

APLICAÇÕES RECENTES NO USO DE BIM NA SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO

Alfredo Soeiro ⁽¹⁾, João Pedro Poças Martins ⁽¹⁾

(1) Universidade do Porto – FEUP, Porto

Resumo

A segurança na construção necessita de meios que permitam uma eficácia maior na prevenção de acidentes. As ferramentas empregues de modo corrente nas fases de concepção, projecto, contratação, construção e operação não têm sido suficientes para evitar acidentes. Numa sociedade desenvolvida é inaceitável que alguém tenha um acidente a trabalhar e muito menos que a consequência do acidente seja a morte. O BIM tem vindo a desenvolver-se rapidamente em termos de capacidades tecnológicas e de campo de aplicações. Como consequência tem havido investigação e aplicação explorando a adoção de ferramentas BIM para elevar o nível de prevenção de acidentes na construção. De facto a concentração e a gestão da informação usando as ferramentas BIM possibilitam outros níveis de apreciação das medidas de prevenção a seguir de modo a evitar acidentes na construção e de modo a avaliar os riscos existentes na construção ou na reabilitação. Este artigo propõe abordar os avanços constatados num âmbito internacional relativos à utilização de BIM envolvendo os aspectos seguintes:

- a) prevenção na fase de projeto (PTD, *Prevention Through Design*);
- b) simulação de fases da construção para análise de riscos;
- c) elaboração de contratos com garantias de níveis de prevenção;
- d) utilização de dispositivos móveis durante a execução da obra;
- e) uso de localizadores para controlo de operações;
- f) análise de medidas de prevenção durante as fases de operação e de manutenção.

1. Descrição Breve

A conjugação de BIM com a possibilidade de diminuir a ocorrência de acidentes na construção foi abordada por vários autores [1], [2], [3]. Apresenta-se neste artigo alguns casos de ensaios e de aplicações de programas BIM para prevenção de acidentes. No final tecem-se considerações sobre desenvolvimentos futuros, sobretudo com a intervenção dos

intervenientes nas actividades de coordenação e de prevenção de acidentes na construção. Os casos de estudo escolhidos abordam áreas diferentes do processo construtivo mas têm como característica comum a gestão de informação apoiada em ferramentas BIM. A gestão da informação de modo estruturado torna-se útil na prevenção por poder antecipar, registar ou evitar situações propiciadoras de causar acidentes na construção. De modo idêntico, esta necessidade de gerir a informação só beneficiará com a participação dos intervenientes directos na prevenção de acidentes como os coordenadores ou os técnicos de segurança. Outros intervenientes, como projectistas, fiscais, directores de obra, técnicos e agentes reguladores, são também relevantes na melhoria da qualidade da informação utilizada com as ferramentas BIM.

2. Casos de Estudo

2.1 Relatório Dodge Data & Analytics

O estudo de 2016 [4] aponta para benefícios nomeadamente no *Return on Investment* (ROI, Recompensa pelo investimento). Indica ainda que indústria tem abordado esta aplicação de modo superficial. O relatório indica ainda que nos EUA cerca de 70% das empresas de construção utilizam BIM mas não em fazem na área de prevenção de acidentes. As razões desta utilização prendem-se com diminuição de custos de mão de obra e de materiais, melhor planeamento com diminuição de prazos e oportunidades de fabrico fora do estaleiro.

Cerca de 43% das empresas que usam BIM realçam o benefício na prevenção de acidentes e na promoção dos níveis de segurança de operários e de equipamentos. Nalguns casos o uso de BIM permitiu lidar com obras complexas e tornarem-se mais competitivas elevando os níveis de segurança. Estes benefícios resultaram da identificação de riscos antes do início da obra. Nestes riscos incluem-se sobretudo a identificação de situações com conflitos de actividades e com regulamentação existente como as provenientes da OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*). A detecção de aberturas sem proteção ou de escadas sem guardas durante a construção foi fácil de identificar na análise 4D, combinando estrutura com o planeamento da obra. Outros exemplos de benefícios são os da simulação de escavações e de aterros com a identificação de cenários propícios a acidentes.

A combinação de utilização de dispositivos móveis, como *tablets*, *smartphones* ou outros dispositivos com GPS, podem beneficiar das ferramentas BIM na obra. Neste relatório só cerca de 12% das empresas que utilizam BIM é que fazem a combinação com os dispositivos móveis para identificação e resolução dos problemas em situações de risco.

