

IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS E PROPOSIÇÕES DE MELHORIA NA SEGURANÇA DO TRABALHO EM CANTEIRO DE OBRAS COM AUXÍLIO DO BIM

Risks identification and improvements proposals for occupational safety in construction sites with the use of BIM

Luara Lopes de Araujo Fernandes
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | luara.fernandes@gmail.com

Adriana Virgínia Santana Melo
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | adriana.melo@ufba.br

Emerson de Andrade Marques Ferreira
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | ferreira.eam@gmail.com

Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | dayanabcosta@ufba.br

RESUMO

O setor da construção ainda é líder em acidentes de trabalho no Brasil e no mundo e uma das formas de preveni-los é investir no planejamento da segurança no canteiro. Há um grande potencial de identificação e visualização dos problemas associados à segurança do trabalho em canteiros durante a fase de elaboração de projeto. O Building Information Modeling (BIM) pode auxiliar os gestores no planejamento de segurança e comunicação, antecipando possíveis riscos associados às atividades do canteiro e simulando melhorias no processo. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é identificar os riscos envolvidos nas atividades de transporte de formas de alumínio em obras de parede de concreto e propor melhorias, especialmente na fase de projeto, com o auxílio do BIM. A coleta de dados foi desenvolvida em um canteiro de obras do projeto Minha Casa Minha Vida na cidade de Camaçari, Bahia. Os modelos para simulação foram desenvolvidos nos softwares Revit e Navisworks. Como principais resultados do estudo, foram propostas alterações no projeto, que podem reduzir a densidade do fluxo de trabalhadores na movimentação das formas de alumínio, destacando a importância de inserir o planejamento da segurança do trabalho nas primeiras etapas de projeto.

Palavras-chave: Segurança; Riscos; Canteiros de obra; Simulação; BIM.

ABSTRACT

The construction industry is still the leader in work accidents in Brazil and around the world, and one of the ways to prevent them is to invest in safety planning at the construction site. There is a huge potential for identifying and visualizing the problems associated with occupational safety in construction sites during the initial design phase of the project. Building Information Modeling (BIM) can assist managers in safety planning and communication, anticipating possible risks associated to construction site activities and simulating improvements in the process. Therefore, this study aims is to identify the risks involved in the transportation of aluminum forms in cast in place concrete wall constructive process and propose improvements, especially in the design phase, with the assistance of BIM. The data collection was developed in a construction site of the "Minha Casa Minha Vida" program in the city of Camaçari, Bahia. The simulation models were developed in Revit and Navisworks software. As main results of the study, changes were proposed in the design, which can reduce the density of the flow of workers in the movement of aluminum forms, highlighting the importance of inserting the safety planning of the works in the first stages of design.

Keywords: Safety; Hazards; Construction sites; Simulation; BIM.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada uma das indústrias mais perigosas em todo o mundo (WU; FANG, 2012). Para Behm (2005), 42% das fatalidades ocorridas em canteiro de obra estão relacionadas ao projeto, indicando ausência de integração dos conceitos de prevenção e segurança de acidentes nas fases iniciais do projeto. Swuste et al (2012) aponta que três categorias de acidentes fatais estão ligadas a concepção do projeto, sendo elas: o subdimensionamento de estruturas, os riscos passíveis de redução e acidentes que poderiam ser prevenidos se os projetos tivessem outra disposição. Estudos sobre segurança na construção apontam que acidentes em canteiros poderiam ter sido evitados através da gestão de segurança adequada e consistente (PARK; KIM, 2013).

