

# Lições aprendidas sobre o uso de BIM na fase de construção da extensão da Linha Amarela do Metro do Porto – A perspetiva do empreiteiro

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.164.43>

**Soraia Pereira<sup>1</sup>, Manuel Tender<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *BIMMS Management, Porto-Portugal*

<sup>2</sup> *Digital4OSH / ISLA – Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia, Escola Superior de Tecnologia / ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto-Portugal, ORCID 0000-0002-3494-294X*

## Resumo

O BIM está a conduzir a uma mudança relevante nas abordagens tradicionais e a ganhar espaço na fase de obra na área de gestão da construção. Vários autores têm apelado a mais estudos de caso para identificar soluções práticas que possam auxiliar as organizações. O estudo de caso diz respeito à fase de construção de um projeto de infraestruturas ferroviária em Portugal – a expansão da Linha Amarela do Metro do Porto. A obra envolveu a construção de via dupla de 3,15km incluindo um viaduto, três estações, um túnel com 770 metros de extensão e o restante em cut & cover, à superfície. Este artigo irá descrever lições aprendidas, do ponto de vista do Empreiteiro, com a utilização do BIM neste projeto. Conclui-se, através das lições aprendidas neste empreendimento, que o uso do BIM permitiu uma gestão, coordenação e colaboração mais ágil entre os setores de projeto, planeamento, preparação e execução de obra, uma otimização de diversas tarefas, redução do risco de construção, ganhos de qualidade e de produtividade por economia de custos e sustentabilidade a longo prazo podendo fornecer assim informações valiosas para a indústria da construção em geral.

## 1. Introdução

### 1.1. BIM

Embora as abordagens atuais que utilizam o BIM pareçam estar baseadas em exemplos maioritariamente teóricos, vários estudos mencionam a necessidade de, para melhorar a aplicabilidade prática, otimizar as aproximações tradicionais e via BIM [1], aumentar a sua divulgação no setor [2] e maximizar o foco na interpretação de fraquezas e ameaças [3]. Segundo a literatura, a implementação do BIM enfrenta frequentemente diferentes barreiras, podendo estas dificultar o seu uso em casos práticos: não exigência pelo cliente designadamente por desconhecimento [2]; resistência cultural, relutância e aversão à mudança; falta de conhecimento do Retorno do Investimento designadamente pelo impacto do elevado investimento realizado e aos consequentes níveis reduzidos de produtividade nas fases iniciais de adoção [4].

### 1.2. Lições aprendidas

Uma lição aprendida, seja um sucesso ou fracasso, deve: ter um impacto real ou presumido nas operações; ser factual e tecnicamente correta; ser aplicável na medida em que identifica uma escolha específica que reduz o potencial de falhas ou ameaças, ou reforça um resultado positivo ou oportunidade. Captar, compilar e interpretar lições aprendidas permite identificar, recolher, e partilhar exemplos baseados em metodologias já validadas; explica as razões do sucesso e dos fracassos para evitar que, aprendendo com erros do passado, erros semelhantes se repitam; promove a aprendizagem mútua e o intercâmbio de melhores práticas. No entanto, as lições aprendidas na construção ainda não são partilhadas de forma estruturada e tais lições geralmente ficam “retidas nos registos dos projetos e na memória dos seus intervenientes, o que dificulta a sua acessibilidade e partilha [5]. Isto ocorre geralmente pela inexistência de procedimentos para a recolha de lições aprendidas; pela pressão de prazos com curtos prazos entre o fim de um projeto e o início do projeto seguinte. Diversos autores têm explorado a necessidade de obter mais lições aprendidas: “é necessário mais lições aprendidas com casos práticos para colmatar a lacuna entre a teoria e os benefícios obtidos pela indústria” [6], é necessário explorar as vantagens identificadas para validar a sua validade teórica através de estudos de caso adequados [7]. Alguns países, como o Reino Unido tem investido na gestão de lições aprendidas em projetos complexos (p.e. *Crossrail* e *Thames Tideway Tunnel*) dando assim o exemplo de como gerir o legado dos projetos [3].

