
T	Serviços domésticos
U	Organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais

Fonte: IBGE (2021), adaptado.

A partir do Quadro 1, pode-se destacar a Seção F, código do setor da Construção Civil. O AEAT ainda tem uma última divisão com o nome de “Ignorado” que, corroborando com a denominação, são aqueles números ignorados e ou que não se encaixam nas classificações. Nos dados a seguir, esta categoria será representada pela letra “Z”.

Assim, o Tabela 1 apresenta numericamente a quantidade de casos de acidentes no Brasil em 2019, em relação a suas causas e de acordo com o seu CNAE, totalizando 533.506 casos.

Tabela 1 - Casos de acidentes em 2019.

Seção	Típico	Trajeto	Doença do Trabalho	Sem CAT Registrada	Total
A	14701	1460	136	1157	17454
B	3417	399	135	401	4352
C	112829	19657	3029	16978	152493
D	1533	545	81	188	2347
E	10982	1673	94	1150	13899
F	22254	4161	304	3925	30644
G	55750	21198	845	7577	85370
H	26397	7377	800	5606	40180
I	12865	4137	210	1552	18764
J	3038	2253	72	526	5889
K	2785	2095	1930	2441	9251
L	911	345	14	45	1315
M	4116	2749	88	528	7481
N	15163	11924	412	5973	33472
O	11593	2933	162	3873	18561
P	7211	2781	152	1104	11248
Q	59206	13685	657	3894	77442
R	1247	403	22	153	1825
S	5429	1999	128	569	8125
T	16	4	0	0	20
U	16	9	0	2	27
Z	3086	426	81	38755	42348
Total	374545	102213	9352	96397	582507

Fonte: BRASIL (2019), adaptado.

A partir da Tabela 1, é observável que o setor que contém mais acidentes no país é o da Indústrias de Transformação (C) com 152.493 casos. O setor da Construção (F), por sua vez, aparece em sétimo lugar, com 30.644 acidentes. Nesta seção, 22.254 acidentes foram classificados como típicos (5º colocado), 4.161 como acidentes de trajeto (6º), 304 como doenças de trabalho (7º) e 3.925 não tiveram CAT registrada (6º colocado).

Já relativo as consequências dos acidentes, o Tabela 2 apresenta os dados gerais, os quais totalizam 598.901 casos.

Tabela 2 - Consequências dos acidentes em 2019.

Seção	Assistência Médica	Menos de 15 dias	Mais de 15 dias	Incapacidade Permanente	Óbito	Total
A	1962	13974	1678	161	156	17931
B	1488	2305	520	95	226	4634
C	31956	101183	20074	2440	406	156056
D	735	1426	210	29	10	2410
E	2176	10431	1357	153	50	14167
F	3777	22367	4675	1000	214	32033
G	5515	70304	9852	1234	313	87218
H	5620	28305	6462	1104	350	41841
I	1569	15275	1963	236	67	19110
J	559	4691	675	68	22	6015
K	1024	5748	2551	129	12	9464
L	89	1154	80	19	10	1352
M	1120	5734	670	92	41	7657
N	3057	23869	6630	795	148	34499
O	3327	11175	4128	299	46	18975
P	1593	8400	1290	96	16	11395
Q	37265	36067	4285	269	27	77913
R	134	1485	207	21	10	1857
S	1415	6002	738	131	20	8306
T	5	15	0	1	0	21
U	0	24	3	0	0	27
Z	217	3332	38176	4252	40	46017
Total	104603	373266	106224	12624	2184	598901

Fonte: BRASIL (2019), adaptado

Na situação apresentada no Tabela 2, que mostra os dados relativos as consequências, a ordem se repete ao Tabela 1, o qual o setor da Indústria de Transformação é o que tem mais casos (com 156.056), e o da Construção fica em 7º lugar, com 32.033 casos. Neste ramo, 3.777 precisam de assistência médica (5ª posição); 22.367 tiveram consequências por até 15 dias (6ª); 4.675 por mais de 15 dias (6ª); 1.000 ficaram com incapacidades permanentes (5ª) e 214 faleceram (5ª posição).

3 METODOLOGIA

De acordo com o dicionário Michaelis (2021e), metodologia é o “estudo dos métodos, especialmente dos métodos científicos; conjunto de regras e procedimentos para a realização de uma pesquisa”. Portanto, para se produzir um estudo é necessário definir o tipo e a natureza de pesquisa, o modelo quanto aos fins e aos meios, o universo e amostra e o modo de coleta e análise de dados. Nos tópicos a seguir serão definidas tais etapas, mostrando os métodos utilizados para escrever este trabalho, além de apresentar as limitações encontradas durante sua produção.

3.1 Tipos de pesquisa

De acordo com Gil (2008, p.26), “a pesquisa social pode decorrer de razões de ordem intelectual, quando baseadas no desejo de conhecer pela simples satisfação para agir”. O autor divide pesquisa em duas: pura e aplicada.

A pesquisa pura, também chamada de básica, tem o intuito de desenvolver os conhecimentos científicos, dedicando ao progresso da ciência, sem ter o propósito de aplicar o estudo diretamente (GIL, 2008). Conforme o autor, o desenvolvimento costuma-se ser formal, objetivando a generalização e a construção de teorias e leis.

Ainda seguindo as definições do autor, a pesquisa aplicada depende das descobertas da pura, porém tem como característica o interesse na aplicação e utilização prática dos conhecimentos. “Sua preocupação está menos voltada para o desenvolvimento de teorias de valor universal que para aplicação imediata numa realidade circunstancial” (GIL, 2008, p.27).

Portanto, como o objetivo desta pesquisa é disseminar a teoria do Building Information Modeling (BIM) em termos da Segurança do Trabalho na Construção Civil, a pesquisa é considerada aplicada.

3.2 Natureza de pesquisa

No que concerne a natureza da pesquisa, Silva e Menezes (2001) divide as pesquisas em duas categorias: quantitativa e qualitativa.

A primeira, conforme os autores, relaciona-se a tudo o que pode ser quantificável, ou seja, que seja possível traduzir em números as opiniões e as informações para poder classificá-las e analisá-las. Já a segunda, não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, tendo como fonte direta para coleta de dados o ambiente natural, e como instrumento o pesquisador.

Embasado nas definições, indica-se que esse estudo é pesquisa qualitativa, pois aborda dados majoritariamente não quantificáveis sobre o tema de Segurança do Trabalho na Construção Civil utilizando-se o BIM.

3.3 Pesquisa quanto aos fins

Quanto aos fins, a pesquisa é dividida em exploratória, descritiva e explicativa. Gil (2008) classifica esses três tipos chamando-os de níveis de pesquisa, definindo-os da seguinte forma:

- Pesquisas exploratórias: tem a finalidade de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, visando a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. É realizado majoritariamente quando o assunto é incipiente, o que torna difícil de formular hipóteses precisas e operacionalizáveis;
- Pesquisas explicativas: tem objetivo de identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de certos fenômenos. É o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, pois explica o porquê das coisas;
- Pesquisas descritivas: tem o propósito de descrever as características de uma determinada população ou fenômeno ou, ainda, estabelecer relações entre as variáveis.

Gil (2008) ainda afirma que

Algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação. Neste caso tem-se uma pesquisa descritiva que se aproxima da explicativa. Por outro lado, há pesquisas que, embora definidas como descritivas a partir de seus objetivos, acabam servindo mais para proporcionar uma nova visão do problema, o que as aproxima das pesquisas exploratórias (GIL, 2008, p.28).

Com base nas definições, define-se que este trabalho se enquadra como pesquisa descritiva, pois tem o intuito de criar um material que servirá como base de conhecimento para os profissionais, estudantes e sociedade no que se trata de BIM e Segurança do Trabalho.

3.4 Pesquisa quanto aos meios

Definido como delineamento de pesquisa por Gil (2008), a metodologia de pesquisa quanto aos fins é dividida em sete tipos, também conforme o autor. São eles: pesquisas bibliográfica, documental, experimental e *ex-post-facto*, levantamento de campo (*survey*) e estudos de campo e de caso.

As pesquisas bibliográficas são aquelas desenvolvidas a partir de materiais já elaborados, sendo estes, principalmente, livros e artigos científicos (GIL, 2008). Semelhante a este tipo de estudo, conforme o autor, tem-se as pesquisas documentais, que se diferencia na natureza das fontes.

Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa (GIL, 2008, p.51).

Logo, ainda de acordo com o autor, nas pesquisas com base documental, podem ser utilizados documentos primários – documentos oficiais, reportagens de jornal, cartas, contratos, diários, filmes, fotografias, gravações, entre outros – e documentos secundários – relatórios de pesquisa, de empresas, tabelas estatísticas, entre outros.

Definido como o melhor exemplo de pesquisa científica por Gil (2008), a pesquisa experimental “consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as

variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto” (GIL, 2008, p.51). O autor ainda divide este tipo de pesquisa em três:

- Pesquisa genuinamente experimental: forma-se dois grupos com características semelhantes: um experimental – submetidos a algum tipo de estímulo de influência ou a ações da variável independente – e um de controle – que são submetidas as condições naturais. O estudo se dá pela comparação dos grupos, verificando a hipótese inicial levantada;
- Pesquisa pré-experimental: realizados apenas com um único grupo, sem qualquer controle anterior ao experimento e sem algum nível de comparação;
- Pesquisa quase-experimental: desenvolvidos com bastante rigor metodológico, porém feitas com grupos não equivalentes ou sem os mesmos sujeitos antes do tratamento, não havendo como distribuir em grupos de características semelhantes e, portanto, não conseguindo realizar uma pesquisa até seu objetivo final.

