

## **PROJECTO ERASMUS SOBRE SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO COM RECURSO A BIM E A FERRAMENTAS DIGITAIS DE SIMULAÇÃO**

**Alfredo Soeiro<sup>(1)</sup>, João Poças Martins<sup>(1)</sup>, Adeeb Sidani<sup>(1)</sup>**

(1) Universidade do Porto – FEUP – DEC – Construct, Porto

### **Resumo**

Os estaleiros das obras são ambientes dinâmicos e complexos, o que dificulta a realização de tarefas de controlo e de monitorização da segurança e da prevenção de acidentes de trabalho. As dificuldades a considerar na prevenção de riscos profissionais são especialmente significativas devido à falta de formação dos operários. Todos os estaleiros são diferentes, pelo que se torna necessário formar técnicos, trabalhadores e engenheiros para os riscos específicos e potenciais que podem surgir em cada tarefa ou em cada estaleiro. O projecto CSETIR surge da sinergia entre instituições de ensino superior e empresas de construção para implementar o uso de tecnologias digitais na formação de operários e de técnicos. As ferramentas digitais propostas simulam cenários de construção que permitem a identificação e a prevenção de riscos para operários, técnicos e engenheiros. O projecto CSETIR pretende gerar abordagens inovadoras na prevenção de acidentes de trabalho através da colaboração efetiva entre os investigadores na área da Realidade Virtual (RV) e as empresas de construção. Serão desenvolvidas soluções de Realidade Virtual e Realidade Aumentada (RA) baseadas em modelos BIM para prevenir acidentes e formar trabalhadores. O projeto visa ainda oferecer sessões de formação online, fornecendo acesso a material interativo e a recursos formativos. As ferramentas a desenvolver incluem aplicações para dispositivos móveis envolvendo ambientes de RV e modelos BIM de acordo com as necessidades de formação.

### **1. Introdução**

A maioria dos acidentes de trabalho que ocorrem nos estaleiros de obras devem-se a falhas humanas [1]. O acompanhamento e as decisões individuais dos intervenientes nas obras são propensos a erros devido a cenários pouco claros, falta de certeza na análise riscos, sensibilização sobre prevenção e desconhecimento da gravidade dos acidentes possíveis. Como resultado, os ferimentos graves e as mortes na construção ocorrem com frequência inaceitável no século XXI. As teorias de análise de acidentes de trabalho indicam que o erro humano prevalece nas causas de acidentes sobre falhas mecânicas ou outras causas externas.

De acordo com a OSHA-EU em 2015 cerca de 21% dos trabalhadores mortos em acidentes de trabalho eram da indústria da construção na União Europeia. Da análise das causas de acidentes verifica-se que os primeiros dois meses de trabalho de um operário têm cerca de três vezes um risco de acidentes do que os trabalhadores que trabalham há mais de um ano [2]. Este desconhecimento, quer da obra quer dos riscos associados às tarefas, originam atuações menos seguras para os próprios e para os outros operários. Nestes casos a formação atempada dos operários pode ajudar a prevenir acidentes bem como com os operários mais experientes que abordam tarefas desconhecidas.

Os acidentes de trabalho na construção provocam danos de vária ordem como redução da produtividade da obra, atrasos na obra, danos no equipamento, aumento de seguros, despesas médicas, despesas de reabilitação, moral dos operários e prejuízo na imagem da empresa. Além de ser inadmissível que haja acidentes fatais no século XXI na construção estas consequências devem ser motivação suficiente para formar para prevenir acidentes na construção.

De um modo geral as medidas de prevenção de acidentes nas obras não têm sido eficazes e as taxas de incidência continuam altas. Nalgumas obras a formação é feita com todos os envolvidos nas tarefas em obras de construção, mas a maior parte dos operários não tem acesso a formação adequada [3]. Também se verifica que os técnicos com responsabilidades de gestão das obras apresentam deficiências na formação e preparação para gerir os riscos de acidentes nas obras. Por estas razões o projeto CSETIR surge na necessidade de providenciar formação adequada a todos os intervenientes nas obras de acordo com as responsabilidades e com as necessidades de formação.