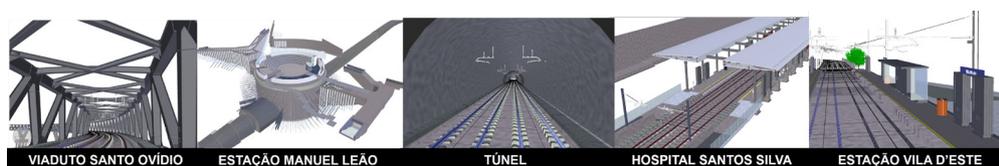
## 2. Metodologia

### 2.1. Metodologia de investigação

O processo de captação das lições aprendidas baseou-se na observação direta, pelos autores, no empreendimento propriamente dito.

## 2.2. Caso de estudo

O caso de estudo apresentado é o Prolongamento a Vila d'Este da Linha D – Linha Amarela (doravante designado por ELA), promovido pela Metro do Porto (Mdp). O projeto com via de 3,15 km em ambas as direções, estenderá a linha desde Santo Ovídio até Vila D'Este. A obra foi adjudicada ao Agrupamento Complementar de Empresas (ACE) Ferroviária / Alberto Couto Alves, pelo valor de 98.970.215,00€. Incluiu a construção de três novas Estações: Manuel Leão, Hospital Santos Silva e Vila d' Este – e um túnel com 771,1 metros. A ligação entre a linha existente e a nova inicia-se no novo Viaduto Santo Ovídio, passando por um túnel até à única estação subterrânea: Manuel Leão, onde a linha prossegue em túnel, com um acesso de emergência e um poço de ventilação (PVE), até chegar novamente à superfície na estação do Hospital Santos Silva, onde continua em trincheira, ramificando em direção ao Parque de Material e Oficina e a um trajeto à superfície que leva até à estação final Vila d'Este (Figura 1).



**Figura 1**  
Modelos BIM Extensão  
Linha Amarela.

A seleção deste empreendimento como caso de estudo deveu-se ao facto de: 1) ser um dos mais recentes exemplos na implementação do BIM em infraestruturas ferroviárias; 2) o empreendimento ganhou reconhecimento por adotar práticas exemplares na gestão de obras; 3) o projeto ofereceu oportunidades únicas de desenvolvimento e aprendizagem para as equipas envolvidas, devido à sua complexidade e desafios de colaboração.

## 2.3. Implementação BIM

A utilização do BIM tem vindo a desempenhar um papel essencial ao longo da cadeia de valor do sector da construção, o que contribui para aumento da produtividade e melhoria da competitividade das empresas. Alinhada com a visão estratégica nacional da digitalização na construção a Mdp, posicionando-se nas entidades públicas pioneiras a nível nacional a adotar a metodologia BIM, incluiu o BIM nas cláusulas técnicas do Caderno de Encargos com o objetivo de: “auxiliar todos os intervenientes na empreitada na definição de métodos construtivos, avaliação de custos, controlo de prazos de execução e visando também a minimização dos problemas de execução da obra”, aos usos que serão descritos ao longo do artigo. Para tal, a Mdp forneceu ao ACE modelos em LOD3, conforme a PAS 1192-2 “em elementos detalhados para execução e fabricação” e esclarecimentos adicionais que melhoraram a compreensão dos objetivos e necessidades do projeto. O ACE formou uma equipa BIM, com o objetivo de atender aos requisitos contratuais, liderada por um

Gestor do Departamento BIM responsável por diversas tarefas, incluindo a definição e atualização do PEB, coordenar informação e controle de RFIs. A restante equipa foi composta por técnicos e engenheiros subcontratados especializados em BIM e supervisionados pelo Coordenador BIM. O departamento BIM foi incorporado na Área Técnica, onde desempenhou também funções na preparação técnica e auxílio nas medições, dando apoio à Produção e a outros intervenientes como a topografia, subempreiteiros, fornecedores de equipamentos e planeamento.