As pesquisas *ex-post-facto* define-se como

Uma investigação sistemática e empírica na qual o pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis independentes, porque já ocorreram manifestações ou porque são intrinsecamente não manipuláveis (GIL, 2008, p.54 *apud* KERLINGER, 1979, p. 268).

Gil (2008) completa dizendo que neste caso, interfere-se na relação entre as variáveis sem observação direta, e sim a partir da variação concomitante entre as variáveis independentes e dependentes.

O levantamento de campo do tipo *survey*, de acordo com Gil (2008), refere-se àqueles estudos que há uma interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. “Basicamente, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para em seguida, mediante análise quantitativa, obter as conclusões correspondentes dos dados coletados” (GIL, 2008, p.55).

Os estudos de campo são semelhantes aos levantamentos (GIL, 2008). O autor afirma que a distinção é que os levantamentos buscam representar o universo definido fornecendo resultados caracterizados por uma precisão estatística, enquanto os

estudos de campo têm o intuito maior de aprofundar as questões propostas o que a distribuição das características da população seguindo determinadas variáveis. Outra diferença é que em um estudo de campo pesquisa-se apenas o único grupo ou comunidade em termos de estrutura social, ressaltando a interação dos seus componentes (GIL, 2008). O autor completa dizendo que este tipo de estudo tende a ser mais realizado por meio de observação do que por interrogação.

Por fim, tem-se o estudo de caso que “é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado” (GIL, 2008, p.57-58). O autor, citando Yin (2005), destaca que este tipo de estudo é empírico, que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as limitações entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas, utilizando de várias fontes de evidências.

Gil (2008) ainda completa afirmando que os estudos de caso têm diferentes propósitos:

- a) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b) descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; e
- c) explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2008, p.58).

Diante tais definições, determina-se que este trabalho se caracteriza por uma pesquisa bibliográfica, pois utiliza documentos que tiveram um tratamento analítico e outros que não são considerado oficiais em termos de publicação, fazendo uma ligação entre os obtidos em ambos os tipos de materiais.

3.5 Universo e amostra

As pesquisas podem abranger o universo grande de elementos, extrapolando às necessidades da pesquisa. Portanto, é necessário trabalhar com uma população e, possivelmente, com uma amostra.

De acordo com Gil (2008), universo ou população é um grupo finito de elementos com características similares. Já amostra é um subconjunto deste grupo,

na qual estabelecem ou estimam características deste universo (GIL, 2008). O autor exemplifica tais definições da seguinte forma:

em termos estatísticos, pode-se entender como universo o conjunto de alunos matriculados numa escola, os operários filiados a um sindicato, os integrantes de um rebanho de determinada localidade, o total de indústrias de uma cidade, ou a produção de televisores de uma fábrica em determinado período [...] Uma amostra pode ser constituída, por exemplo, por cem empregados de uma população de 4.000 que trabalham em uma fábrica. Outro exemplo de amostra pode ser dado por determinado número de escolas que integram a rede estadual de ensino. Outros exemplos: uma quantidade definida de peixes retirados de determinado rio, certo número de parafusos retirados do total da produção diária de uma indústria ou um cálice de vinho de um tonel (GIL, 2008, p.89-90).

Nesta pesquisa, adota-se como universo o setor da Construção Civil, tendo como amostras abordadas a metodologia Building Information Modeling (BIM) e a Segurança do Trabalho na Construção Civil. Tem como base de pesquisa a oitava dimensão do BIM, o 8D, que é relacionada ao conceito de Acidente Zero em obras, envolvendo as fases de projeto, execução e de manutenção das edificações.

3.6 Coleta e análise de dados

A coleta e a análise de dados basicamente trata-se de toda a produção de um trabalho. Gil (2008), de forma breve, define que a coleta de dados pode ser realizada por meio de entrevistas, questionários, escalas sociais e de documentos. Já a análise é a fase após a coleta, trabalhando em conjunto com a interpretação.

Estes dois processos, apesar de conceitualmente distintos, aparecem sempre estritamente relacionados. A análise tem como objetivo organizar e resumir os dados de forma tal que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para a investigação. Já a interpretação tem como objetivo a procura do sentido mais amplo das respostas, o que é feito mediante sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos (GIL, 2008, p.42).

O autor afirma que os processos de análise e interpretação variam em função do plano de pesquisa, porém, basicamente se distribuem nos seguintes passos: estabelecimento de categorias; codificação; tabulação; análise estatísticas dos dados;

avaliação das generalizações obtidas com os dados; inferência de relações causais e interpretação dos dados.

Esta pesquisa iniciou-se por meio na procura de informações relacionadas a Segurança do Trabalho na Construção Civil, buscando um campo que houvesse pouca abordagem. Dentre as subáreas encontradas, tem-se a aplicação da metodologia Building Information Modeling (BIM) para possibilitar a prevenção e a diminuição nos acidentes e incidentes nas fases de projeto, execução e manutenção das edificações.

Portanto, para a produção deste estudo, foi realizada uma coleta de dados que partiram de documentos como livros, artigos científicos e publicados em páginas da internet, manuais, guias e relatórios. Estas bibliografias, de nível nacional e internacional, estão relacionadas aos temas abordados neste trabalho – BIM e Segurança do Trabalho. Em relação as datas destes documentos, buscou-se basear apenas nos mais recentes, dos últimos 10 anos, com exceção das leis, decretos e alguns livros sobre Segurança do Trabalho.

Por sua vez, análise dos dados é feita por meio da intercessão das informações obtidas nesses levantamentos, produzindo um material teórico que servirá como base de conhecimento para profissionais, estudantes e para a sociedade.

3.7 Limitações da pesquisa

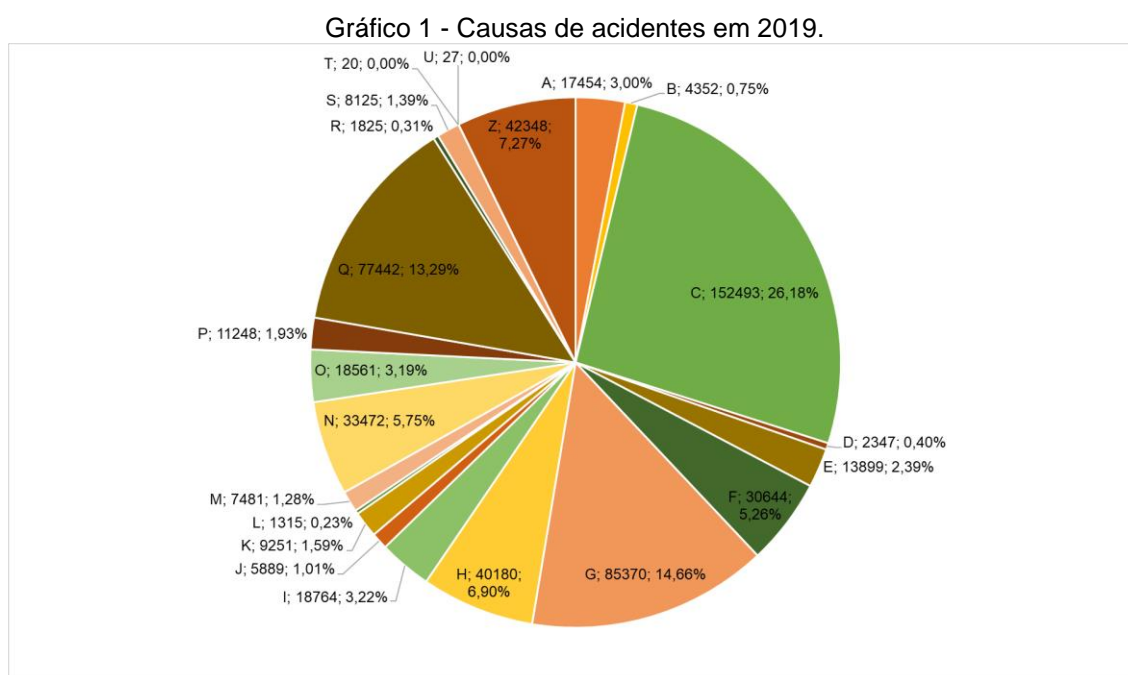
Como limitação encontrada para a produção deste estudo, tem-se a falta de arquivos bibliográficos que contiveram um tratamento analítico antes de sua publicação. Algumas definições, como por exemplo, as divisões do Building Information Modeling, são tratadas de maneiras diferentes por vários autores, não havendo uma demarcação definitiva das últimas quatro dimensões.