## **2. Análise de Necessidades**

O começo do projeto consiste em identificar o estado da arte da investigação e das iniciativas existentes nesta área da construção e nas áreas relacionadas. Pretende-se uma recolha que inclua informação sobre as contribuições possíveis para os métodos a usar no projeto que tenham abordado a prevenção de acidentes na construção usando ferramentas digitais. Esta recolha sistemática é composta de duas partes: a primeira a descrição da investigação ou do caso de estudo e a segunda as possibilidades de ser usada durante o projecto CSETIR na formação.

Esta recolha de experiências permite considerar as opções em termos de estratégias e de soluções. A fase de análise é indispensável para que se aprenda com o que já foi feito, em termos de equipamentos e de desempenhos, que se explore as abordagens mais promissoras e que se evite repetir erros ou perdas de tempo com ferramentas ou com contextos que não ajudem a obter os métodos necessários para atingir os objetivos do projeto. Espera-se que os resultados desta fase de análise resultem numa maior eficácia nas etapas de desenvolvimento e de teste, permitindo aproveitar bases desenvolvidas por terceiros, com evidentes economias de esforço. Nesta investigação pretende-se identificar estratégias usadas neste sector, registar e analisar as soluções encontradas, verificar tecnologias e equipamentos empregues e estudar os métodos de formação para todos os níveis de qualificação dos intervenientes nos estaleiros de obras. Estes objetivos serão obtidos através de pesquisa bibliográfica empregando as técnicas digitais disponíveis.

Uma outra componente desta fase consiste em determinar as competências necessárias para a prevenção de acidentes de trabalho na construção por parte de todos os intervenientes nas obras como operários, técnicos, engenheiros, alunos e gestores de segurança. Este quadro de

qualificação, com base nas competências necessárias na prevenção, de acidentes na construção será estruturado de acordo com o quadro Europeu de qualificações. As competências serão distribuídas pelos níveis desse quadro com alinhamento em termos de conhecimento, capacidades e atitudes.

A definição das necessidades de competências será obtida através de pesquisa bibliográfica e de diálogo com associações representativas do sector. As associações a consultar serão as das empresas de construção, dos coordenadores de segurança na construção, dos operários da construção e das instituições de ensino superior nas áreas da engenharia civil. Este diálogo será também utilizado na fase de validação e de consolidação dos métodos e das ferramentas propostos.

Nesta fase será também iniciada a plataforma digital do projecto CSETIR de modo a permitir a troca de informação dum modo aberto e colaborativo. Pretende-se que se obtenha contribuições por aqueles intervenientes interessados dum modo voluntário de modo a que a obtenção de documentos relevantes seja o mais completa possível, que a disseminação de resultados atinja o maior número possível de beneficiários e que os métodos e técnicas escolhidos sejam utilizados pelo maior número de interessados. Serão também usadas outras ferramentas de comunicação como Wiki e Youtube para aumentar o espectro de audiência de contribuidores e de utilizadores.

Esta definição de necessidades poderá incluir aquelas relacionadas com a certificação de todos os envolvidos na segurança na construção como os coordenadores de segurança na construção, os técnicos nos estaleiros com responsabilidades na prevenção de acidentes de trabalho na construção e os operários em geral. De facto, estes intervenientes têm responsabilidades civis e criminais e poderão beneficiar deste reconhecimento de competências sendo em alguns casos condição essencial para poder exercer na área da prevenção de acidentes de trabalho na construção. As ferramentas digitais usadas para formar e treinar podem ser usadas também na avaliação da aquisição das competências.

### **3. Metodologia**

Os métodos escolhidos para a obtenção dos resultados propostos consistem em utilizar técnicas e ferramentas existentes sem pretender desenvolver ferramentas específicas. O valor acrescido do projecto CSETIR é obtido através da conjugação de experiências já ensaiadas com o alinhamento com as técnicas de formação baseada em ambientes virtuais e nos modelos BIM. Este alinhamento visa cumprir com as exigências dos diversos intervenientes na prevenção de acidentes de trabalho na construção em termos de competências e de qualificação.

A ideia principal é a de criar uma modelação inteligente dos estaleiros de construção baseada na alocação de modelos BIM [4]. Pretende-se simular os cenários possíveis na execução de cada obra de modo a poder visualizar as fases diferentes da construção de modo a observar e a encontrar os riscos a ter em conta por todos os intervenientes. Esta visualização poderá ser para cada uma obra específica de modo a preparar adequadamente a prevenção de acidentes de trabalho na construção. A simulação poderá servir também para treinar e formar qualquer interveniente na construção usando cenários como exemplo ou como testes para avaliação de competências.

