



TRILHA DE CONHECIMENTO BIM PARA IMPLEMENTAÇÃO EM PROJETOS: O CASO DA SABESP

Andréia Guaracho Ramos ⁽¹⁾

Química Bacharel pelo Centro Universitário Fundação Santo André, Pós-graduação em Química Industrial pelo Centro Universitário Santo André, Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos, Química - Analista de Gestão da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

Hannah Caroline Proença ⁽²⁾

Engenheira Civil em Universidade Presbiteriana Mackenzie e MBA em Gestão de Projetos pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – SENAC, Engenheira da empresa ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia - São Paulo (SP), Brasil.

Vagner Almeida Lima ⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Guarulhos, Tecnólogo na Construção Civil – Edifícios, Tecnólogo na Construção Civil - Movimento de Terra e Pavimentação e Tecnólogo Mecânico - Projetos pela Faculdade de Tecnologia São Paulo do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, MBA em Gestão de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas – FGV; Engenheiro da empresa ENCIBRA S. A. Estudos e Projetos de Engenharia - São Paulo (SP), Brasil.

Maria Gabriela de Barros Santos Nogueira ⁽³⁾

Engenheira Civil pela Fundação Armando Alvares Penteado - FAAP, Pós-graduada em Excelência Construtiva e Anomalias pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e Pós-graduada em Implantação de sistema BIM pela Faculdade Unyleya, Coordenadora Técnica BIM de Obras Localizadas da empresa FF Solutions – São Paulo (SP), Brasil.

Fábio Yugo Fujii ⁽⁴⁾

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Hidráulica e Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Engenheiro da empresa JNS – Engenharia, Consultoria e Gerenciamento Ltda. – São Paulo (SP), Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo – São Paulo - CEP: 05429-060 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388 - 8459 - e-mail: aguaracho@sabesp.com.br

RESUMO

Este artigo aborda a busca pela melhoria da produtividade no setor de saneamento, por meio da adoção de avanços tecnológicos, com destaque para o uso do Building Information Modelling (BIM). A Sabesp, empresa de saneamento, tem investido em inovação e busca digitalizar seus processos de engenharia, utilizando o BIM como uma metodologia adequada para a gestão eficiente de ativos. O Programa BIM Sabesp foi criado para promover a adoção do BIM e alinhar-se à Estratégia Nacional BIM estabelecida pelo Governo Federal. No entanto, a implementação do BIM enfrenta desafios, como custos iniciais elevados e a necessidade de desenvolver novas competências. Nesse contexto, este artigo apresenta um modelo de construção de uma trilha de conhecimento BIM voltada para a etapa do ciclo de vida de projetos de saneamento, no âmbito do Programa BIM Sabesp. O modelo proposto de capacitação pode ser adaptado e aplicado em outras empresas do setor. O artigo descreve os métodos utilizados para o desenvolvimento da trilha de conhecimento e apresenta os resultados obtidos e realiza uma análise deles. Por fim, são apresentadas as conclusões e recomendações para a elaboração de futuras trilhas de conhecimento BIM.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, BIM, trilha de conhecimento.

INTRODUÇÃO

No setor de saneamento, assim como em outras áreas de infraestrutura, a busca por aumentar a produtividade é uma preocupação constante na indústria da construção, uma vez que, historicamente, esta indústria tem apresentado uma produtividade inferior em comparação às indústrias de outros setores (BARBOSA et al., 2017; GOODRUM et al., 2011). Com o objetivo de enfrentar essa questão e buscar melhorias, a indústria da

construção tem direcionado esforços para adotar avanços tecnológicos, que se mostram frequentemente como um dos principais meios associados ao aumento da produtividade (TURNER et al., 2021).

A fim de lidar de forma mais eficiente com esses desafios, a Sabesp tem direcionado seus investimentos para a inovação, buscando digitalizar os processos de engenharia. Nesse sentido, o destaque tem sido o uso do BIM (*Building Information Modelling* ou Modelagem da Informação da Construção), especialmente por ser uma metodologia que se adequa às necessidades de uma grande detentora de ativos, como é o caso da Sabesp, sendo capaz de oferecer suporte em diversas etapas do ciclo de vida dos ativos, contribuindo para aprimorar a eficiência da empresa na gestão dos ativos (ARAYICI; AOUAD, 2010; EASTMAN, 2008; SUCCAR, 2009).