Portanto, houve uma dificuldade em abordar este tema neste trabalho, na qual foi utilizado como base para construção da pesquisa, uma teoria de divisões não definitiva (a “Teoria das 10 dimensões do BIM”, publicada pelo arquiteto referência na metodologia, Ignasi Pérez Arnal).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Os problemas da Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil

O setor da Construção Civil é um dos mais perigosos dentre todos para se trabalhar, tendo um alto índice de acidentes e doenças, mesmo quando aplicado a Norma Regulamentadora (NR) 18, que trata das condições e meio ambiente de trabalho nesta indústria. Os Gráfico 1 apresenta os dados gerais dos acidentes no Brasil conforme o mais recente Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT), de 2019, seguindo a listagem de setores conforme o Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) e adicionando a letra “Z”, que representa os números ignorados. A listagem foi apresentada no Quadro 1, no tópico 2.2.4.5.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

Conforme pode ser analisado no Gráfico 1, que foi construído a partir de dados do AEAT, o ramo da Construção Civil (seção F) teve em 2018 30.644 acidentes, ou seja, 5,26% do total no país, ocupando o sétimo lugar na classificação dos setores com maiores números de acidentes. Ainda de acordo com o anuário, a Construção Civil teve 22.254 acidentes considerados típicos, 4.161 de trajeto, 304 categorizados

como doença do trabalho e outros 3.925 não tiveram Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) registrada.

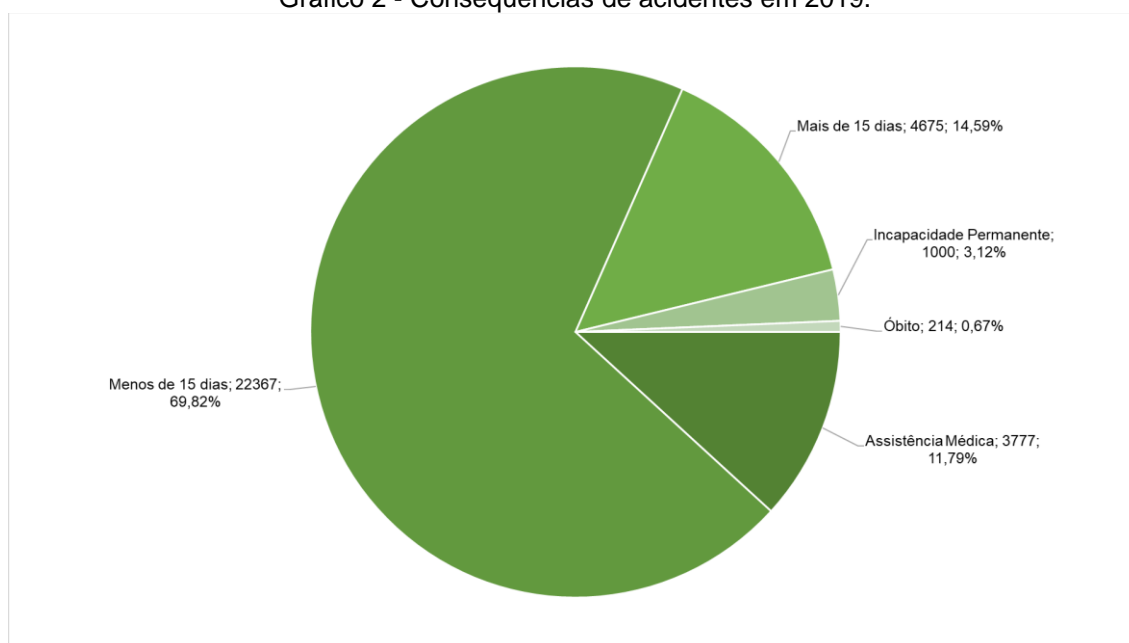
Conforme dados levantados dos estudos de Silveira *et al.* (2005), Bansi *et al.* (2012) e Mazon e Savi (2013), as principais causas de acidentes no ramo são acidentes de trajeto, quedas, impacto por objeto, contato com vidro, ferramentas, máquinas, aparelhos e fontes de calor e exposição a corrente elétrica. Ainda se tem como motivo de incidentes e doenças os movimentos repetitivos, carga excessiva, pressão por parte dos contratantes e colaboradores de cargos superiores.

Para tais ocorrências, existem diversos fatores que podem influenciá-los, como: falta de acompanhamento na execução dos projetos; rotatividade e terceirização da mão de obra; adoção de horas extras de serviço e emprego de métodos manuais e mecanizados simultaneamente.

Dentre outros motivos que podem acarretar acidentes, incidentes e doenças de trabalho, enfatiza-se a temporalidade e desorganização no espaço de trabalho, falta de análises preventivas que antecipam possíveis problemas e riscos que os funcionários estão submetidos e desconsideração com custos relativos à Segurança e Saúde do Trabalho nos orçamentos.

Já como consequência dos acidentes, o Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho apresenta os seguintes dados presentes no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Consequências de acidentes em 2019.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2021)

A partir do Gráfico 2, observa-se os índices de consequências de acidentes e incidentes no setor da Construção Civil em 2019. Conforme o AEAT, tiveram que ser acompanhados por profissionais da medicina, 3.777 dos casos, ou seja, 11,79% do total; 22.367 casos possuíram consequências por menos de 15 dias, enquanto 4.675 houveram por mais tempo, representando, respectivamente, 69,82% e 14,59%; 1.000 (3,12%) acidentados vivenciam incapacidade permanente e 214 (0,67%) foram a óbito no ano, totalizando 32.033 casos no setor. Ressalta-se que o número das consequências é diferente do que o de acidentes devido a casos dos anos anteriores que apenas tiveram decorrências no período analisado.

Todavia, existem diversas formas de se evitar acidentes e incidentes. As principais delas, assim como recomenda a NR-18, são a elaboração e cumprimento de um Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT); criação de uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) e de Comitês Permanentes Sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção; criação das áreas de vivência; obrigação do uso de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Individual (EPI); e definição, preparo e parâmetros para a realização dos serviços relacionados a obra e utilização dos equipamentos, máquinas e ferramentas.

Com a evolução das tecnologias e formas de realizar os serviços relacionados ao setor da Construção Civil, foram criadas diversas outras formas de se mitigar os acidentes, incidentes e doenças de trabalho. Dentre elas, enfatiza-se uma das mais recentes, que é a utilização do Building Information Modeling, comumente chamado apenas por sua sigla – BIM.

4.2 O Building Information Modeling (BIM) e suas dimensões

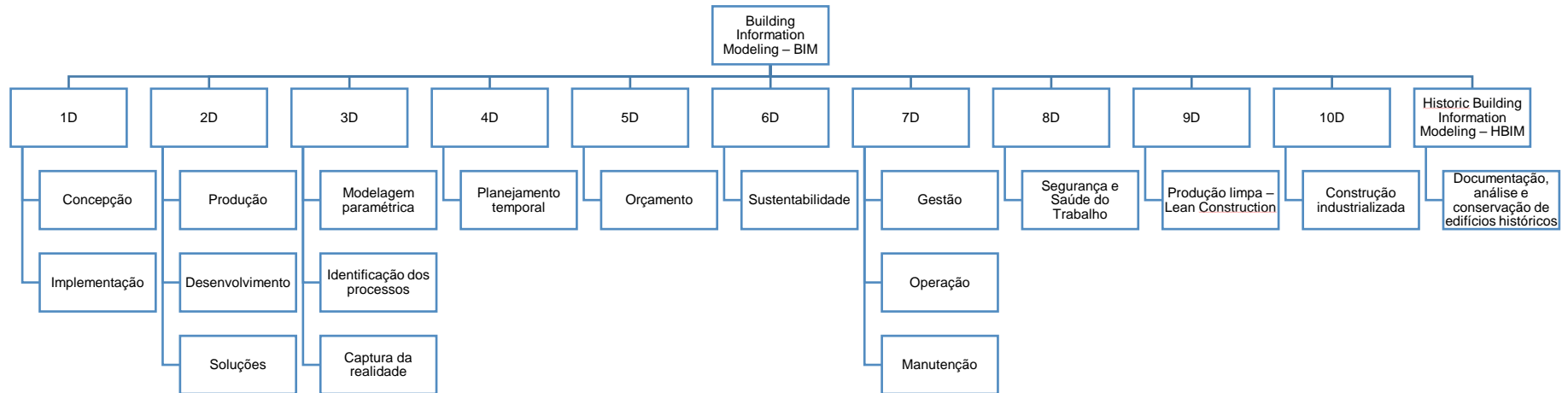
O Building Information Modeling é um conjunto de processos integrados onde se cria, utiliza e atualiza modelos digitais de uma construção. Esta integração é feita de modo colaborativo, servindo todos os envolvidos do empreendimento desde a sua concepção, até sua utilização e possíveis modificações, ou seja, durante todo o ciclo de vida da construção.

Por meio dos softwares baseados na metodologia BIM, são desenvolvidos fluxos de trabalho da construção, iniciando com a representação genérica de um produto de construção, capturando suas propriedades reais durante as fases de projeto e execução por meio de banco de dados, planilhas e fontes. Nessa representação, são atribuídas informações relacionadas a edificação e sua envoltória, suas dimensões, zonas, requisitos, características, propriedades físicas e químicas, detalhes das peças, informações para sua manutenção, reposição ou descomissionamento, dentre outros dados necessários em uma obra. É possível realizar, também, um sequenciamento em tempo real da execução, podendo ser analisado, a cada mudança, as suas consequências.

Permite-se, então, combinações e integrações a partir dessas fontes, fornecendo informações relevantes em todas as etapas de um projeto. Dessa forma, é possível identificar os efeitos da construção como, por exemplo, custo, desempenho, saúde e segurança.

Para isso, o Building Information Modeling é dividido em dimensões, identificados pelo seu número seguido de um “D”. A Figura 4 mostra, de forma sintética por meio de um organograma, as suas 10 dimensões, conforme apresentado por Ignasi Pérez Arnal, em conjunto com o HBIM – Historic BIM, que é uma extensão da metodologia.