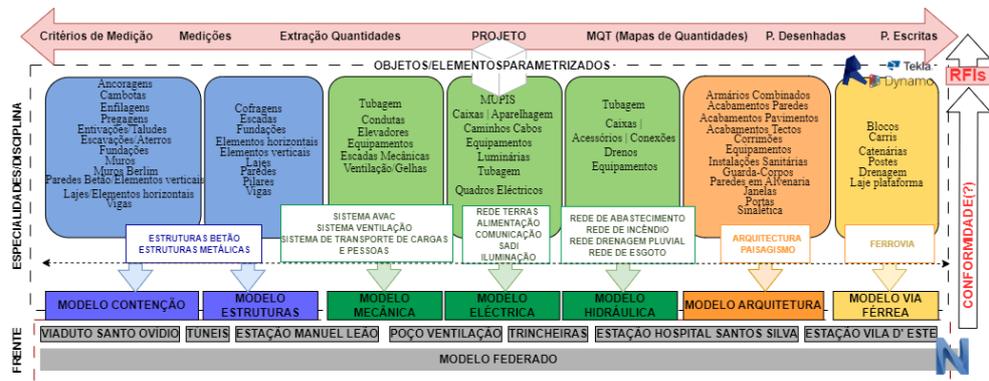
2.3.1. Ferramentas BIM

O Plano de Execução BIM (PEB) foi criado pelo ACE com base nos requisitos previstos no Caderno de Encargos e que previam procedimentos, responsabilidades, níveis de desenvolvimento (LOD), sistemas de classificação e de coordenadas, tipos de software, especificações e divisão dos modelos, bem como a plataforma colaborativa. No tocante ao Ambiente Comum de Dados, *Common Data Environment* (CDE) utilizado foi o *Procore*, plataforma de gestão amplamente utilizada na indústria da construção, que funciona como um sistema de nuvem, acessível à documentação de Projeto em qualquer lugar.

2.3.2. Modelos BIM de Projeto

Na fase inicial do projeto, adaptaram-se os modelos fornecidos pela MdP aos objetivos e usos pretendidos, implementando padrões de informação, como nomenclaturas e parâmetros compartilhados, que enriqueceram os objetos com dados essenciais, incluindo código articulado, materiais e custos/preços, entre outros, garantindo a conformidade geométrica com os critérios de medição. *Templates* foram desenvolvidos para otimizar processos, padronizando vistas, e filtros para organizar e visualizar informações específicas. Fez-se uma análise detalhada para validação da atinência dos modelos contratuais ao projeto de consignação, procedendo à correção das discrepâncias, seja por elementos em falta ou incorretos. Os modelos foram divididos por especialidades e frente de trabalho (Figura 2) utilizando-se *Autodesk Revit* para a modelação geral e *TEKLA* para estruturas metálicas, com a integração em um modelo geral multidisciplinar federado através do *Navisworks*, facilitando a coordenação e o acompanhamento da construção.

Figura 2  
Segmentação Modelos e Coordenação Especialidades.



### 2.3.3. Medições, Orçamentos e Compras

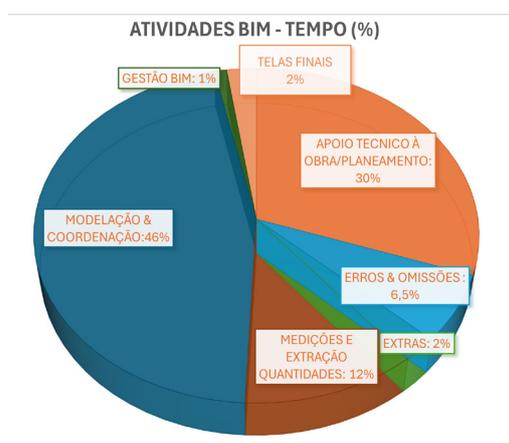
Os elementos dos modelos foram seccionados de acordo com o planeamento, permitiu uma quantificação precisa por fases construtivas, facilitando a estimativa de custos e o apoio ao processo de compras através de dados exatos: quantidades e desenhos técnicos. Foi exigido aos subempreiteiros e fornecedores apresentarem as suas propostas em formato BIM com rigorosa validação destas na coordenação geral reforçaram a confiança nos resultados obtidos, estabelecendo uma base sólida para as fases subsequentes.