Uma das vantagens apresentadas no relatório tem sido a utilização de ambientes de realidade virtual com apoio nos modelos BIM para formação dos trabalhadores e dos técnicos. Esta capacidade de simulação, além de permitir identificar riscos, fornece ambientes realísticos de obra para visualizar riscos e medidas preventivas mas sem ter necessidade de expor os intervenientes a perigos reais. Uma das particularidades foi apresentada pela Skanska que conseguiu introduzir nos modelos BIM o efeito da gravidade. Esta possibilidade permitiu identificar situações que apresentavam efeitos inesperados e condições que motivaram avaliações diferentes dos riscos. Estas análises permitiram verificar efeitos que tinham passado despercebidos como queda de elementos e deslocações de elementos de prevenção que não estavam fisicamente ligados à estrutura ou ao edifício.

2.2 BIM for Zero Harm

Este caso de estudo é apresentado pela firma Balfour Beatty [5]. Apresenta as mudanças verificadas na empresa de construção na tentativa de usar ferramentas BIM com a prevenção de acidentes. Esta experiências foram desenvolvidas pelas equipas da empresa de *Loss Prevention* (Eliminação de perdas) e de *Technology and Process Development* (Desenvolvimento de tecnologia e de processos).

Neste caso, o objetivo é construir num ambiente sem riscos: *Zero Harm* (Danos Zero). A ideia é a mudar a cultura na empresa, criando condições para que a segurança da construção seja considerada quando se fazem escavações ou movimento de terras. Desenvolvendo modelos virtuais de escavações para a construção de modo a aplicar as normas em sessões de formação para técnicos e operários da empresa e para sub-empregueiros pode ser um modelo eficaz na prevenção de acidentes e na implementação de processos de construção mais seguros.

A capacidade de visualizar os processos e as práticas seguras usando modelos 3D ajudaram a Balfour Beatty a comunicar os meios e os métodos seguros para a realização de tarefas simples e complexas de modo a obter resultados de acordo com o objetivo *Zero Harm*.

Os riscos associados e os perigos envolvidos com operações como a abertura de valas e as escavações colocam questões como proteger património adjacente ou como evitar a exposição dos trabalhadores a um desmoronamento. Os modelos 3D permitem ao instrutor ensinar num ambiente virtual. Neste tipo de ambiente consegue-se simular práticas inseguras para análise dos formandos sem colocar em perigo esses mesmos formandos. Estas formações abrangem os directores de obra, técnicos, encarregados, técnicos de segurança e operários que podem visualizar as situações mais arriscadas e aprender a evitá-las. Esse resultado é obtido através de visualização, discussão e solução. As ferramentas utilizadas incluem Google Sktechup e Revit Autodesk.

2.3 Utilização de BIM 360

É uma ferramenta integrada de BIM que providencia algumas aplicações (apps) que podem ser usadas nos estaleiros [6]. Outras aplicações existentes de visualização como Tekla Bimsight ou Solibri Model Viewer poderão ter benefícios idênticos. O exemplo apresentado insere-se no grupo de aplicações disponíveis para equipamentos móveis que permitem, por exemplo, a verificação das medidas prescritas no plano de segurança relativas a cada local. Esta capacidade permite aplicações na área da implementação da prevenção de acidentes na construção. De facto a visualização do previsto nos planos de segurança para cada frente de trabalho e a confrontação com o executado permite aos responsáveis pelo controlo da execução encontrar não-conformidades em tempo real.

Esta capacidade de modelar o que se espera em cada local, requerido pelo plano de segurança e pelas medidas de prevenção, permite também a formação do pessoal e das equipas envolvidas. Esta formação e a sensibilização pode reduzir riscos de modo integrado com a produção. A verificação dos equipamentos de segurança a utilizar em cada tarefa pode ser feita através do recurso de gestão do mapa de produção das medidas e dos equipamentos de segurança.

A aplicação permite que os operários, encarregados e outros operários consultem através dos dispositivos móveis as fichas de segurança associadas a cada tarefa ou função. As fichas de segurança são instrumentos valiosos para identificar riscos habituais em cada tarefa, para escolher as medidas preventivas relacionadas com cada um dos riscos e a empregar os equipamentos de proteção individual ou colectiva próprios para esses riscos. Ao contrário da

utilização dos equipamentos móveis para verificação do plano de segurança verifica-se que o uso dos mesmos para análise das fichas de segurança tem uma componente mais genérica e fácil de utilizar por ser mais modular.

2.4 Hourigan

Neste caso de estudo a empresa de construção decidiu utilizar BIM para melhorar a segurança com três tipos de medidas [7]. A primeira medida tem a ver com a representação virtual do estaleiro e da obra para fazer participar os envolvidos na obra. O envolvimento passava pela contribuição dos operários e dos técnicos na identificação de riscos, na proposta de medidas de prevenção e da análise proposta para controlo da eficácia das medidas. Também servia para formar os construtores sobre as medidas de prevenção e sobre os processos de construção e equipamentos.