FERNANDES, L. L. A.; MELO, A. V. S.; FERREIRA, E. A. M.; COSTA, D. B. Identificação de riscos e proposições de melhoria na segurança do trabalho em canteiro de obras com auxílio do BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 2019, Campinas. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/204

Para Zhou et al (2012) são poucas as ferramentas que tratam das questões de segurança em canteiro através do projeto. O Building Information Modeling (BIM) pode ser um primeiro passo para o planejamento de segurança e comunicação, conectando problemas de segurança ao planejamento da construção (AZHAR et al, 2012). O BIM dá suporte na identificação dos riscos, na preparação do trabalho e ajuda a completar a tarefa com mais eficiência e segurança (MARTÍNEZ-AIRES et al., 2018). Os problemas de segurança podem ser identificados durante a fase de elaboração de projeto visando reduzir situações inseguras durante a construção (HONGLING et al., 2016). Desta forma, este trabalho tem como objetivo identificar os riscos envolvidos em atividades de transporte de formas de alumínio em obras de parede de concreto, bem como propor melhorias para mitigá-los, com o auxílio do BIM.

2 METODOLOGIA

A estratégia de pesquisa adotada para esse estudo foi a simulação. A coleta de dados foi realizada em um canteiro de obra do programa Minha Casa Minha Vida, no município de Camaçari, Bahia, Brasil. O sistema construtivo do empreendimento é parede de concreto, composto por 500 unidades de apartamentos distribuídos em 30 blocos, perfazendo uma área construída de 25.489,56 m² e 42.396,32 m² de área total. A pesquisa foi desenvolvida nos blocos 28 e 29 referentes a 3ª etapa do empreendimento (Figura 1).

Figura 1: Vista do canteiro e blocos 28 e 29 estudados.



Fonte: Autores.

A investigação empírica do fenômeno em seu contexto real (YIN, 2001) colaborou para identificação das proposições durante a fase de estudo do projeto. A pesquisa foi dividida em 6 etapas (Figura 2), sendo elas Revisão da Literatura (1), Planejamento da coleta de dados (2), Coleta de dados (3), Análise dos dados (4) e Elaboração das proposições de melhoria (5) e Elaboração do Modelo (6).