O Programa BIM Sabesp foi criado para apoiar a adoção do BIM na companhia procurando abordar de forma abrangente e estruturada as mudanças que inicialmente ocorreram de maneira fragmentada por meio de ações departamentais e alinhar os desenvolvimentos da empresa à Estratégia Nacional BIM estabelecida pelo Governo Federal que visa promover e institucionalizar a difusão do BIM no país (BRASIL, 2018).

Considerando que as empresas têm se deparado com desafios ao implementar iniciativas de transformação digital, devido a várias barreiras encontradas. Entre essas barreiras, podemos mencionar os custos iniciais elevados, a falta de conhecimento tecnológico por parte dos gestores, a dificuldade de treinar as equipes e as mudanças necessárias nas estruturas organizacionais e fluxos de trabalho (NAGY; PAPP; SZABÓ, 2021). Mais especificamente em relação ao BIM, os pesquisadores destacam, entre outras, diversas barreiras relacionadas aos aspectos de aprendizado e desenvolvimento, como falta de treinamento disponibilizado, tempo necessário para a capacitação, custos de capacitações, baixa velocidade de aprendizagem, entre outros (e.g. CHAN; OLAWUMI; HO, 2019; FAROOQ et al., 2020; OLANREWAJU et al., 2020; SAKA; CHAN, 2020).

Embora seja amplamente reconhecido que a aplicação da metodologia BIM em projetos de edificações é benéfica, é importante considerar que sua aplicação em infraestrutura, como no caso do saneamento básico, geralmente requer algumas adaptações devido às características específicas desses empreendimentos. Isso implica a necessidade de processos e ferramentas específicas (BAZÁN et al., 2020), o que, por sua vez, traz aspectos particulares que devem ser considerados no planejamento da implementação, com destaque para as necessidades específicas de aprendizado e desenvolvimento de novas competências.

Para o desenvolvimento das competências, Brandão (2017) e Dias Costa & Ramos (2018) sugerem o desenvolvimento de trilhas de aprendizagem (BRANDÃO, 2017; DIAS COSTA; RAMOS, 2018). Além dos cursos presenciais, as trilhas de aprendizagem podem ser compostas por treinamentos auto instrucionais, estágios, reuniões de trabalho, viagens de estudo, seminários, jornais, livros, revistas, websites, grupos de discussão na Internet, filmes, sequências de vídeo e outros meios de aprimoramento pessoal e profissional (BRANDÃO; FREITAS, 2005). Contudo, a literatura apresenta poucos trabalhos relacionados ao desenvolvimento de trilhas de conhecimento BIM para empresas de saneamento dentro do contexto nacional.

O objetivo deste trabalho consiste em apresentar a construção da trilha de conhecimento relacionada a etapa do ciclo de vida projetos utilizando a metodologia BIM, fornecendo um modelo de capacitação proposto aos colaboradores, no âmbito do Programa BIM Sabesp, podendo contribuir para a construção de trilhas de conhecimento que possam ser adaptadas e aplicadas em outras empresas do setor. A trilha, por sua vez, contempla a relação de cursos e conteúdos propostos para capacitação de cada um dos perfis de profissionais BIM mapeados que comporão a estrutura organizacional das áreas de aplicação do BIM na Sabesp.

O presente artigo foi organizado nos seguintes tópicos:

- Métodos utilizados: onde são apresentados os métodos empregados para o desenvolvimento da trilha de conhecimento;
- Resultados obtidos: apresenta os resultados das trilhas desenvolvidas.
- Análise de resultados: mostra uma discussão sobre os resultados obtidos e;
- Conclusões e recomendações: discussão final sobre o trabalho desenvolvido e recomendações para a futura elaboração de trilhas de conhecimento BIM.

METODOLOGIA UTILIZADA

No intuito de buscar um sistema de aprendizagem adequado para os profissionais da Sabesp, no que diz respeito ao conhecimento técnico de projetos utilizando a metodologia BIM, buscou-se por estudos e práticas dentro da literatura que abordassem a temática da educação corporativa como ferramenta para inovação dentro das organizações que preferencialmente já atuam com a metodologia BIM em suas áreas de projetos.