A segunda medida adoptada pela empresa foi baseada numa visualização 4D que permitia identificar riscos resultantes da montagem de estruturas provisórias, como andaimes ou gruas, e de perigos resultantes da movimentação de cargas e de equipamentos. Esta análise sequencial das tarefas permitiu ensaios das medidas preventivas com indicação de custos e de eficácia.

A terceira medida permitiu uma análise detalhada de tarefas seleccionadas para análise em termos de prevenção de riscos. A análise de alternativas de execução para cada tarefa em termos de processos e de equipamentos possibilitou a consideração da hipótese que combinava nível de risco com custo e com preços. Estas simulações revelaram-se úteis para atingir os objectivos de nível de prevenção adequados.

2.5 Prevention through Design (PtD)

A prevenção de acidentes através do projecto (PtD) utilizando BIM na fase de projecto foi analisada estudada por vários investigadores [8]. Uma das vertentes dessa investigação baseia-se na aplicação das regras de segurança através de processos de decisão apoiados por ferramentas de inteligência artificial. De facto os algoritmos que analisam os modelos produzidos pelas ferramentas BIM tentam encontrar riscos potenciais de acidentes e propor medidas preventivas.

Tendo em atenção a combinação dos motores automáticos de decisão com as ferramentas BIM foi criada uma plataforma que propõe aos projectistas e aos construtores medidas preventivas para minimizar os riscos. A aplicação da plataforma foi feita para os riscos de queda que representam a causa para o maior número de acidentes mortais na construção.

O processo de decisão para proposta de medidas preventivas das quedas potenciais usando BIM tem quatro fases. A primeira consiste na parametrização das regras de escolha das medidas preventivas. A segunda consiste na adaptação do modelo BIM para gerir a informação necessária para ser analisada pelas regras. A terceira fase é composta pela comparação das regras com a informação fornecida pelo modelo. A última fase serve para apresentar os resultados da aplicação das regras ao modelo BIM.

O último desenvolvimento consiste na combinação dos processos de decisão com simulação de modo a expandir a análise das consequências da aplicação das regras. A plataforma de análise baseou-se na ferramenta disponibilizada por TEKLA, nomeadamente TEKLA Structures [9]. A simulação das medidas obtidas pela verificação automática permitiu nesta plataforma verificar as implicações no planeamento da obra. Esta simulação melhorou o

contexto de análise pelos gestores do projecto de modo a tomar as decisões que equilibrassem o impacto das medidas no custo e no prazo da obra.

2.6 Modelo MMPtD (Management Model for Prevention through Design) e BIM

O modelo MMPtD foi elaborado a partir duma tese de doutoramento que analisou as causas de cerca de 2000 acidentes mortais ou graves [10]. A análise permitiu identificar para cada uma das ocorrências quais as medidas que poderiam ter sido tomadas para eliminar ou aligeirar os riscos de acidentes. As conclusões mostraram que cerca de 60% dos acidentes poderiam ter sido evitados ou atenuados na fase antes do início da obra. Foram feitos guias de procedimentos para os intervenientes nas fases anteriores à abertura do estaleiro.

A interação com o modelo BIM da obra com as medidas preventivas elaboradas no modelo MMPtD foi feita através da associação com as diferentes tarefas que poderiam estar envolvidas em acidentes. Esta associação permite na fase de projecto e na fase de planeamento alertar os decisores para as medidas preventivas adequadas. A decisão de as empregar depende do julgamento dos projectistas ou dos directores de obra.

A vantagem da utilização do modelo em dispositivos móveis empregues pelos operários e pelos técnicos na obra permite abordar os riscos causadores de cerca de 40% dos acidentes na obra depois desta começar. Esta percentagem de 40% é obtida pelos resultados de vários estudos que estimam que cerca de 60% aos acidentes podem ser evitados com medidas tomadas antes do início da obra [11]. De facto cada responsável pela segurança ou encarregado ou técnico pode em qualquer altura e em qualquer tarefa verificar usando o modelo BIM, que contém a informação MMPtD, controlar os riscos presentes e as medidas preventivas existentes e as medidas sugeridas. As medidas deste guia para projeto foram especificadas de modo a poderem ser incluídas como regras em modelos de decisão automática envolvendo BIM. A implementação desta conjugação decorre com investigadores da Universidade de Recife, Brasil.

Esta possibilidade de relacionar o local de trabalho na obra com os riscos da tarefa a executar usando o modelo BIM que integra as recomendações do modelo MMPtD pode ser uma ferramenta poderosa na eliminação dos acidentes. Os trabalhadores são os maiores interessados em níveis adequados de segurança e são também os melhores defensores de níveis de prevenção aceitáveis. Por isso a possibilidade de poderem ser informados em tempo real através duma plataforma BIM, que incorpora o modelo MMPtD, dos riscos a evitar e das medidas preventivas respectivas poderá ser a estratégia ganhadora.