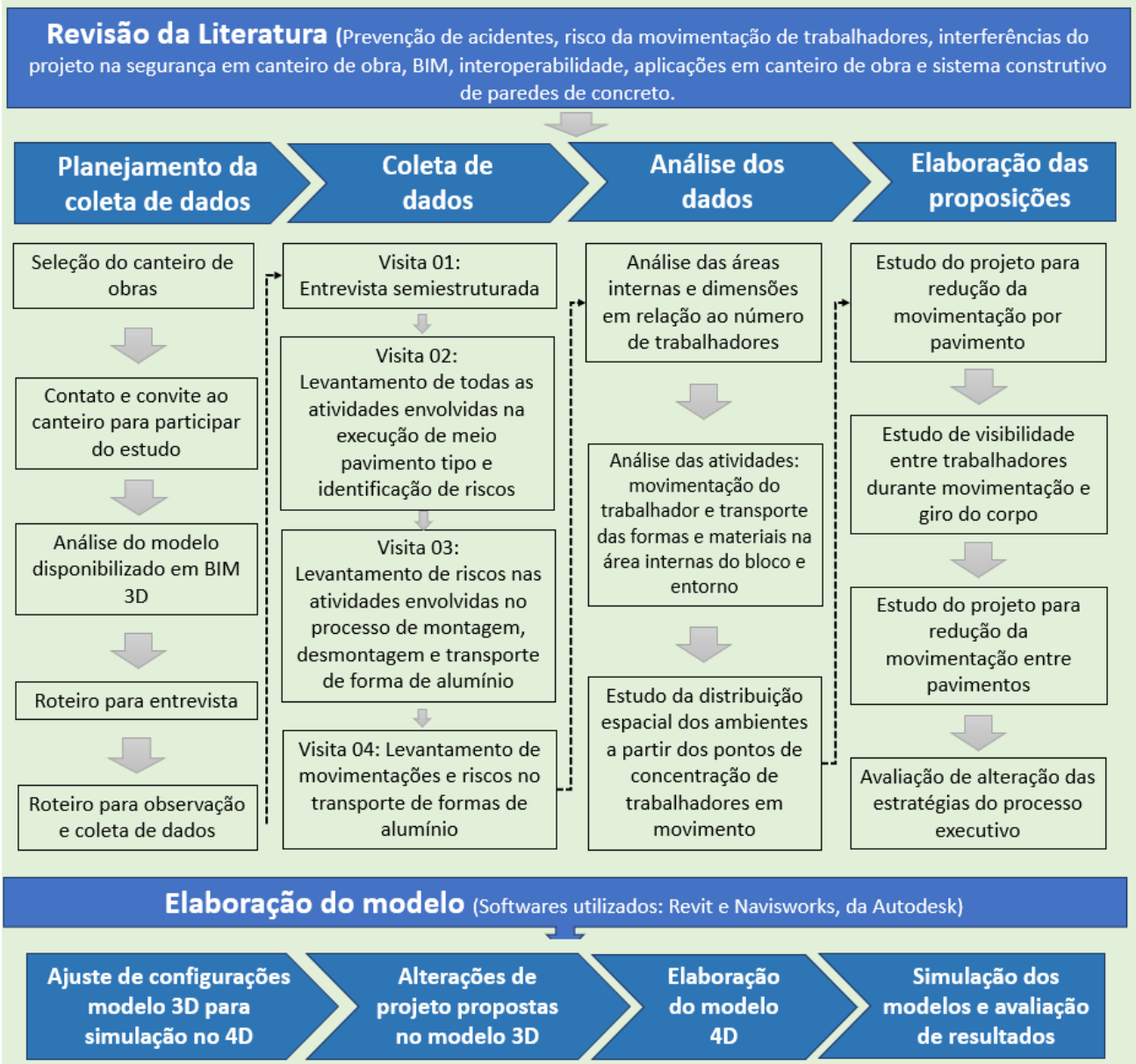
A revisão da literatura foi direcionada para prevenção de acidentes, segurança em canteiro de obra e para compreensão do sistema construtivo utilizado. O estudo do processo de montagem e desmontagem das formas foi escolhido em decorrência do destaque apresentado pelo ritmo industrial do sistema construtivo. Após a etapa de planejamento, foi iniciada a coleta de dados com a visita ao canteiro e entrevistas semiestruturadas para compreensão das rotinas de produção, do planejamento e procedimentos de prevenção de acidentes adotados. No total foram realizadas quatro visitas ao canteiro para coleta de dados, visando entender o processo de execução de meio pavimento tipo e posteriormente os processos de montagem e desmontagem das formas de alumínio.

Durante as atividades de campo se constatou ausência de pontos de observação seguros para os pesquisadores. Todas as atividades de produção foram registradas em vídeo na área interna e simultaneamente por câmera de lapso de tempo na área externa, permitindo a compreensão das rotinas das equipes de trabalho. As atividades de análise das imagens, estudos do modelo e proposições foram realizadas no laboratório da Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC).

Após a etapa de coleta de dados, foram realizadas análises e proposição de melhorias que considerou o emprego dos equipamentos e dispositivos constatados em canteiro. A partir dessa fase, iniciou-se a elaboração dos modelos, utilizando os softwares REVIT® e NavisWorks®. Como o modelo em 3D foi desenvolvido para outros estudos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa, o principal desafio foi ajustá-lo ao processo executivo verificado em canteiro de obra. O modelo 3D foi adaptado para análise das simulações

no mesmo pavimento, bem como entre níveis. Na etapa final do estudo, foi realizada a modelagem em 4D para simulação e análise das proposições. O delineamento do estudo está apresentado na Figura 2.