De acordo com o Manual de Oslo (GANZER et al., 2013; OCDE, 1997; ZIMMER et al., 2016) uma evolução tecnológica precisa apresentar valor de mercado, para tanto, precisa haver interação dos centros de pesquisa e universidades com as empresas para que a transferência tecnológica aconteça e possa ser validado no setor produtivo a inovação proposta. Segundo (GANZER et al., 2013) o processo de inovação tecnológica pode ser dividido em cinco gerações, sendo que a cada evolução a geração anterior é superada. Neste caso, Wundrack et al. (2016) em seu estudo, apresenta um modelo, denominado modelo interativo, o qual corresponde a 5ª (quinta) geração (a partir de 1990): Para este modelo de inovação tecnológica é proposto um modelo de atuação em rede, o qual possui uma forte integração vertical dentro da empresa e integração horizontal externa (pesquisas colaborativas, alianças estratégicas para pesquisa e desenvolvimento de base), além de foco no cliente (WUNDRACK et al., 2016).

Dentro desse contexto, Wundrack et al. (2016) identifica que a aprendizagem em uma trilha de conhecimento é alinhada e planejada de acordo com os objetivos estratégicos da organização e/ou de um Projeto ou Programa, sendo necessário ser contínuo e sistemático para ser eficiente, bem como garantir a integração entre universidade, governo e empresa, de forma a contribuir para a construção de vantagens competitivas e atuar como possíveis referenciais teóricos para a criação e gestão do conhecimento BIM para a inovação em projetos (WUNDRACK et al., 2016).

Aires & Freire (2021) buscando mapear quais seriam as diretrizes para construção de Trilhas de Aprendizagem para desenvolvimento de competências nos profissionais do setor industrial para a sociedade em Transformação Digital realizou em seu trabalho uma pesquisa bibliográfica e documental exploratória em estudos que tratam da sociedade em transformação digital e assim desenvolveu um modelo para a construção de uma Trilha de Aprendizagem. Adicionalmente, Aires & Freire (2021), através da análise interpretativa dos estudos evidenciados, categorizaram as 32 (trinta e duas) diretrizes em 3 (três) principais grupos que subsidiaram a elaboração de um modelo para elaboração de Trilhas de Aprendizagem, conforme apresentado na Figura 1, a seguir.

Figura 1 - Pirâmide de Diretrizes para elaboração de Trilha de Aprendizagem



Fonte: Adaptado de Aires & Freire (2021).

Observando a Figura 1, as diretrizes incluídas na “Etapa 1” aqui admitida, denominado Construção da Trilha, serão a base de estudo para o presente trabalho, à medida que a Execução da Trilha (“Etapa 2”) e Transferência para a Prática do Trabalho (“Etapa 3”) elencadas no topo da pirâmide, são aquelas que deverão ser consideradas quando da realização da oferta formativa, e portanto, não serão objeto de foco neste estudo. Dentro deste modelo teórico, buscou-se desenvolver um modelo básico para a construção de uma trilha de

conhecimento que visa dentro da Sabesp oferecer aos profissionais competências necessárias para o desenvolvimento de projetos em BIM e atuar como modelo de aprendizagem.

Desta maneira, considerando o modelo de Aires & Freire (2021), apresentado na **Figura 1**, foram adaptados ao contexto da SABESP e do Programa BIM de maneira a possibilitar a construção dessa trilha. Como passo inicial, foi idealizada dentro da etapa de **diagnóstico** um mapeamento dos papéis e responsabilidades existentes na Sabesp, o que envolveu identificação dos departamentos, equipes e profissionais envolvidos nos diferentes estágios de um projeto, desde a concepção até a sua entrega para contratação de obra. Esse diagnóstico permite compreender como o BIM se encaixa nas funções existentes e identificar eventuais lacunas de conhecimento.

Com base no diagnóstico, mostrou-se a necessidade do desenvolvimento de um **plano de implementação BIM** abrangente. Neste plano deve-se incluir o mapeamento e o gerenciamento das partes interessadas (stakeholders) internos e externos envolvidos nos projetos. Isso implica identificar os diferentes grupos de interesse, como prestadores de serviços de engenharia, analistas, projetistas e consultores, estabelecer estratégias eficazes de comunicação e engajamento para garantir o suporte, e avaliação das necessidades específicas.

Assim, procede-se a etapa de **definição de papéis e responsabilidades BIM**, quando são avaliadas quanto às competências necessárias para aplicar a metodologia de forma efetiva. Isso inclui avaliar os requisitos de competências gerenciais STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), técnicas e socioemocionais. O objetivo deste passo é o de permitir identificar as áreas de capacitação e desenvolvimento necessárias para cada papel.