Figura 4 – Organograma das 10 Dimensões do BIM.



Conforme apresentado de forma resumida na Figura 4, o Building Information Modeling divide-se na implementação e concepção; produção, desenvolvimento, contratação e solução; modelagem paramétrica digital e captura da realidade; planejamento temporal; orçamentação; projeção com foco no meio ambiente; gestão, operação e manutenção das instalações; segurança e saúde no trabalho com o conceito de Acidente Zero; gestão enxuta e industrialização da construção. Ainda se tem a sua extensão, conhecida por HBIM, que se trata da documentação, análise e conservação das edificações existentes e históricas.

Por meio dos softwares baseados na metodologia BIM, é possível organizar informações a partir de um tópico específico, assim como dados necessários para sua localização e entendimento. Utilizando técnicas de visualização, simulação, prototipagem virtual e validação, o Building Information Modeling permite que sejam constatado e verificados uma série de cenários diferentes antes mesmo do processo de execução de um projeto. Os resultados de tais fases, podem ser listados por meio de relatórios e planilhas, de diferentes formas e focos, em ordem de risco e a necessidade de intervenções relativas.

4.3 Aplicação do BIM para a Segurança do Trabalho na Construção Civil

Dentre as possibilidades de geração de dados, é possível destacar em um layout de um empreendimento, os perigos específicos existentes e erros relativos as normas e padronizações de distanciamento de objetos, além de possíveis conflitos de dados incluídos na modelagem durante seu projeto.

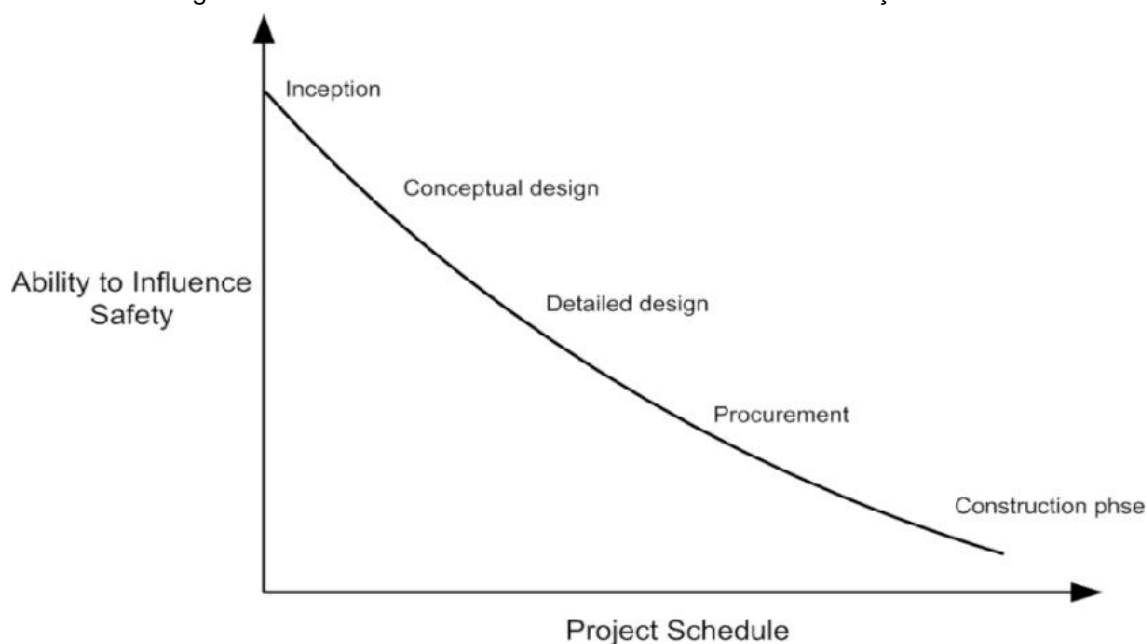
Pode-se citar como exemplo de resultado desta operação, a exibição das informações sobre as propriedades perigosas de um material de forma a facilitar sua visualização. Isto pode ajudar em um exercício de treinamento e comunicação interna, evitando possíveis erros de instalação e utilização, mitigando acidentes, incidentes ou doenças provenientes da infração.

Outro exemplo, é a visualização do espaço do trabalho por meio de realidade aumentada, antes possível de ser feita apenas no local durante a execução da obra. Com a visualização virtual, é possível analisar o uso do espaço de trabalho, distribuição dos locais de armazenamento de materiais, locação das zonas de

vivências, zonas livres e objetos necessários para a segurança de uma obra como extintores de incêndio, abrigos e suportes de segurança.

A partir dessas informações, Kamardeen (2010) apresenta em seu estudo um gráfico sistemático que representa uma curva da influência do uso do BIM como forma mitigadora de acidentes na Construção Civil, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Curva de influência do BIM nas fases da Construção Civil.



Fonte: KAMARDEEN (2010)

Como é possível ver na Figura 5, Kamardeen (2010) mostra que a influência da metodologia é maior no início do projeto, havendo uma queda ao se passar pelo design, projeto e compras, tendo uma menor influência na fase da construção. O autor, aborda que o momento ideal para influenciar a segurança da construção é durante as fases de concepção e projeto:

“Nessas fases, os projetistas podem influenciar a segurança da construção fazendo melhores escolhas na fase de design de um projeto. Isso resultaria em menos decisões que precisariam ser feitas pelos contratados no local” (KAMARDEEN, 2010, p.283).

Ou seja, havendo uma prevenção por meio do projeto, acarretaria uma redução dos incidentes durante o período da obra. Complementando os dizeres, Miara (2020) apresenta que a utilização do BIM na segurança do trabalho envolve os seguintes aspectos:

- Prevenção na fase de projeto;

- Simulação da construção para análise de riscos;
- Elaboração de contratos com garantias de níveis de prevenção;
- Utilização de dispositivos móveis durante a execução da obra;
- Localizadores para controle de operações;
- Análise de medidas de prevenção durante as fases de operação e manutenção.

Miara (2020) ainda disserta sobre a falta de aplicações de medidas de prevenção relacionadas as fases de operação e manutenção das edificações. Conforme a autora, a maior parte dos casos e pesquisas encontradas na área, trata a aplicação do BIM nas etapas de projeto e execução sendo, respectivamente, 47% e 53% dos estudos abordados, não havendo nenhum sobre as últimas fases.

Portanto, é possível citar como uso do BIM para a Segurança do Trabalho o seguinte:

- Visualização do modelo completo da edificação exteriormente e interiormente;
- Localização de armazenamento de material e sua proximidade ao local de utilização;
- Localização das passagens de pessoas e maquinários;
- Localização dos maquinários e perímetro de risco;
- Localização dos espaços de vivência e zonas livres;
- Localização de equipamentos e locais de proteção contra incêndio e pânico;
- Simulação virtual da construção e suas instalações;
- Verificação de conformidade aos critérios e regras;
- Detecção de conflitos, colisões e interferências de objetos e veículos.

Com isso, é possível verificar por meio dos modelos gerados em softwares baseados em Building Information Building os possíveis erros de uma construção, causas de acidentes, incidentes e doenças ocupacionais e problemas de logística do local, afetando diretamente na Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil.

5 CONCLUSÃO

A discussão em torno do Building Information Modeling concentra-se, principalmente, na eficiência da construção e nos benefícios financeiros que podem ser acarretados, e o setor da Construção Civil é um dos mais perigosos para se trabalhar. Entretanto, o BIM pode contribuir, também, para a prevenção de acidentes, incidentes e doenças em obras.

Os gestores da construção, além de todos os outros agentes envolvidos em um projeto, podem prever a partir de um modelo desenvolvido por meio da metodologia, os possíveis problemas e situações perigosas de uma obra. Assim, é possível prevenir e mitigar tais acontecimentos, gerando segurança para todos os colaboradores e utilizadores da construção.

Muitas etapas ainda precisam ser seguidas para otimização do espaço de trabalho com a tecnologia. Mas, com base apenas nos estudos, é perceptível uma mudança nos dados da Segurança do Trabalho na Construção Civil com a utilização do BIM.

Existe, portanto, a necessidade de uma definição e padronização maior das dimensões do BIM, além de estudos mais aprofundados relativos à sua aplicação em situações reais com a geração de relatórios e documentos que demonstrem os benefícios da metodologia para Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil.

Salienta-se a imprescindibilidade do aumento dos interesses governamentais e organizacionais com a aplicação de leis e normas relativos à aplicação do Building Information Modeling como forma mitigadora de Segurança e Saúde do Trabalho. Destaca-se, também, que nenhuma ferramenta digital ou analógica pode garantir um ambiente de trabalho livre de acidentes, incidentes e doenças ocupacionais.

Por fim, a partir do apresentado, demonstra-se que o objetivo deste trabalho foi atingido, uma vez que apresentou a influência da aplicação da oitava dimensão da metodologia Building Information Modeling como forma de contribuição na melhoria da Segurança de Trabalho na Construção Civil.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de; MEDEIROS, Luciana Fernandes Pinheiro De; RODRIGUES, Celso Luiz Pereira. **Análise das áreas de vivência existentes nos canteiros de obras de Natal – RN**. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Enegep. 2000.