Figura 2: Delineamento do estudo



Fonte: Autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

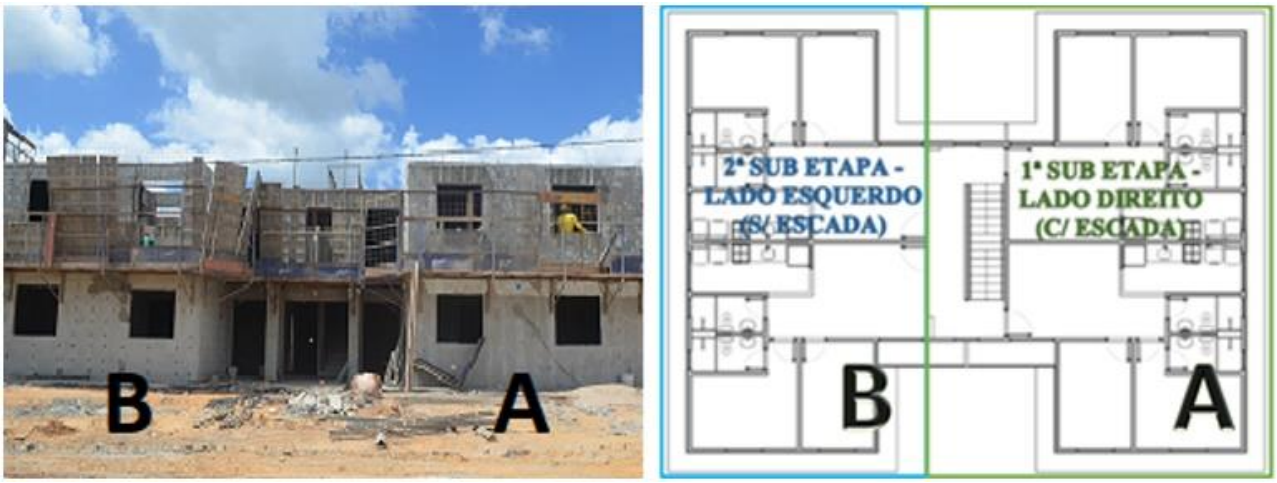
As análises desenvolvidas compreenderam a movimentação das equipes e o transporte horizontal e vertical envolvidos na montagem e desmontagem das formas.

3.1 Análise da etapa de montagem de formas na obra

O regime de trabalho da obra é denominado “tarefa definida” e prevê que as equipes de trabalho sejam dispensadas após conclusão da montagem da forma em meio pavimento tipo, desde que previamente inspecionadas e aprovadas pelo encarregado da produção. O gerente da obra afirmou durante a entrevista semiestruturada que a estratégia foi adotada em função da necessidade do baixo custo e da velocidade de produção que são particularidades do sistema construtivo de paredes de concreto, afirmou que o planejamento da segurança é feito em projeto executivo e sem recomendações para projetos futuros. Na desforma e montagem no mesmo pavimento (Fluxo de A para B – Figura 3) a atividade é realizada em tempo médio de 4 a 5 horas. Quando a atividade é realizada entre pavimentos, o tempo médio é de 6 horas.

O processo de desmontagem das formas é simultâneo em um dos lados do bloco. A equipe é formada por 22 trabalhadores, sendo 6 responsáveis pela montagem das bandejas de proteção e 16 pela montagem, desmontagem e transporte das formas. As formas são montadas em duas subetapas (Figura 3), com prévia aplicação de desmoldante. Duplas de trabalhadores são divididas por cômodo no apartamento, ficando no banheiro apenas um trabalhador. O processo de desforma acontece após 24 horas da concretagem, quando se obtém resistência mínima de 4 Mpa do concreto.

Figura 3: Pavimento tipo: subetapas executivas da parede de concreto.