### 2.3.4. Coordenação, Preparação e Execução de Obra

Durante a análise mais aprofundada do processo de concurso deu-se início à preparação de obra. Nesta fase realizaram-se atividades de modelação para LOD4, coordenação, análise de estudos alternativos, análise de medições e custos associados, desenhos técnicos com respetivo planeamento. Ao detetar erros e omissões, iniciou-se a identificação de incongruências com pedidos de esclarecimentos, além de verificarem-se possíveis desafios à sua execução de determinados trabalhos. Ao longo da obra foram rececionadas alterações ao projeto com necessidade de constante coordenação com o já edificado e as especialidades. Na fase final da empreitada que compreende a entrega/receção definitiva toda a informação até então desenvolvida, está incrementada nos modelos e correspondente ao produto construído em reflexo do estado final da obra nos modelos *as-built*.

### 2.3.5. Gestão BIM

Para efeitos de gestão as horas dedicadas a cada atividade foram registadas, refletindo o tempo investido em dias para as diferentes tarefas (Figura 3). A análise do tempo demonstrou um comprometimento significativo com a modelação e coordenação do projeto, além de evidenciar a importância das tarefas de apoio técnico à obra e medições. A Estação Manuel Leão, as Trincheiras e o Viaduto sobressaíram pela intensa preparação técnica utilizando o BIM, destacando-se pelo uso aprofundado de desenhos de preparação e planeamento construtivo.



**Figura 3**  
Tempo das Atividades BIM (%).

### 3. Lições aprendidas

Como qualquer processo, por mais simples que seja a sua mecânica, existem sempre desafios e obstáculos a serem ultrapassados. A seguir indicam-se os desafios e o modo como foram superados com sucesso bem como os obstáculos que surgiram e as respectivas propostas de solução para que não voltem a ocorrer em projetos similares.

#### 3.1. Sucessos

##### 3.1.1. Ferramentas BIM – PEB e CDE

Embora as diretrizes do PEB tenham sido descritas nos requisitos contratuais, deliberadamente a MdP permitiu-se uma certa flexibilidade na escolha das abordagens a serem adotadas, dando assim ao ACE a liberdade necessária para gerir as suas responsabilidades de acordo com uma proposta adaptada às características específicas do projeto. O PEB desempenhou um papel importante para clarificar responsabilidades, fluxos de trabalho e comunicação entre intervenientes e estabeleceu normas de qualidade e compreensão dos modelos. Quanto ao *Procore*, a plataforma oferece várias ferramentas e funcionalidades que permitiram ao ACE fazer a gestão de documentos, comunicações, cronogramas e a entrega das telas finais. Os benefícios associados constaram de: (1) Centralização de dados e gestão de documentos, eliminando a fragmentação da informação e garantindo alinhamento de todas as partes envolvidas; (2) Controle de versões de desenhos em tempo real, evitando confusões decorrentes de versões desatualizadas; (3) Simplificação da gestão de requisitos de informação (RFI), melhorando a eficiência no esclarecimento de dúvidas; (4) Acompanhamento visual com entregas mensais de fotografias e vídeos que armazenam o progresso histórico da obra; (5) Integração com ferramentas BIM para visualização de modelos 3D, facilitando a compreensão e a colaboração entre as diferentes especialidades do projeto.