ARNAL, Ignasi Pérez. **Why don't we start at the beginning?**. BIM Community. 2018. Disponível em: <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>. Acesso em: 02 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO (ANAMT). **Construção civil está entre os setores com maior risco de acidentes de trabalho**. 2019. Disponível em: <https://www.anamt.org.br/portal/2019/04/30/construcao-civil-esta-entre-os-setores-com-maior-risco-de-acidentes-de-trabalho/>. Disponível em: 16 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO (ANAMT). **História da Medicina do Trabalho**. 2017. Disponível em: <https://www.anamt.org.br/portal/historia-da-medicina-do-trabalho/>. Acesso em: 02 maio 2021.

BANSI, Ana Claudia; MARTOS, Sirlei Rose; STEFANO, Silvio Roberto. **Acidentes no Trabalho e Programas de Prevenção em uma Empresa de Construção Civil**. Revista de Ciências Jurídicas, v. 13, n. 2, p. 95-102. Londrina, 2012.

BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Segurança do trabalho: guia prático e didático**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2018.

BITENCOURT, Celso Lima; QUELHAS, Osvaldo Luis Gonçalves. **Histórico da evolução dos conceitos de segurança**. 3º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, ABEPRO, 1998.

BRASIL. Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. **Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**. Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. **Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho**. Rio de Janeiro, RJ, 1943.

BRASIL. Lei Federal nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. **Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências**. Brasília, DF, 1977.

BRASIL. Lei nº 6.367, de 19 de outubro de 1976. **Dispõe sobre o seguro de acidentes do trabalho a cargo do INPS e dá outras providências**. Brasília, DF, 1976.

BRASIL. Ministério da Economia. **Normas Regulamentadoras (NR)**. 2020. Disponível em: <https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/legislacao-sst/normas-regulamentadoras>. Acesso em: 02 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS 2018**. v. 25. Brasília, DF: MF/DATAPREV, 2019.

BRASIL. Ministério de Previdência Social. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho 2019**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho>. Acesso em: 08 maio 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18** – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. **Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho**. Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Portaria GM/MTPS nº 3.237, de 27 de julho de 1972. Brasília, DF, 1972.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **PAS 1192-2**. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. 2013.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC).

Fundamentos BIM – Parte 1: Implantação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília, DF: CBIC, 2016.

FIO CRUZ. **Manual da Segurança na Construção Civil.** Disponível em:

<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/construcao%20civil/Seguranca%20na%20Construcao%20Civil.pdf>. Acesso em: 08 maio 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GROETELAARS, Natalia Johanna. **Criação de modelos BIM a partir de “nuvens de pontos”:** estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2015. 372 f.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

Classificação Nacional de Atividades Econômicas. Disponível em:

<https://cnae.ibge.gov.br/?view=secao&tipo=cnae&versaosubclasse=10&versaoclas se=7&secao=F>. Acesso em: 08 maio 2021.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Statistics on safety and**

health at work. 2020. Disponível em: <https://ilostat.ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

KAMARDEEN, Imriyas. 8D BIM Modelling tool for accident prevention through design. **Procs 26th Annual ARCOM Conference**, p.281-289. Leeds, 2010.

KERLINGER, F. N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais:** um tratamento conceitual. São Paulo: EPU/Edusp, 1979.

MAZON, Cindi Niero; SAVI, Clóvis Norberto. **Análise de acidentes de trabalho na construção civil de Criciúma/SC no período de 2012 e 2013** – Estudo de Caso. Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2013.

MIARA, Renata Degraf. BIM para a segurança do trabalho na construção civil. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, v.23, p.1-7. 2020.

MICHAELIS. **Acidente**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?id=7m0Q>. Acesso em: 02 maio 2021.

MICHAELIS. **Arquitetura**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/arquitetura/>. Acesso em: 09 maio 2021.

MICHAELIS. **Engenharia**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/engenharia/>. Acesso em: 09 maio 2021.

MICHAELIS. **Incidente**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?id=laV5N>. Acesso em: 02 maio 2021.

MICHAELIS. **Metodologia**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?id=G97VM>. Acesso em: 26 maio 2021.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS). National Building Information Modeling Standard (NBIMS). **National BIM Standard**. 3 ed. 2015. Acesso em: <https://www.nationalbimstandard.org/nbims-us>. Disponível em: 01 maio 2021.

PEINADO, Hugo Sefrian. **Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil**. São Carlos: Editora Scienza, 2019. 432 p.

PEIXOTO, Neverton Hofstadler. **Curso técnico em automação industrial: segurança do trabalho**. 3 ed. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: CTISM, 2010. 128 p.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS (SECONCI-MG). **Manual Básico para Implantação de Segurança no Canteiro de Obras**. 2 ed. 2008.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SILVEIRA, Cristiane Aparecida; ROBAZZI , Maria Lúcia do Carmo Cruz; WALTER, Elisabeth Valle; MARZIALE, Maria Helena Palucci. **Acidentes de trabalho na construção civil identificados através de prontuários hospitalares**. Revista Escola de Minas, v. 58, n. 1. Ouro Preto, 2005.

TOLENTINO, Mônica Martins Andrade. **A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do patrimônio arquitetônico**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018. 330 f.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed, Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO PELO CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS DO 5º SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E GESTÃO – SEAG

METODOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL



ISSN: 2675-1879

METODOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) METHODOLOGY FOR HEALTH AND SAFETY IN CONSTRUCTION

JESSIKA CAROLINY MELO DE CARVALHO
JOSÉ ANTÔNIO SANTIAGO
INARA DE PINHO NASCIMENTO
RANDLEY VILAÇA LOBO

RESUMO

Devido ao alto índice de acidentes no Brasil e no mundo, sendo a principal causa no país, a Construção Civil é um dos setores que exigem mais atenção dos profissionais envolvidos na área. Como uma forma de evitar esses ocorridos, tem-se a implementação da oitava dimensão do Building Information Modeling (BIM), que é voltada ao conceito de Acidente Zero, durante as fases de projeto e manutenção nas obras. Entretanto, tanto o BIM quanto o conhecimento de suas dimensões são incipientes no Brasil. Com isso, este trabalho objetiva abordar os benefícios da adoção do BIM como a principal forma de evitar os problemas de segurança na Construção Civil, corroborando com a aplicação da NR 18, que regulamenta as condições e meio ambiente de trabalho no setor no país. Na análise das informações, que tem como base documentos como livros, artigos científicos e publicados em páginas da internet, manuais, guias e relatórios relacionados a ambos os assuntos, é descrito os problemas da Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil, definido o BIM e debatido sua aplicação como forma de prevenção e mitigação dos acidentes, incidentes e doenças ocupacionais relacionados ao setor. Demonstra-se, portanto, que a metodologia é uma forma de diminuir os problemas relacionado a saúde e segurança em obras, principalmente se utilizado durante as fases iniciais, de concepção e planejamento de um projeto.

Palavras-chave: Construção Civil. Building Information Modeling. BIM 8D. Segurança no Trabalho.

ABSTRACT

Due to the high rate of accidents in Brazil and in the world, being the main cause in the country, Civil Construction is one of the sectors that demand more attention from professionals involved in the sector. To avoid these occurrences, there is the implementation of the eighth dimension of Building Information Modeling (BIM), which is focused on the concept of Zero Accident, during the design and maintenance phases in constructions. However, knowledge about BIM and its dimensions is incipient in Brazil. Thus, this work aims to address the benefits of adopting BIM as the main form to avoid safety problems in Civil Construction, corroborating the application of Brazilian Regulatory Standard 18, which regulates the conditions and environment of work in the sector. In the analysis, which is based on documents such as books, scientific articles and published on internet pages, manuals, guides and reports related to both subjects, the problems of Occupational Health and Safety in Civil Construction are described, BIM is defined, and its application debated as a way of preventing and mitigating accidents, incidents and occupational diseases related to the sector. Therefore, it is shown that the methodology is a way to reduce problems related to health and safety in works, especially if used during the initial stages of design and planning of a project.

Keywords: Civil Construction. Building Information Modeling. BIM 8D. Occupational health and safety.

Correspondência/Contato

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837
CEP 30510-120
Fone (31) 3372-3703
<http://www.feamig.br/revista>

Editora responsável

Raquel Ferreira de Souza
raquel.ferreira@feamig.br

1 INTRODUÇÃO

Em 17 de maio de 2018, foi instituído pelo Poder Executivo brasileiro, por meio do Decreto nº 9.377, a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling (BIM). De acordo com a determinação, o BIM é um conjunto de processos colaborativos que tem como intuito integrar todas as fases de uma construção.

O BIM é dividido em 10 partes chamadas de Dimensões. De acordo com Arnal (2018), são elas: pesquisa, implementação e concepção (1D); produção e desenvolvimento (2D); modelagem paramétrica (3D); planejamento temporal (4D); orçamento (5D); sustentabilidade (6D); gestão e operação (7D); segurança e controle (8D); produção limpa (9D) e construção industrializada (10D). Como apresentado, a oitava dimensão do BIM é relacionada a segurança em obras, ou seja, a Segurança do Trabalho na Construção Civil.

De acordo com dados da International Labour Organization (ILO) (Organização Internacional do Trabalho – OIT) (2021), dentre os 83 países abordados pelo grupo, o Brasil ocupa o décimo primeiro lugar em mortes relativas a acidentes de trabalho e vigésimo primeiro lugar em lesões não fatais. No país, a Construção Civil é um dos principais setores que esses incidentes acontecem, estando em sexto lugar em casos de incapacidade permanente e óbitos, exigindo mais atenção dos profissionais que atuam na área.