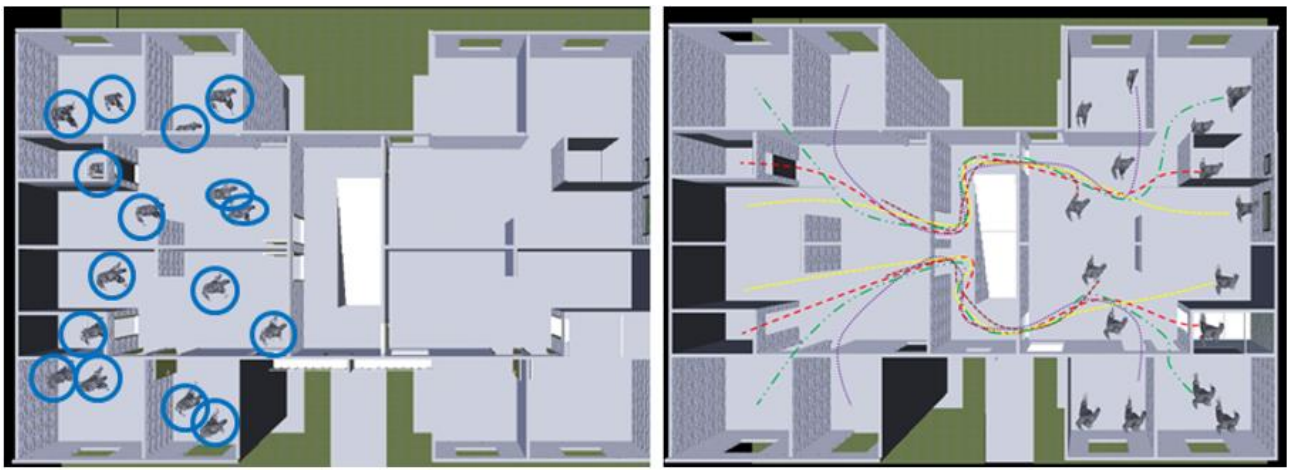


Fonte: Adaptado de Ribeiro (2018).

A forma é composta por placas e peças para intertravamento, visando evitar aberturas durante a concretagem. Durante a remoção, as travas são projetadas de forma aleatória. A projeção das travas em ambiente com mobilidade reduzida fragiliza as ações de prevenção de acidentes, pois os dispositivos de segurança utilizados podem não ser eficazes durante todo o tempo da atividade.

Um dos riscos no transporte das formas é o de choque entre trabalhadores, devido ao ritmo das atividades. Na simulação (Figura 4) se testou o deslocamento com e sem formas e nas duas situações as rotas horizontais indicavam necessidade de melhoria (cenário real). Na simulação com forma se optou pelo uso do lado direito do trabalhador, o que tornou a forma um obstáculo e trouxe redução do campo de visão.

Figura 4: Rotas simultâneas realizadas pelos 16 montadores para o transporte de formas do lado A para o lado B.



Fonte: Autores.

A redução de visibilidade também decorre do giro do corpo dos trabalhadores e da dimensão das formas. A mobilidade é minimizada pela disposição das formas removidas ainda não transportadas, reduzindo as áreas de circulação (Figura 5).

Figura 5: Trabalhadores em movimentação e formas armazenadas para remoção.



Fonte: Autores

O uso dos degraus da escada para apoio de recipientes com travas e ferramentas para transporte foi recorrente durante toda a observação (Figura 6). As simulações com pontos de armazenagem das formas e obstáculos nas escadas não chegaram a ser realizadas por se entender que estão relacionadas a adaptações inseridas na atividade pela existência de problemas na montagem e desmontagem.

Figura 6: Movimentação vertical.