##### 3.1.2. Modelos BIM

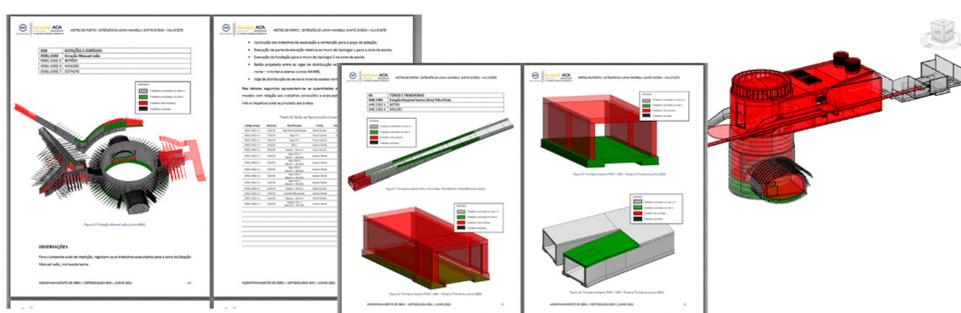
A segmentação dos modelos BIM por frentes de obra e especialidades foi crucial para aprimorar o seu desempenho dos modelos, facilitando a colaboração e gestão da informação, permitiu uma verificação eficiente de interferências pela constante coordenação no *Navisworks*, e minimizou o risco de alterações acidentais - resultando em modelos mais organizados e menos sobrecarregados. Desafios específicos surgiram na modelação de geometrias complexas devido às limitações do REVIT, especialmente nas estruturas metálicas, túneis e a ferrovia. O que exigiu criar soluções inovadoras como *scripts* do Dynamo. A interoperabilidade com o TEKLA facilitou a integração e validação dos elementos de Estruturas Metálicas complexas no modelo coordenado. A modelação de armaduras foi dispensada devido ao seu provisionamento subcontratado e ao alto custo de modelação detalhada sem um retorno claro em eficiência. Em contrapartida, enquanto a modelação de cofragens e elementos de

contenção foi prioritária para quantificação, aprovisionamento e coordenação eficaz com as estruturas de betão envolventes.

### 3.1.3. Medições, orçamento e compras

O uso do BIM nesta área permitiu:

- **Redução de erros humanos:** a extração automatizada de quantidades a partir dos modelos proporcionou, de uma forma mais expedita e interativa, minimizar erros associados às estimativas manuais, obtendo-se uma estimativa precisa das quantidades em especial nos elementos de geometria complexa e irregular.
- **Otimização da gestão de custos:** a extração de quantidades deu transparência e precisão nas medições e reclamações, otimizando o controle financeiro do orçamento inicial, embora a sua aplicação tenha sido limitada a certos elementos. Permitiu análises de custo-benefício através da comparação de diferentes cenários, além de facilitar o ajuste de custos e orçamentação às modificações de projeto. Especialmente nos autos de medição mensais, a ênfase foi dada aos artigos de betão e à cofragem, com quantidades extraídas automaticamente e suportadas por relatórios e visualizações 3D do avanço dos trabalhos. (Figura 4).



**Figura 4**  
Autos de medição e relatórios justificativos.

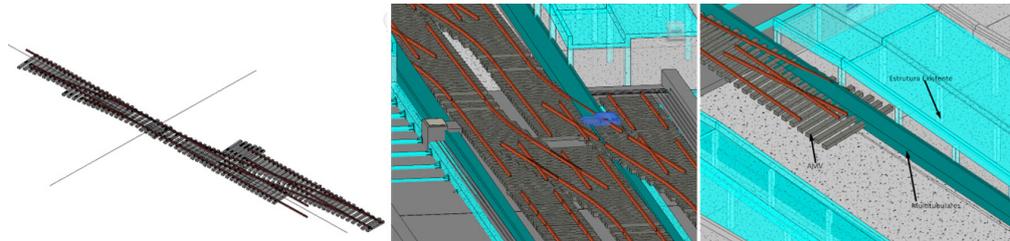
- **Otimização do processo de compras:** o BIM assegurou a pormenorização nos orçamentos e a negociação com os fornecedores. A extração de desenhos para compras e validação espacial das propostas dos subempreiteiros em cada especialidade, facilitou o processo de aprovisionamento e encomendas. Em processos de pré-fabricação e coordenação, permitiu a fabricação *off-site* – p.e., estrutura metálica de Estação Hospital Santos Silva foi fornecida com furos para passagem de tubagem da drenagem pluvial, eliminando assim a necessidade de ajustes no local e reduzindo o desperdício. Outro exemplo foram as escadas mecânicas e elevadores da Estação Manuel Leão, em que se fizeram várias interações com os fornecedores de equipamentos até chegar às dimensões pretendidas para conciliar com a arquitetura e estrutura.