Como forma de prevenção e mitigação desses acidentes, tem-se a Norma Reguladora (NR) 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção – criada em 08 de junho de 1978 por meio da Portaria do Ministério do Trabalho (MTb) nº 3.214. Entretanto, mesmo com a aplicação e seguimento da norma por parte dos construtores, muitos incidentes ainda acontecem.

A partir disso, discute-se se a aplicação da Dimensão 8D do BIM, que corresponde às práticas de segurança, poderá contribuir no aumento da proteção dos trabalhadores no setor da Construção Civil, auxiliando, principalmente, na diminuição dos índices desses acidentes. Por sua vez, a comunidade acadêmica e os profissionais dos setores relativos a Construção Civil, principalmente a Engenharia Civil e a Segurança e Saúde do Trabalho, terão um novo material como base de conhecimento relativo não apenas a Segurança do Trabalho em obras, mas também ao Building Information Modeling, sistema incipiente no país, que tem sua aplicação obrigatória desde março de 2021. Já a população é direta e indiretamente influenciada pela aplicação do BIM 8D, que prevê a redução dos acidentes não-fatais e mortais em obras, aumentando o índice de segurança no ramo.

Destaca-se, também, que a obrigatoriedade da aplicação do BIM aumenta a demanda de mercado e oportunidades no setor da Construção Civil, influenciando as três partes – a população, os profissionais e a comunidade acadêmica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)

De acordo com o dicionário Michaelis (2021b), Arquitetura se refere a “arte e ciência de projetar e supervisionar a construção de edifícios ou outras estruturas” de forma a abrigar os diversos tipos de atividades humanas, ou seja, a construção e modelagem artificial do ambiente físico. Por sua vez, a Engenharia, é a “arte de aplicar os conhecimentos científicos à invenção, aperfeiçoamento ou utilização da técnica industrial em todas as suas determinações. Ciência ou arte de construções civis, militares e navais” (MICHAELIS, 2021c). Produto desses dois juntos, tem-se a Construção, que consiste na execução e construção do projeto previamente elaborado, seja ele de uma edificação, obra de arte ou infraestrutura.

Uma denominação ao setor é indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) que, assim como o nome já diz, compreende as inúmeras atividades relacionadas aos três setores. O termo está sendo utilizado cada dia mais como uma forma de demonstrar a integração dos projetos desses ramos, principalmente com as inúmeras tecnologias e metodologias sendo criadas. Um dos principais acontecimentos dos últimos anos foi a metodologia ou tecnologia BIM, sigla mundialmente utilizada em qualquer língua para Building Information Modeling, ou Modelagem de Informação da Construção, em tradução livre.

2.1.1 Building Information Modeling – BIM

O National Building Information Modeling Standard (NBIMS) dos Estados Unidos define BIM como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção, servindo como um recurso de conhecimento compartilhado de suas informações (NIBS, 2015). Forma-se, então, conforme instituto, uma base confiável para decisões durante o ciclo de vida da edificação, desde a sua concepção até o fim de sua vida útil. Ainda de acordo com o NBIMS (NIBS, 2015), um dos principais objetivos do BIM é a colaboração entre os diferentes agentes que envolvem as diferentes fases da edificação.

Já o British Standards Institution (Instituição Britânica de Normas), por meio das Especificações Disponíveis Publicamente (Publicly Available Specification – PAS) 1192-2 de 2013 resume o BIM como o “processo de projetar, construir ou operar um edifício ou ativo de

infraestrutura usando informações eletrônicas orientadas a objetos”. Vale destacar que esta norma serviu como base para a criação da primeira International Organization for Standardization (ISO) relacionada ao sistema de modelagem, a ISO 19650, publicada em 2018.

No Brasil, o governo federal introduziu o BIM por meio do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, o qual instituiu a estratégia nacional de disseminação da metodologia no país, buscando sua democratização no setor da construção civil. Por sua parte, corroborando com as definições citadas, o decreto dispõe que

o BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, como o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção. (BRASIL, 2018)

Tolentino (2018) *apud* Groetelaars (2015) cita algumas características do uso da tecnologia BIM. São elas:

- Permite uma documentação mais completa, precisa, e sem ambiguidades, devido à centralização dos dados em um modelo único;
- Permite identificar prioridades e definir estratégias para alocação de recursos financeiros;
- Gera uma fonte de dados confiáveis, para dar suporte ao desenvolvimento de projetos de intervenção (reforma, restauração, requalificação, entre outros), facilitado também pela visualização tridimensional da edificação e de suas diversas alternativas de projeto.
- Possibilita a verificação de interferências, de conflitos entre elementos arquitetônicos, estruturais e mecânicos, evitando erros de representação da situação existente e de propostas de intervenção;
- Permite analisar o comportamento e desempenho da edificação durante todo o ciclo de vida, facilitando o desenvolvimento de ações visando o seu uso sustentável;
- Possibilita o compartilhamento dos dados e o trabalho colaborativo;
- Permite exportar o modelo para outros programas, para a realização de uma série de análises, simulações (de estrutura, eficiência energética, desempenho térmico e acústico, iluminação natural e artificial, entre outros).

O Building Information Modeling é dividido em dimensões, as quais são identificadas pelo seu número seguido de um “D”. Ignasi Pérez Arnal, um dos arquitetos referência quando se trata da metodologia BIM, em um artigo publicado em 2018, abordou a “Teoria das 10

dimensões do BIM", que passou a ser utilizada como base de estudo e implementação da metodologia em todo o mundo. Nesta publicação, o BIM é dividido em:

- 1D: implementação e concepção: implica na implantação de Protocolos BIM em um país ou organização;
- 2D: produção e desenvolvimento: baseia-se na introdução dos fluxos de trabalhos colaborativos, acarretando novas formas de contratação e apostas em soluções integradas de gestão;
- 3D: modelagem paramétrica: trata da modelagem digital, identificação dos processos, captura da realidade e os produtos BIM;
- 4D: planejamento temporal: relativo ao planejamento temporal precisamente ligado a cada um dos elementos modelados;
- 5D: orçamento: trata da economia do projeto e como cada elemento BIM é sincronizado com seu preço, sua origem, sua instalação, os custos de sua manutenção, entre outros aspectos;
- 6D: sustentabilidade: trata da sustentabilidade dos projetos e construções com foco no meio ambiente;
- 7D: gestão e operação: dedicada à operação e manutenção de instalações construídas e ativos manufaturados;
- 8D: segurança e controle: trata da segurança e saúde do trabalho, voltada para o conceito de Acidente Zero, envolvendo as fases de projeto, trabalho e fase de manutenção;
- 9D: produção limpa: se trata da introdução da filosofia de Lean Construction, ou seja, gestão enxuta no setor da Construção Civil;
- 10D: construção industrializada: junção de todas as dimensões com um objetivo em comum: industrialização da construção, transformação do setor da construção para torná-lo mais produtivo e integrado com as novas tecnologias por meio de sua digitalização.

Complementando todas essas dimensões, ainda se tem o HBIM, sigla para Historic Building Information Modeling. De acordo com Tolentino (2018), o HBIM é uma extensão da metodologia para as edificações históricas, visando a documentação, análise e conservação de edifícios históricos.

2.2 Segurança do Trabalho na Construção

A Segurança do Trabalho, de acordo com Barsano e Barbosa (2018), é a "ciência que estuda as possíveis causas do acidente e incidentes durante a atividade laboral do trabalha-

dor”. Os autores continuam dizendo que este estudo tem como intuito prever os acidentes, as doenças ocupacionais e outras formas de agravos à saúde dos profissionais, e atinge seu propósito quando proporciona ao empregado e o empregador um ambiente de trabalho saudável e seguro.

É importante lembrar que há uma diferença entre acidente e incidente. O primeiro termo, de acordo com a definição do dicionário Michaelis (2021a, 2021d), relaciona-se com os acontecimentos que envolvem dano, estrago, sofrimento ou morte; já o segundo se trata de fatos imprevisíveis que ocorrem no decurso de um acontecimento principal.

Portanto, de acordo com a Lei Federal nº 6.367, de 19 de outubro de 1976, “acidente do trabalho é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, ou perda, ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho”. São considerados acidentes do trabalho, de acordo com Peixoto (2010), aqueles ocorridos:

- Durante o horário de trabalho;
- No local de trabalho;
- Quando o empregado estiver executando ordem ou realizando serviço sob o mando do empregador;
- Em viagem a serviço da empresa;
- No percurso da residência para o local de trabalho, vice-versa;
- Nos períodos de descanso ou por ocasião da satisfação de necessidades fisiológicas, no local de trabalho;
- Por contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade;
- Em consequência de agressão física, ato de sabotagem, brincadeiras, conflitos, ato de imprudência, negligência ou imperícia, desabamento, inundação e incêndio.

O autor ainda divide o acidente de trabalho em:

- Acidente tipo ou típico: aqueles que são considerados comuns, súbitos e imprevisto como batidas, choques, cortes, quedas e queimaduras;
- Doença do trabalho: aquelas que são provenientes de agentes ambientais presentes na atividade exercida pelo trabalhador como calor, gases, microorganismos, ruído e vapores;
- Acidente de trajeto: aqueles sofridos pelo empregado no percurso entre residência e trabalho, qualquer que seja o meio de locomoção, desde que seja em horários e trajetos compatíveis;

- Incidente: acidentes sem danos pessoais.