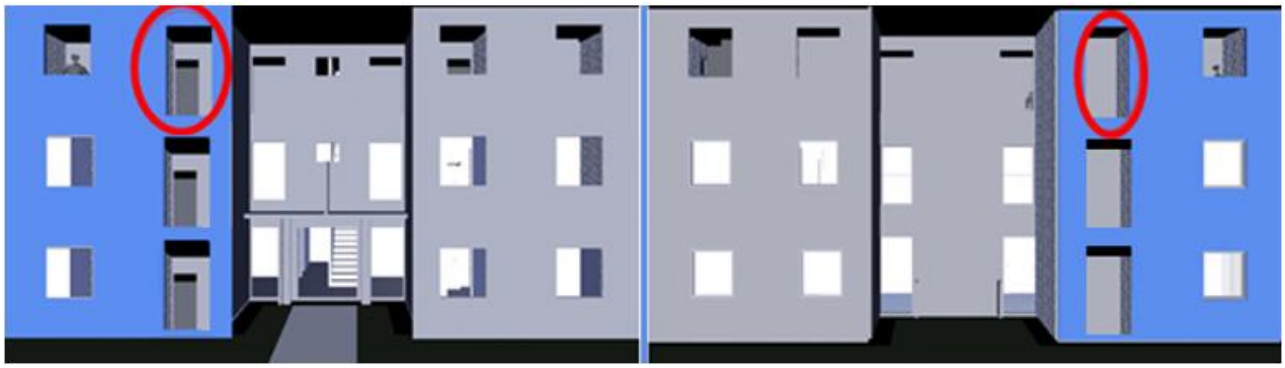


Fonte: Autores.

3.2 Proposição de melhorias para segurança dos trabalhadores

O objetivo desta etapa foi sugerir melhorias para a movimentação de trabalhadores, visando a segurança durante as atividades de execução das formas em projetos futuros. As sugestões para a fachada dos edifícios decorreram da simulação quando da inserção da representação dos trabalhadores, e ressaltadas pelo deslocamento junto ao corredor. Desse modo, propõe-se abertura em todos os andares (esquadria da janela) em formato de porta, para o transporte vertical das formas. Sugere-se também o fechamento posterior da janela com placa em concreto pré-fabricado de baixa densidade e com fixação cimentícia, sendo este um processo simplificado como objetivo de gerar menos impacto nos processos da obra. No lado externo propõe-se o uso de uma plataforma elevatória ou um caminhão plataforma. Desse modo, os operários retirariam as formas e as colocariam para serem transportadas mecanicamente. Essa abertura ocorreria nas fachadas anteriores e posteriores (Figura 7) do bloco, melhorando a movimentação de trabalhadores e transporte das formas.

Figura 7: Alteração na fachada anterior (esquerda) e posterior (direita).



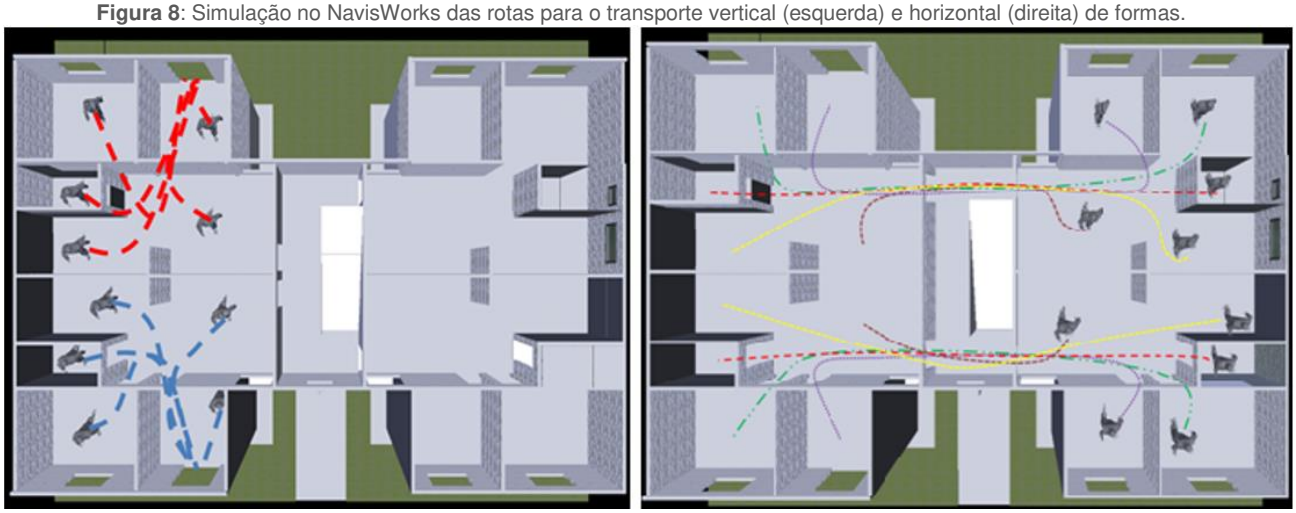
Fonte: Autores

O transporte horizontal até o equipamento deve ser realizado por carrinhos e as formas devem ser paletizadas, reduzindo a intensidade do fluxo. Pela abertura vertical das janelas também é possível transportar materiais de construção para as etapas executivas subsequentes com o mesmo dispositivo de elevação. As soluções apontadas devem ser visualizadas no desenvolvimento do projeto através da integração com as atividades de planejamento da segurança.