### 3.1.4. Coordenação, preparação e execução de obra

A implementação do BIM para análise espacial e temporal das tarefas na simulação virtual de faseamento construtivo desempenhou um papel significativo na otimização de processos e fluxos de trabalho da área técnica que deram apoio à produção obra e em colaboração com as diferentes especialidades (incluindo subempreiteiros):

- **Visualização compreensível de cada elemento:** o aprimoramento do nível de desenvolvimento dos modelos não apenas enriqueceu a qualidade das peças desenhadas complementares ao projeto, tornando-as mais precisas e mais apelativas, mas também facilitou a compreensão do projeto em 3D e sua envolvente. Fazendo uso dos modelos nas reuniões de empreitada, melhorou a percepção e comunicação entre as equipas, possibilitando tomadas de decisão mais seguras. Dá-se o exemplo da montagem dos AMV's (aparelhos de mudança de via) na inserção com restantes elementos estruturais foi realizada com apoio de BIM (Figura 5).

**Figura 5**  
Viaduto: Simulação e coordenação da inserção AMV's na plataforma.



- **Melhor antecipação de atividades a realizar:** O BIM auxiliou na gestão e controle do progresso dos trabalhos, usando modelos 4D para planear fases de construção. Com a simulação antecipada do progresso da obra obteve-se uma visão menos abstrata das condições em que cada tarefa ia ser realizada. Esta ferramenta foi importante para antever desafios que, de outro modo, apenas seriam detetados mais tarde. Isto otimizou a sequenciação de tarefas e possíveis soluções alternativas ao uso dos espaços em estaleiro, tornando o processo mais próximo da realidade para planos de monitorização e de segurança. Dá-se o exemplo da implantação das fundações dos pilares do Viaduto (Figura 6), cujas estruturas envolventes e trabalhos de contenção foram modeladas em análise de cenários construtivos, considerando as condicionantes urbanas e os serviços afetados tornando possível antever e quantificar os trabalhos de demolição, terraplanagens e inserção necessários.

**Figura 6**  
Viaduto: Estudo de contenções e implantação fundações dos pilares.



- **Deteção antecipada de erros e conflitos:** permitiu identificar em fase de pré-construção erros de projeto e/ou conflitos entre diferentes elementos e especialidades. Este processo facilitou a elaboração dos pedidos de esclarecimento (RFIs), aumentou a precisão na documentação de peças escritas ao resolver ambiguidades entre plantas, cortes e alçados, diminuindo a probabilidade de erros durante a fase de construção. Dá-se o exemplo da importância da modelação dos elementos de contenção - ancoragens, pregagens, ensilagens - dos Poços e túneis, onde se identificaram colisões e procedeu-se a alterações construtivas atempadamente.
- **Apoio a telas finais:** com a atualização continua dos modelos e o armazenamento da informação o BIM provou ser um recurso valioso na fase de conclusão do projeto. Além do auxílio para documentação e telas finais, estão refletidos nos modelos *as-built* o histórico de obra com especificações dos componentes úteis para a fase que se segue de operação e manutenção.

## 3.2. Desafios e barreiras

Apesar da nova linha não ser muito extensa (3.15 km), o projeto é notavelmente complexo devido à sua abrangência de várias disciplinas e às características específicas de viadutos, túneis e ferrovias. A implementação do BIM na fase de construção sem enfrentar desafios substanciais e obstáculos operacionais significativos.