Dentre os 21 setores catalogados no país pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o da Construção Civil é um dos maiores responsáveis pela geração de serviços dentre todos os ramos existentes. Em conjunto com essa expressividade, conforme aponta Peinado (2019), há o elevado índice de acidentes e doenças de trabalho dentro deste campo, mesmo com o aumento expressivo de pesquisas e normatizações sobre Segurança do Trabalho na Construção Civil. Uma das principais formas de prevenção e mitigação desses acidentes é a Norma Reguladora 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. A NR

estabelece e diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 1978a, p.2).

De forma resumida, a NR-18 aborda, dentre outras recomendações, as seguintes determinações:

- Comunicação prévia à Delegacia Regional do Trabalho sobre as informações e datas previstas para a obra;
- Elaboração e cumprimento de um Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT);
- Criação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) e de Comitês Permanentes Sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção;
- Criação das áreas de vivência;
- Definições, preparo e parâmetros para serviços de demolição, escavação, desmonte de rochas, construção em geral, carpintaria, armações de aço, estruturas, soldagem, entre outros;
- Definições e parâmetros para uso de equipamentos, máquinas e ferramentas;
- Obrigação do uso de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Individual (EPI).

Dentre as inúmeras possíveis causas de acidentes no setor da Construção Civil, as principais são apresentadas a seguir (junto com sua codificação relativa a Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID-10), conforme pesquisado por Silveira *et al.* (2005):

- Acidente de trajeto (V01-V99);
- Quedas (W00-W19);

- Impacto por objeto (W20-W22);
- Contato com vidro (W25);
- Contato com ferramentas, máquinas e aparelhos (W20-W31);
- Corpo estranho (W44-W45);
- Exposição a corrente elétrica (W95-W87);
- Contato com fontes de calor (X10-X19);
- Agressão (X85-Y09).

Adiciona-se, ainda, que são numerosas as possíveis causas de acidentes de trabalho na Construção Civil, podendo estes serem relativos à falta de projeto de prevenção de acidentes ou causados por imprevistos. É válido ressaltar que muitos casos apenas ocorrem pela falta do uso de EPI, sendo este o principal meio de proteção do operário.

Os acidentes e incidentes não se encerram quando ocorrem, eles deixam sequelas no corpo ou, até mesmo, tiram uma vida. Portanto, além das causas dos acidentes, tem que ser considerado as consequências deles. O Ministério da Fazenda, responsável pelo Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) de 2018 apresenta três categorias de consequências de acidentes de trabalho:

- Incapacidade temporária: compreende naqueles que ficaram temporariamente incapacitados para o exercício de sua atividade laborativa em função de acidente ou doenças do trabalho;
- Incapacidade permanente: refere-se aqueles segurados que ficaram permanentemente incapacitados para o exercício laboral. A incapacidade permanente pode ser de dois tipos:
 - Parcial: acidentado em exercício laboral, após o devido tratamento psicofísico-social, apresentar sequela definitiva que implique em redução da capacidade;
 - Total: acidentado em exercício laboral apresentar incapacidade permanente e total para o exercício de qualquer atividade laborativa.
- Óbito: corresponde a quantidade de segurados que faleceram em função do acidente do trabalho.

É válido destacar que, assim como apresentado pela Associação Nacional de Medicina do Trabalho – ANAMT (2019), em torno de 40% dos acidentados não estavam inseridos no mercado formal de trabalho, ou seja, não tem garantias de proteção previdenciárias.

3 METODOLOGIA

Para a produção deste estudo, adotou-se como o universo dois temas: a metodologia Building Information Modeling (BIM) e a Saúde e Segurança do Trabalho (SST) na Construção Civil. Como base de pesquisa, adotou-se a oitava dimensão do BIM, o 8D, que é relacionada ao conceito de Acidente Zero em obras, envolvendo as fases de projeto, execução e de manutenção das edificações. Como o objetivo desta pesquisa é disseminar a teoria BIM em termos da SST, sem a utilização dados quantificáveis, a pesquisa é considerada básica, descritiva e bibliográfica de natureza qualitativa.

A pesquisa tem utiliza documentos que tiveram um tratamento analítico (livros, artigos científicos e publicados em páginas da internet, manuais, guias e relatórios) e outros que não são considerado oficiais em termos de publicação, fazendo uma ligação entre os dados obtidos em ambos os tipos de materiais. A análise dos dados é feita por meio da intercessão das informações obtidas nesses levantamentos, produzindo um material teórico que servirá como base de conhecimento para profissionais, estudantes e para a sociedade.

Como limitação encontrada para a produção deste estudo, tem-se a falta de arquivos bibliográficos que contiveram um tratamento analítico antes de sua publicação. Algumas definições, como por exemplo, as divisões do Building Information Modeling, são tratadas de maneiras diferentes por vários autores, não havendo uma demarcação definitiva das últimas quatro dimensões. A partir disso, houve uma dificuldade em abordar este tema neste trabalho, na qual foi utilizado como base para construção da pesquisa, uma teoria de divisões não definitiva – a “Teoria das 10 dimensões do BIM”, publicada pelo arquiteto referência na metodologia, Ignasi Pérez Arnal.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Os problemas da Saúde e Segurança do Trabalho na Construção Civil

Considerando os 21 setores catalogados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o da Construção Civil é um dos mais perigosos para se trabalhar, tendo um alto índice de acidentes e doenças relativas ao trabalho, mesmo quando aplicado os parâmetros da Norma Regulamentadora (NR) 18, que trata das condições e meio ambiente de trabalho nesta indústria.

No mais recente Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT), de 2019, foi apresentado que o ramo da Construção Civil teve, em 2018, 30.644 acidentes, ou seja, 5,26% do total no país – 582.507 casos –, ocupando o sétimo lugar na classificação dos setores com maiores números de acidentes. Ainda de acordo com o AEAT, o setor teve 22.254

acidentes considerados típicos, 4.161 de trajeto, 304 categorizados como doença do trabalho e outros 3.925 não tiveram Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) registrada.

Conforme dados levantados dos estudos de Silveira *et al.* (2005), Bansi *et al.* (2012) e Mazon e Savi (2013), as principais causas de acidentes no ramo são acidentes de trajeto, quedas, impacto por objeto, contato com vidro, ferramentas, máquinas, aparelhos e fontes de calor e exposição a corrente elétrica. Ainda se tem como motivo de incidentes e doenças os movimentos repetitivos, carga excessiva, pressão por parte dos contratantes e colaboradores de cargos superiores. Para tais ocorrências, existem diversos fatores que podem influenciá-los, como: falta de acompanhamento na execução dos projetos, rotatividade e terceirização da mão de obra, adoção de horas extras de serviço e emprego de métodos manuais e mecanizados simultaneamente. Dentre outros motivos que podem acarretar acidentes, incidentes e doenças de trabalho, enfatiza-se a temporalidade e desorganização no espaço de trabalho, falta de análises preventivas que antecipam possíveis problemas e riscos que os funcionários estão submetidos e desconsideração com custos relativos à Segurança e Saúde do Trabalho nos orçamentos.

Já como consequência dos acidentes, o Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho apresenta que tiveram que ser acompanhados por profissionais da medicina 3.777 dos casos, ou seja, 11,79% do total – 598.901 casos; 22.367 casos houveram consequências por menos de 15 dias, enquanto 4.675 possuíram por mais tempo, representando, respectivamente, 69,82% e 14,59%; 1.000 (3,12%) acidentados vivenciam incapacidade permanente e 214 (0,67%) foram a óbito no ano, totalizando 32.033 casos no setor. Ressalta-se que o número das consequências é diferente do que o de acidentes devido a casos dos anos anteriores que apenas tiveram decorrências no período analisado.

Todavia, existem diversas formas de se evitar acidentes e incidentes. As principais delas, assim como recomenda a NR-18, são a elaboração e cumprimento de um Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT); criação de uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) e de Comitês Permanentes Sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção; criação das áreas de vivência; obrigação do uso de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Individual (EPI); e definição, preparo e parâmetros para a realização dos serviços relacionados a obra e utilização dos equipamentos, máquinas e ferramentas.

Com a evolução das tecnologias e formas de realizar os serviços relacionados ao setor da Construção Civil, foram criadas diversas outras formas de se mitigar os acidentes, incidentes e doenças de trabalho. Dentre elas, enfatiza-se uma das mais recentes, que é a utilização do Building Information Modeling, comumente chamado apenas por sua sigla – BIM.

4.2 Aplicação do BIM para a Segurança do Trabalho na Construção Civil

Por meio dos softwares baseados na metodologia BIM, é possível organizar informações a partir de um tópico específico, assim como dados necessários para sua localização e entendimento. Utilizando técnicas de visualização, simulação, prototipagem virtual e validação, o Building Information Modeling permite que sejam constatado e verificados uma série de cenários diferentes antes mesmo do processo de execução de um projeto. Os resultados de tais fases podem ser listados por meio de relatórios e planilhas, de diferentes formas e focos, em ordem de risco e a necessidade de intervenções relativas. Dentre as possibilidades de geração de dados, é possível destacar em um layout de um empreendimento, os perigos específicos existentes e erros relativos as normas e padronizações de distanciamento de objetos, além de possíveis conflitos de dados incluídos na modelagem durante seu projeto.