A abordagem adotada para a formação consiste na criação duma base de dados com modelos digitais de vários tipos de obras implicando diversos tipos de riscos o que permitirá a formação

e treino dos vários intervenientes de acordo com os níveis de qualificação e as competências adequadas com as responsabilidades. Os riscos constantes nesta base de dados incluem os resultantes das tecnologias e métodos empregues, dos equipamentos utilizados e os resultantes de comportamento inseguro pelos operários [5]. Esta base de dados será constituída através de contribuições de casos de estudo reais e de simulações de acordo com os objetivos da formação e do treino.

O desenvolvimento dos ambientes virtuais depende dos equipamentos de visualização escolhidos de acordo com a análise das necessidades. A realidade virtual ou aumentada será utilizada de acordo com as especificidades da formação e do treino de modo a permitir diversos tipos de equipamento ou dos ambientes a recriar. Alguns equipamentos de ambiente virtual são caros, outros são difíceis de usar num estaleiro e outros são de utilização sofisticada. Por isso, o projecto CSETIR pretende propor soluções que sejam passíveis de utilização em vários cenários e com aplicabilidade em empresas de dimensão variável [6]. Também será tido em conta a preparação digital dos participantes nestas formações de modo a obter formações eficazes e simples de usar.

Está prevista a utilização de dispositivos móveis de modo a poderem ser usados em ambientes de obra pelos operários ou pelos técnicos de segurança. Eventualmente será necessário desenvolver aplicações próprias para serem usadas de acordo com os objetivos do projeto e com as características dos utilizadores. Tendo em atenção que algumas experiências utilizadas na área da visualização virtual exigem grandes capacidades computacionais por parte dos equipamentos usados a parceria tentará estabelecer um equilíbrio entre os objetivos e as capacidades disponíveis [7].

Uma outra preocupação do projeto é a qualidade dos produtos e das abordagens. Durante o projecto CSETIR pretende usar-se um plano de qualidade que tente assegurar que os produtos e as abordagens apresentam qualidade requerida pela responsabilidade de treinar e de formar pessoas numa área que implica com a segurança de terceiros e de bens. Os resultados do projeto serão testados por associações representativas da segurança na construção de modo a afinar os métodos e a garantir aceitação pelos envolvidos na prevenção de acidentes de trabalho na construção.

As simulações destinadas a uma obra específica serão preparadas como um caso único dada a singularidade de cada estaleiro e de cada obra. Baseadas na modelação em BIM as simulações terão associadas a cada tarefa a executar a lista de riscos identificados e classificados anteriormente. No caso de serem tarefas inovadoras os técnicos de segurança terão de providenciar a análise da tarefa e indicar os riscos juntamente com a probabilidade estimada e a gravidade possível. Estes casos permitirão construir a base de dados que poderá ser usada na formação e treino dos interessados.

#### **4. Resultados**

Os resultados esperados são sobretudo três: uma base de dados com informação sobre riscos e medidas preventivas para vários casos de estudo, manuais e guias para facilitar o uso das ferramentas digitais disponíveis e as ferramentas desenvolvidas pela parceria do CSETIR para serem usados por todos interessados [8]. Apresenta-se na Figura 3 um diagrama com as principais tarefas (WT) e resultados (IO) previstos. É provável que com o desenrolar do projeto existam outros resultados como consequência da implementação do projeto.