### 3.2.1. Resistência à mudança

A integração do BIM nos processos de construção representa uma transformação profunda em relação aos métodos tradicionais, exigindo que as equipes se adaptem a novas formas de trabalho. Tal mudança enfrenta resistências comportamentais e culturais, uma vez que as pessoas podem ser relutantes em adotar práticas inovadoras, especialmente quando os benefícios não são imediatos. Essa resistência foi particularmente notável em relação ao uso do *Procore*. Para superar esses obstáculos, foram realizadas ações de formação focadas em maximizar o uso das funcionalidades da plataforma. Ao ser notório os benefícios dos usos BIM, com o tempo a equipa BIM veio assumir maior responsabilidade passando a ser necessária e quase obrigatória a sua validação em tomadas de decisão e preparações técnicas. De notar que a liderança de topo, na figura do Diretor Técnico da Empreitada, foi um dos grandes impulsionadores para a sensibilização dos benefícios tangíveis desta metodologia tendo estabelecido uma estratégia eficaz e persuasiva de comunicação com todos os intervenientes e em contínuo *feedback*, o que permitiu que estes expressassem as suas necessidades envolvendo-se nos processos de decisão e fortalecendo a gradual aceitação do BIM.

### 3.2.2. Curva de aprendizagem

A transição para a metodologia BIM na ELA caracterizou-se por uma curva de aprendizagem gradual, inicialmente marcada por resistência e desafios decorrentes da complexidade e singularidade das diferentes especialidades. A estratégia adotada

incluiu a sensibilização das equipas através de comunicação eficaz sobre as potencialidades do BIM e a partilha de análises de conflitos iniciais. O gestor BIM conduziu sessões formativas para o uso do *Navisworks* e um Projeto-Piloto foi implementado, durante o processo de Erros e Omissões, para quantificação expedita de volumes de betão e áreas de cofragem. Uma vez demonstrado e validado o projeto-piloto, a equipa avançou com maior experiência e novos *insights* para a preparação técnica das trincheiras, estudos de inserção dos pilares do Viaduto e faseamento construtivo das estruturas de contenção da Estação Manuel Leão e do Poço de Ventilação, incluindo a coordenação de especialidades e a integração em reuniões com restantes departamentos. A diversidade de disciplinas e a necessidade de coordenação entre elas foi um ponto crítico onde a aplicação prática do BIM acelerou substancialmente a aprendizagem da equipe.

### 3.2.3. Comunicação para a obra

Num projeto como a ELA, que envolve múltiplas frentes de trabalho e uma equipa diversificada, a comunicação eficaz é essencial para otimizar tarefas e evitar mal-entendidos e problemas. No entanto, devido à pressão de prazos e muitas vezes haver o risco de se fazer o avanço nos trabalhos com falta de validação técnica, aumenta-se significativamente a propensão a erros. Neste caso, foi fundamental estabelecer processos de comunicação claros e eficientes, em reuniões regulares, promovendo uma cultura de comunicação aberta, visitas frequentes à obra e priorizando a documentação adequada. Isto ajudou a minimizar as barreiras à comunicação e garantir que todas as partes estejam alinhadas e informadas, contribuindo para o sucesso da obra.

## 4. Conclusões

A implementação BIM no projeto de ELA exigiu uma abordagem integrada e inovadora revelando-se uma jornada desafiadora e, ao mesmo tempo, repleta de sucessos, agregando valor na qualidade do produto final, atendendo às expectativas do cliente. Durante o desenvolvimento da obra, desde a fase de projeto até à receção definitiva, o BIM foi ganhando maior responsabilidade atingindo o estágio relevante de maturidade nos processos organizacionais da empreitada, seja na preparação técnica, validação de soluções e apoio nos autos de medição. Ao explorar os sucessos obtidos fica evidente que o BIM proporcionou diversas vantagens descritas neste relatório. No entanto, o caminho não foi marcado apenas por sucessos. Vários desafios surgiram ao longo do projeto. Essas dificuldades transformaram-se em lições valiosas, contribuindo para aperfeiçoar o uso do BIM em futuros projetos. O projeto em questão não se destaca somente como um marco significativo na infraestrutura, mas também como um exemplo da capacidade de inovação e resiliência diante de obstáculos complexos no setor de engenharia e construção. Quanto ao legado da obra no tocante a lições aprendidas, na tabela 1 apresentamos algumas lições a retirar deste trabalho, sintetizando aquelas que consideramos as mais cruciais a serem seguidas para futuras empreitadas.