A simulação do transporte utilizando abertura na fachada indicou a necessidade de ordenamento das formas e retirada delas. Além disso, foi possível propor a redução da equipe de montagem, de 16 para 10 pessoas, desde que esteja ligada a rotina normal de trabalho (8h). Essa proposição altera o ritmo do processo de montagem das formas e torna o processo de transporte mais seguro, uma vez que na simulação se observou que a velocidade de deslocamento colabora com riscos de choque pela redução da visibilidade.

A melhoria da visibilidade foi possível de ser sugerida após a simulação do deslocamento a partir do trajeto dos trabalhadores e a sugestão foi o reposicionamento das portas de entrada do apartamento. Na simulação vertical e horizontal (Figura 8) é possível indicar a redução de risco pela melhoria da visibilidade do trajeto, evidenciado pelo menor giro de corpo do trabalhador.

Figura 8: Simulação no NavisWorks das rotas para o transporte vertical (esquerda) e horizontal (direita) de formas.



Fonte: Autores.

4 CONCLUSÃO

O estudo propôs o uso da modelagem BIM para análise da movimentação de operários e transporte de formas visando a redução de riscos em canteiro de obra com uso da simulação. As proposições realizadas nesse estudo não poderiam ser aplicadas nessa obra, uma vez que as sugestões estão restritas a fase de desenvolvimento de projeto e planejamento das etapas executivas. As simulações dos ajustes ao projeto gráfico do empreendimento apresentaram tendência de melhoria a redução do fluxo de movimentação de trabalhadores e transporte de materiais. A partir desse estudo, sugere-se a validação em estudo piloto das melhorias propostas. Ainda se recomenda que projetos de arquitetura com repetição executiva devam ser simulados para observação das condições desfavoráveis a segurança e redução dos riscos ao trabalhador.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica da Bahia pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

AZHAR, S.; BEHRINGER, A.; SATTINENI, A.; MAQSOOD, T. BIM for facilitating construction safety planning and management at jobsites. Proceedings of the CIB W099 International Conference on Modeling and Building Health and Safety, Singapore, 2012. **Proceedings…** Singapore: CIBW099, 2012.

BEHM, M. 2005. Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. **Safety Science**, Elselvier, 43:589-611, 2005.

HONGLING G., YANTAO Y., WEISHENG Z., YAN, l. BIM and safety rules based automated identification of un safe design factors in construction. **Procedia Engineering**, 164: 467-472, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.646

MARTÍNEZ-AIRES, M., LÓPEZ-ALONSO, M., MARTÍNEZ-ROJAS, M. Building information modeling and safety management: a systematic review. **Safety science**, Elsevier, 101, pp. 11-18, 2018.

PARK, C. S.; KIM, H.J. A framework for construction safety management and visualization system. **Automation in Construction** 33, 95–103, 2013.

SWUSTE, P.H.J.J.; FRITERS, A.; GULDENMUND, FW. Is it possible to influence safety in the building sector? A literature review extending from 1980 until the present. **Safety Science**, Elselvier, 50(5): 1333-1343, 2012.

WU, H. FANG, D. Safety culture in construction projects, Proceeding ofthe CIB W099 International Conference on Modeling and Building Health and Safety, Singapore, 2012. **Proceedings…** Singapore: CIBW099, 2012.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZHOU, Z. P.; LI, Q. M.; WU, W. W. Developing a versatile subway construction incident database for safety management. **Journal of Construction Engineering and Management** 138(10): 1169–1180, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000518