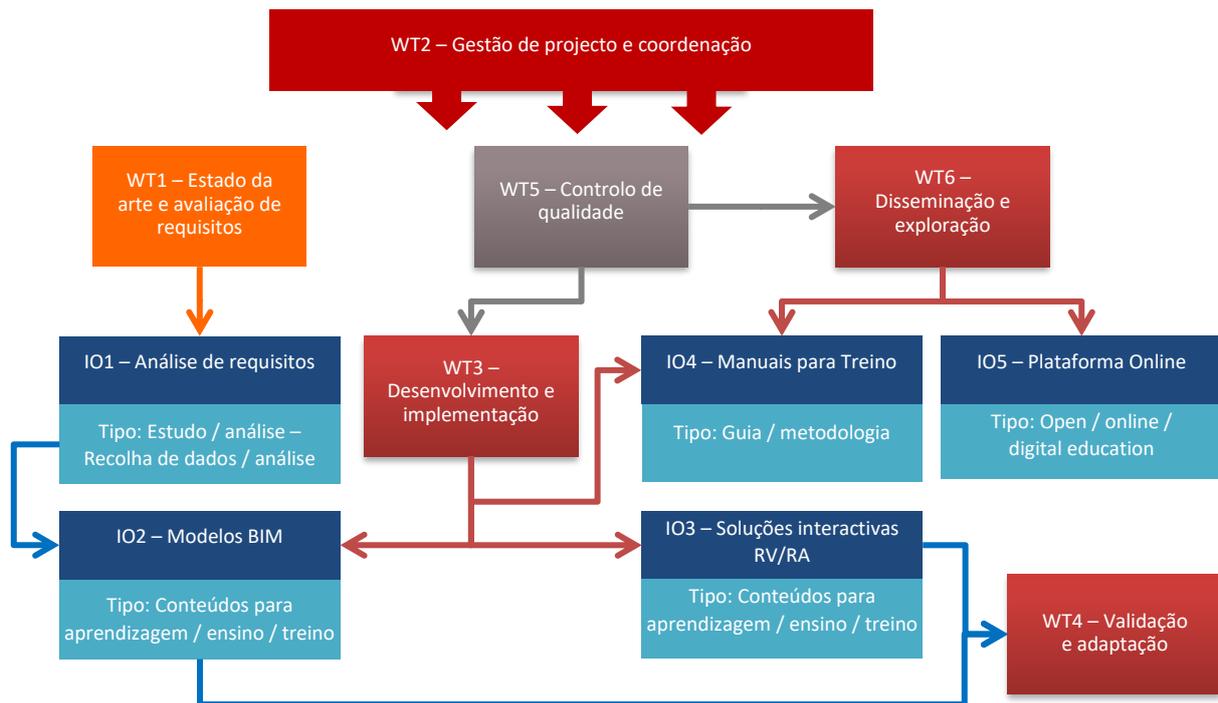


Figura 3 –Tarefas (WT) e Resultados (IO) previstos.

A base de dados, colocada na plataforma digital do projeto, será constituída por casos de estudo desenvolvidos para a implementação do projeto como a ensaio, validação ou formação. Este conjunto será documentado de modo a que as condicionantes relevantes sejam expostas e possam contribuir para desenvolvimentos futuros por terceiros. O outro conjunto de elementos da base de dados na plataforma digital será constituído pelos casos reais por aqueles que queiram usar as ferramentas digitais a disponibilizar pelo projeto.

A formação e o treino constituem um dos resultados que poderá provocar um impacto relevante na diminuição de acidentes na construção. Ao providenciar formação específica e eficaz a todos que a queiram ter o projeto poderá contribuir significativamente para a melhoria e para o bem-estar dos intervenientes na construção. Estas ferramentas poderão ser usadas em seminários e em aulas para formação e treino de acordo com as necessidades em termos de competências e de qualificação [9].

O terceiro resultado que poderá ajudar a melhorar a segurança na construção e ser usado noutras áreas da segurança em geral será o dos métodos e das ferramentas digitais usadas no projeto. Estas ferramentas e métodos serão escolhidos com base no estado da arte desenvolvido na primeira fase do projeto e nas inovações que poderão surgir durante o decorrer do CSETIR. A plataforma digital irá incluir as contribuições inovadoras de modo a que a eficácia e a eficiência sejam as mais altas possíveis.

## 5. Comentários Finais

O projecto CSETIR é um projecto internacional que inclui instituições do ensino superior e empresas de construção [10]. Esta colaboração, alargada a outros parceiros sociais na área da construção, permitirá a colaboração e a participação de intervenientes relevantes na formação

na área da prevenção de acidentes de trabalho na construção e na implementação da melhoria da qualificação dos interessados em evitar acidentes na construção. Atualmente as empresas de construção, as agências reguladoras e os organismos oficiais têm regulamentos próprios, diretrizes de segurança de construção únicas, técnicas de construção diversas, culturas de construção peculiares e formação de técnicos de acordo com os contextos locais. Esta diversidade poderá ser com as simulações, garantindo um treino e formação independente das características locais e permitindo possibilidades de adaptação aos cenários reais.