Tabela 1: Lições Aprendidas e Impactos Futuros

Tema	Lição Aprendida e impacto futuro
Obrigatoriedade uso BIM	O Dono de Obra deve estipular o BIM como sendo de uso obrigatório desde a fase de projeto, passando pela fase de preparação de obra e terminando na operação e manutenção, relevante para o sucesso da sua implementação.
Flexibilidade e Adaptação	A flexibilidade na abordagem BIM provou ser uma mais-valia nas respostas às obrigações contratuais e uma vantagem para lidar com diferentes desafios de caráter de planeamento e produção, beneficiando a apresentar soluções mais criativas.
Integração e Colaboração	A colaboração entre intervenientes dos diversos setores de produção, através de reuniões onde se exponham os modelos BIM, é essencial para o sucesso do projeto. Devendo ser estabelecida como prioridade pela gestão do projeto.
Formação contínua	O investimento de tempo e recursos para garantir formação contínua a todos os intervenientes de todos os setores é essencial de modo a maximizar todos os benefícios tangíveis BIM
Ambiente colaborativo de dados e informação	A escolha de um ambiente colaborativo de dados funcional, flexível e adaptativo é essencial e muito relevante para atender aos requisitos específicos do projeto e do trabalho colaborativo, bem como para apoiar a resolução de RFI's.
Plano Execução BIM	A padronização e documentação de processos garante que todos os envolvidos compreendam a sua estrutura e propósito e utilizem, segundo diretrizes claras para a equipa e definindo responsabilidades e fluxos de trabalho, os mesmos processos.
Atualização contínua dos modelos	A atualização contínua dos modelos, incorporando <i>feedback</i> diário das equipas em estaleiro, é fundamental para refletir, de um modo preciso, alterações e progressos reais da obra.
Colaboração e comunicação ativa	A cultura de colaboração ativa entre os diferentes responsáveis de setores, incentivando as equipas a comunicar desafios e <i>insights</i> , é essencial para abordar problemas e ajustes em tempo real. numa comunicação simples e eficaz
Curva de aprendizagem	A curva de aprendizagem e a resistência à mudança impuseram estratégias específicas e em consonância com práticas já em curso, como reuniões, mentorias, comunicação eficaz e exemplos práticos.
Simulações e análises antecipadas	A realização de simulações de realização de tarefas bem como de análises de conflitos antecipados e possíveis cenários alternativos ajuda a garantir uma preparação mais eficaz e a prever e a resolver problemas antes da construção.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Metro do Porto, Ferrovia / Alberto Couto Alves, FASE/Ayesa, pelo apoio neste estudo e a todas as empresas envolvidas neste projeto.

## Referências

- [1] Zou, Y., Kiviniemi, A., & Jones, S. (2017). A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. *Safety Science*, 97, 88-98. doi:10.1016/j.ssci.2015.12.02
- [2] Olugboyega, O., & Olugbenga, A. (2018). Correlation analysis of benefits of Building Information Modelling and clients' requirements. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(8), 53-68

- [3] Tender, M., Fuller, P., Couto, J., Gibb, A., & Yeomans, S. (2021). Emerging technologies for health, safety and well-being in construction industry. In B. e. al (Ed.), *Industry 4.0 for the built environment – methodologies, technologies and skills* (pp. 369-390). Switzerland: Springer Nature.
- [4] Alomari, K., Gambatese, J., & Anderson, J. (2017). Opportunities for using Building Information Modeling to improve worker safety performance. *Safety*, 3(7). doi:10.3390/safety3010007.
- [5] Carrilo, P., Ruikar, K., & Fuller, P. (2013). When will we learn? Improving lessons learned practice in construction. *International Journal of Project Management*, 31(4), 567-578. doi:10.1016/j.ijproman.2012.10.005.
- [6] Pidgeon, A., & Dawood, N. (2021). BIM adoption issues in infrastructure construction projects: analysis and solutions *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 263-285. doi:10.36680/j.itcon.2021.015.
- [7] Tender, M., Fuller, P., Couto, J., Demian, P., Chow, V., Silva, F., Long, M. (2022). Real world lessons that can assist construction organisations in implementing bim to improve the osh processes Paper presented at the PTBIM – Portuguese BIM Conference, Braga.