Pode-se citar como exemplo de resultado dessas operações, a exibição das informações sobre as propriedades perigosas de um material, o que facilita a sua visualização. Isto pode ajudar em um exercício de treinamento e comunicação interna, evitando possíveis erros de instalação e utilização, mitigando acidentes, incidentes ou doenças provenientes da infração.

Outro exemplo, é a visualização do espaço do trabalho por meio de realidade aumentada, antes possível de ser feita apenas no local durante a execução da obra. Com a visualização virtual, é possível analisar o uso do espaço de trabalho, distribuição dos locais de armazenamento de materiais, locação das zonas de vivências, zonas livres e objetos necessários para a segurança de uma obra como extintores de incêndio, abrigos e suportes de segurança.

A partir dessas informações, Kamardeen (2010) apresenta em seu estudo um gráfico sistemático que representa uma curva da influência do uso do BIM como forma mitigadora de acidentes na Construção Civil, como pode ser visto na Figura 1.

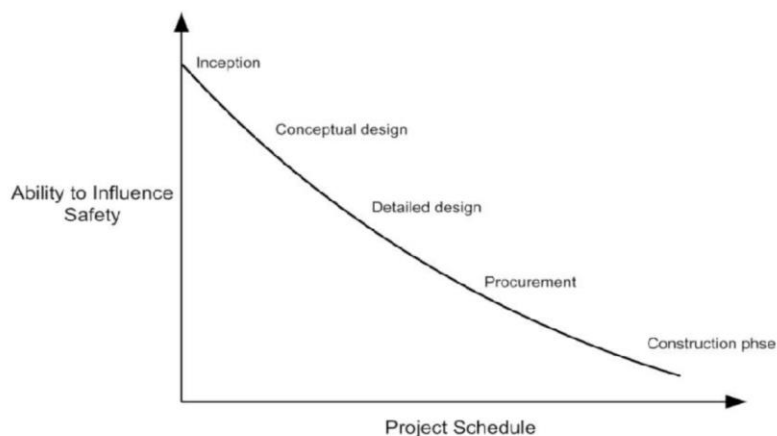


Figura 1 – Curva de influência do BIM nas fases da Construção Civil.
 Fonte: KAMARDEEN (2010)

Como é possível ver na Figura 1, Kamardeen (2010) mostra que a influência da metodologia é maior no início do projeto, havendo uma queda ao se passar pelo design, projeto e compras, tendo uma menor influência na fase da construção. O autor aborda que o momento ideal para influenciar a segurança da construção é durante as fases de concepção e projeto:

Nessas fases, os projetistas podem influenciar a segurança da construção fazendo melhores escolhas na fase de design de um projeto. Isso resultaria em menos decisões que precisariam ser feitas pelos contratados no local (KAMARDEEN, 2010, p.283).

Ou seja, havendo uma prevenção por meio do projeto, acarretaria uma redução dos incidentes durante o período da obra. Complementando os dizeres, Miara (2020) apresenta que a utilização do BIM na segurança do trabalho envolve os seguintes aspectos:

- Prevenção na fase de projeto;
- Simulação da construção para análise de riscos;
- Elaboração de contratos com garantias de níveis de prevenção;
- Utilização de dispositivos móveis durante a execução da obra;
- Localizadores para controle de operações;
- Análise de medidas de prevenção durante as fases de operação e manutenção.

Miara (2020) ainda disserta sobre a falta de aplicações de medidas de prevenção relacionadas as fases de operação e manutenção das edificações. Conforme a autora, a maior parte dos casos e pesquisas encontradas na área trata a aplicação do BIM nas etapas de

projeto e execução sendo, respectivamente, 47% e 53% dos estudos abordados, não havendo nenhum sobre as últimas fases.

Portanto, é possível citar como uso do BIM para a Segurança do Trabalho o seguinte:

- Visualização do modelo completo da edificação exteriormente e interiormente;
- Localização de armazenamento de material e sua proximidade ao local de utilização;
- Localização das passagens de pessoas e maquinários;
- Localização dos maquinários e perímetro de risco;
- Localização dos espaços de vivência e zonas livres;
- Localização de equipamentos e locais de proteção contra incêndio e pânico;
- Simulação virtual da construção e suas instalações;
- Verificação de conformidade aos critérios e regras;
- Detecção de conflitos, colisões e interferências de objetos e veículos.

Com isso, é possível verificar por meio dos modelos gerados em softwares baseados em Building Information Building os possíveis erros de uma construção, causas de acidentes, incidentes e doenças ocupacionais e problemas de logística do local, afetando diretamente na Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão em torno do Building Information Modeling concentra-se, principalmente, na eficiência da construção e nos benefícios financeiros que podem ser acarretados, e o setor da Construção Civil é um dos mais perigosos para se trabalhar. Entretanto, o BIM pode contribuir, também, para a prevenção de acidentes, incidentes e doenças em obras.

Os gestores da construção, além de todos os outros agentes envolvidos em um projeto, podem prever a partir de um modelo desenvolvido por meio da metodologia, os possíveis problemas e situações perigosas de uma obra. Assim, é possível prevenir e mitigar tais acontecimentos, gerando segurança para todos os colaboradores e utilizadores da construção.

Muitas etapas ainda precisam ser seguidas para otimização do espaço de trabalho com a tecnologia. Mas, com base apenas nos estudos, é perceptível uma mudança nos dados da Segurança do Trabalho na Construção Civil com a utilização do BIM.

Existe, portanto, a necessidade de uma definição e padronização maior das dimensões do BIM, além de estudos mais aprofundados relativos à sua aplicação em situações reais com a geração de relatórios e documentos que demonstrem os benefícios da metodologia para Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil.

Salienta-se a imprescindibilidade do aumento dos interesses governamentais e organizacionais com a aplicação de leis e normas relativos à aplicação do Building Information Modeling como forma mitigadora de Segurança e Saúde do Trabalho. Destaca-se, também, que nenhuma ferramenta digital ou analógica pode garantir um ambiente de trabalho livre de acidentes, incidentes e doenças ocupacionais.

REFERÊNCIAS

- ARNAL, Ignasi Pérez. **Why don't we start at the beginning?**. BIM Community. 2018. Disponível em: <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>. Acesso em: 02 maio 2021.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO (ANAMT). **História da Medicina do Trabalho**. 2017. Disponível em: <https://www.anamt.org.br/portal/historia-da-medicina-do-trabalho/>. Acesso em: 02 maio 2021.
- BANSI, Ana Cláudia; MARTOS, Sirlei Rose; STEFANO, Silvio Roberto. **Acidentes no Trabalho e Programas de Prevenção em uma Empresa de Construção Civil**. Revista de Ciências Jurídicas, v. 13, n. 2, p. 95-102. Londrina, 2012.
- BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Segurança do trabalho: guia prático e didático**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2018.
- BRASIL. Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. **Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. Lei nº 6.367, de 19 de outubro de 1976. **Dispõe sobre o seguro de acidentes do trabalho a cargo do INPS e dá outras providências**. Brasília, DF, 1976.
- BRASIL. Ministério de Previdência Social. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho 2019**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho>. Acesso em: 08 maio 2021.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. **Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho**. Brasília, DF, 1978.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **PAS 1192-2**. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. 2013.
- GROETELAARS, Natalia Johanna. **Criação de modelos BIM a partir de “nuvens de pontos”**: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2015. 372 f.
- INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Statistics on safety and health at work**. 2020. Disponível em: <https://ilostat.ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

METODOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

KAMARDEEN, Imriyas. 8D BIM Modelling tool for accident prevention through design. **Procs 26th Annual ARCOM Conference**, p.281-289. Leeds, 2010.

MAZON, Cindi Niero; SAVI, Clóvis Norberto. **Análise de acidentes de trabalho na construção civil de Criciúma/SC no período de 2012 e 2013** – Estudo de Caso. Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2013.

MIARA, Renata Degraf. BIM para a segurança do trabalho na construção civil. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, v.23, p.1-7. 2020.

MICHAELIS. **Acidente**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?id=7m0Q>. Acesso em: 02 maio 2021.

MICHAELIS. **Arquitetura**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/arquitetura/>. Acesso em: 09 maio 2021.

MICHAELIS. **Engenharia**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/engenharia/>. Acesso em: 09 maio 2021.

MICHAELIS. **Incidente**. Editora Melhoramentos Ltda, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?id=laV5N>. Acesso em: 02 maio 2021.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS). National Building Information Modeling Standard (NBIMS). **National BIM Standard**. 3 ed. 2015. Acesso em: <https://www.nationalbimstandard.org/nbims-us>. Disponível em: 01 maio 2021.

PEINADO, Hugo Sefrian. **Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil**. São Carlos: Editora Scienza, 2019. 432 p.

PEIXOTO, Neverton Hofstadler. **Curso técnico em automação industrial: segurança do trabalho**. 3 ed. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: CTISM, 2010. 128 p.

SILVEIRA, Cristiane Aparecida; ROBAZZI, Maria Lúcia do Carmo Cruz; WALTER, Elisabeth Valle; MARZIALE, Maria Helena Palucci. **Acidentes de trabalho na construção civil identificados através de prontuários hospitalares**. Revista Escola de Minas, v. 58, n. 1. Ouro Preto, 2005.

TOLENTINO, Mônica Martins Andrade. **A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do patrimônio arquitetônico**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018. 330 f.