As ferramentas digitais a desenvolver e utilizar serão interativas de modo a abordar a diversidade de estaleiros e de situações de modo a fornecer as respostas adequadas. Isso permitirá que os interessados na prevenção de acidentes de trabalho na construção possam implementar as estratégias necessárias para lidar com as políticas regionais, as idiossincrasias da construção e as diretrizes de segurança na construção. O repositório dos casos de estudo obtidos com a aplicação das ferramentas facilitará a adaptação aos cenários e às situações diferentes. A cooperação Europeia poderá fortalecer a colaboração e a cooperação entre as empresas, as organizações de formação e os estudantes, os trabalhadores, os engenheiros e os técnicos usando os casos de estudo e os exemplos partilhados. Um dos valores acrescidos das atividades de formação será a possibilidade de participantes com origens diferentes estarem em contato uns com os outros e partilharem a plataforma digital. Dado que os materiais e métodos serão digitais, espera-se que o acesso de todos os interessados seja fácil e barato.

As configurações diferentes dos materiais e métodos de formação serão testadas de modo a enriquecer o repositório virtual que pode ser acedido por qualquer participante interessado. A combinação da realidade virtual com BIM pode permitir que sejam comparadas soluções obtidas de cenários diferentes.

A validação dos resultados também será feita com a participação de organizações representativas na área da formação em segurança da construção (e.g. AECEF) e na área de profissionais de segurança na construção (e.g. ISHCCO). A relevância da participação destes profissionais para os resultados previstos do projecto é um factor que o consórcio reconhece. Assim, os contactos com as associações profissionais referidas foram estabelecidos desde a fase de concepção do projecto de modo a garantir uma participação substancial.

O envolvimento, o ensaio, a calibração e a aceitação pelas partes interessadas relevantes para a diminuição de acidentes de trabalho na construção são etapas que são desafios e que podem comprometer o sucesso do projecto CSETIR. Espera-se que o projeto CSETIR forneça ferramentas eficientes e eficazes para serem usadas pelos interessados de modo a reduzir acidentes nos estaleiros das obras e a progredir para uma Visão Zero (de acidentes) a ser transformada em realidade.

## Referências

- [1] Abdelhamid TS, Everett, JG (2000) Identifying Root Causes of Construction Accidents. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 126, issue 1, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2000\)126:1\(52\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2000)126:1(52))
- [2] Soeiro A, Vasconcelos B, Barkokebas A, Prevention guide for designers based on analysis of about 2000 accidents (2014). *Proceedings for the CIB W099 Achieving Sustainable Construction Health and Safety*, Aulin, Radhlinah (Editor), ISBN 978-91-7623-005-3

- [3] Vasconcelos B (2013) Segurança no trabalho na construção: modelo de gestão da prevenção de acidentes para a fase de concepção. Tese de doutoramento PRODEC da Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil
- [4] Antwi-Afari MF, Li H, Pärn EA, Edwards DJ (2018) Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review. *Automation in Construction*. 91:100–110
- [5] Bae H, Golparvar-Fard M, White J (2013) High-precision vision-based mobile augmented reality system for context-aware architectural, engineering, construction and facility management (AEC/FM) applications. *Vis Eng* 1:3. doi: 10.1186/2213-7459-1-3
- [6] Sidani A, Dinis F, Sanhudo L, Duarte J, Calvetti D, Poças Martins J, Soeiro A (2019) Impact of BIM-based augmented reality interfaces on construction projects: protocol for a systematic review. *International Journal Occupational Environment and Safety* 3:38–45. doi: 10.24840/2184-0954\_003.002\_0006
- [7] Park C-S, Kim H-J (2013) A framework for construction safety management and visualization system. *Automation in Construction* 33:95–103. doi: 10.1016/J.AUTCON.2012.09.012
- [8] Gheisari M, Foroughi Sabzevar M, Chen P, Irizzary J (2016) Integrating BIM and Panorama to Create a Semi-Augmented-Reality Experience of a Construction Site. *International Journal of Construction Education Research* 12:303–316. doi: 10.1080/15578771.2016.1240117
- [9] Zaher M, Greenwood D, Marzouk M (2018) Mobile augmented reality applications for construction projects. *Construction Innovation* 18:152–166
- [10] Soeiro, A., J. Poças Martins, I. Zavrski, N. Theodossiou, P. Meszaros and A. Sidani (2020). CSETIR—Construction Safety with Education and Training Using Immersive Reality. *Occupational and Environmental Safety and Health II*. P. M. Arezes, J. S. Baptista, M. P. Barroso et al. Cham, Springer International Publishing: 51-58. doi: 10.1007/978-3-030-41486-3\_6