Esta associação da informação específica sobre riscos e acidentes com a tarefa a executar pode beneficiar da visualização da obra em modelo digital pelos executantes. Este benefício pode ainda se acrescido pela utilização de localizadores geoespaciais por cada operário. Esta geolocalização poderá ajudar os gestores de segurança a determinar se há necessidade de intervirem na execução da tarefa ao detectarem tarefas a serem executadas sem a existência de medidas preventivas adequadas. A intervenção dos responsáveis de segurança depois de alertados pelos geolocalizadores poderá ser substituída por programas de decisão que lidarão com os dados do modelo MMPtD, com as informações do BIM e com os registos das posições dos trabalhadores envolvidos.

3. Conclusões e desenvolvimentos futuros

A consideração destes casos de estudo leva a concluir que a utilização do modelo BIM para diminuir, ou eliminar, a sinistralidade nas obras pode ser uma ferramenta eficaz. Esta utilização pode variar entre a utilização na fase de preparação e de projecto até às operações de reparação e de manutenção.

O facto de haver estudos que mostram que cerca de 60% dos acidentes podem ser evitados antes das obras começarem leva a concluir que é nesta fase pré-obra que se deve concentrar o uso de ferramentas BIM para garantir medidas preventivas eficazes.

O projecto e a preparação da obra são propícios ao uso dos modelos BIM 3D, 4D ou 5D para evitar acidentes na obra. Durante a execução da obra também se apresentaram exemplos de como melhorar a prevenção de acidentes através da integração do modelo BIM com dispositivos móveis ou com geolocalizadores.

Um dos desenvolvimentos futuros poderá ser a utilização de “drones” que poderão constatar o desenvolvimento de cada tarefa e comunicar a um controlador, virtual ou real, os dados em tempo real. O modelo BIM poderá ser utilizado para comparar o modelo virtual desejável com o obra e verificar se há medidas preventivas que faltem. Poderá também servir para actualizar o modelo BIM virtual caso existam alterações ocorridas na obra devidas a intempéries, incidentes ou a má execução.

Outro desenvolvimento futuro na melhoria do uso de modelos BIM para melhorar a prevenção poderá ser a integração com dispositivos móveis que permitam um fluxo de informação em tempo real. Esta informação sobre os trabalhadores e sobre as tarefas poderá contribuir para uma avaliação integral da obra com possibilidade de intervenção atempada de modo a evitar acidentes.

Referências

- [1] K. Sulankiv, M. Kiviniemi, and T. Mäkelä. (2009, 03/05/2010). Building Information Model (BIM) promoting safety in the construction site process. SafetyBIM – research project 10/2007 – 2/2009. http://www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim_english.pdf, acedido em Setembro de 2016.
- [2] M. Kiviniemi, K. Sulankivi, K. Kahkonen, T. Makele, and M.-L. Merivirta, "BIM-based safety management and communication for building construction," VTT research notes, vol. 2597, 2011.
- [3] M. Yalcinkaya and V. Singh, "Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: A Latent Semantic Analysis," Automation in Construction, vol. 59, pp. 68-80, 11// 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.012>.
- [4] S. Jones, "Building a Safety Culture: Improving Safety and Health Management in the Construction Industry" Smart Market Report, Dodge Data and Analytics, Bedford, MA, USA, 2016.
- [5] Balfour Beatty, "Making BIM work for Balfour Beatty, Association for Project Safety, <https://www.aps.org.uk/sites/default/files/Balfour%20Beatty%20case%20study%20on%20BIM.pdf>, acedido em Setembro de 2016.
- [6] BIM360, "Autodesk BIM360", <http://bim360.com/>, acedido em Setembro de 2016.

- [7] Hourigan Construction, "3 Ways BIM Improves Safety in Construction", Blog, <http://www.houriganconstruction.com/hc-post/925/3-ways-bim-improves-safety-in-construction/>, acedido em Setembro de 2016.
- [8] S. Zhang, J. Teizer, J. Lee, C. Eastman, M. Venugopal, "Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules" *Automation in Construction*, vol. 29, pp. 183-195, May 2012. doi: 10.1016/j.autcon.2012.05.006.
- [9] S. Zhang, J. Lee, M. Venugopal, J. Teizer, C.M. Eastman, Integrating BIM and safety: an automated rule-based checking system for safety planning and simulation, Proceedings of CIB W099, Washington D.C., August 24–26, 2011.
- [10] B. Vasconcelos, "Modelo de Prevenção de Acidentes na Fase de Conceção" Tese de Doutoramento, Porto, Universidade do Porto, Portugal, 2013.
- [11] M. Behm, Linking construction fatalities to the design for construction safety concept, *Safety Science*, Volume 43, Issue 8, pp. 589–611, October 2005, doi: 10.1016/j.ssci.2005.04.002.