Para a **definição de cursos e seus conteúdos programáticos**, considera-se importante avaliar as tecnologias específicas para projetos BIM selecionadas para utilização na Sabesp. Além disso, é necessária a análise do currículo dos cursos existentes em BIM disponíveis no mercado e avaliar se atendem às necessidades específicas da organização. Essa avaliação tem o propósito de identificar as lacunas de conhecimento e as necessidades de personalização dos cursos BIM.

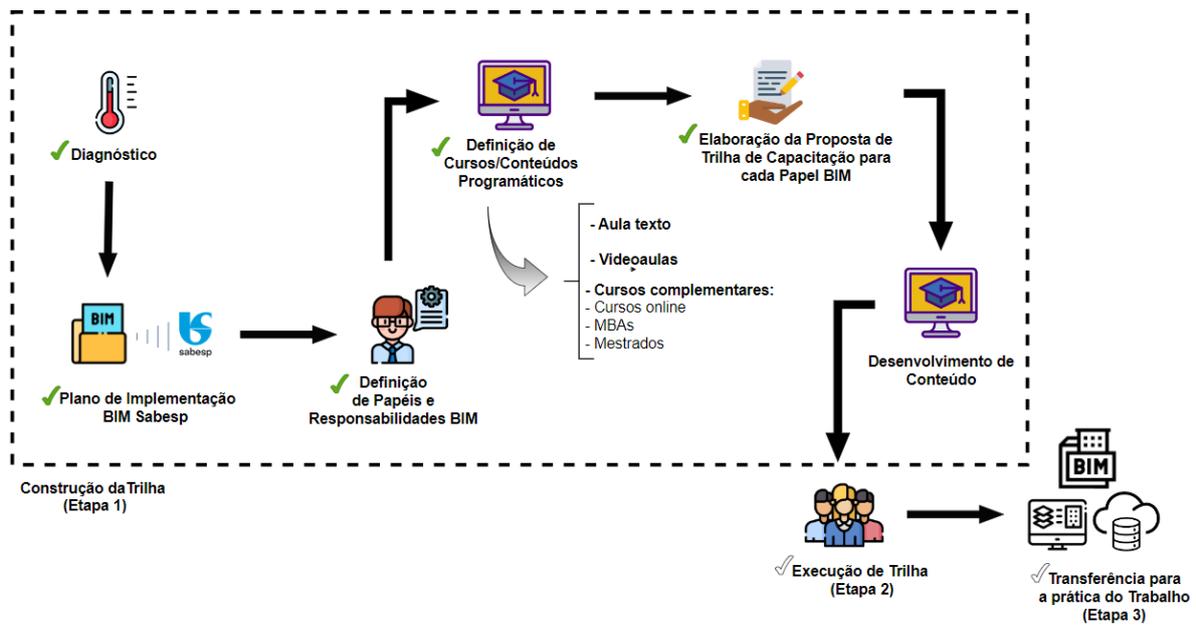
Estes passos, servem de subsídio para a **elaboração da proposta de Trilha de Conhecimento**, onde deve-se definir o perfil de aprendizado a ser adotado na Sabesp, levando em consideração as competências identificadas, as tecnologias BIM e as necessidades da organização, definindo as maneiras que serão institucionalizados os cursos e conteúdos programáticos para garantir a consistência e a continuidade da trilha proposta. Além disso, julgou-se importante elaborar uma proposta de jornada formativa que apresente a sequência adequada dos cursos, além da priorização dos cursos para cada papel BIM o que permitirá direcionar os esforços de capacitação de forma eficiente.

Como passo final do modelo de construção proposto, inicia-se o processo de **desenvolvimento de conteúdo**, considerando os diferentes níveis de conhecimento, torna-se necessário criar soluções educacionais para os diferentes papéis envolvidos nos projetos da Sabesp. Isso inclui desenvolver cursos e materiais educacionais adaptados às necessidades específicas de cada papel, considerando as competências identificadas anteriormente. Além disso, deve-se propor alternativas de evolução customizada para percorrer as trilhas de conhecimento. Considerou-se, ainda, a importância da possibilidade de estender o plano de qualificação para algumas partes interessadas importantes, envolvendo-os na trilha de conhecimento. Um dos fatores de priorização considerou módulos ou cursos com carga horária mais curta, permitindo flexibilidade e facilitando a participação de profissionais com agenda restrita.

O modelo proposto, consolidado na Figura 2 a seguir, representa o método adotado para a construção do conteúdo básico de formação dos profissionais na Sabesp para projetos em BIM.



Figura 2 - Modelo adotado para a construção da Trilha de Conhecimento para projetos BIM



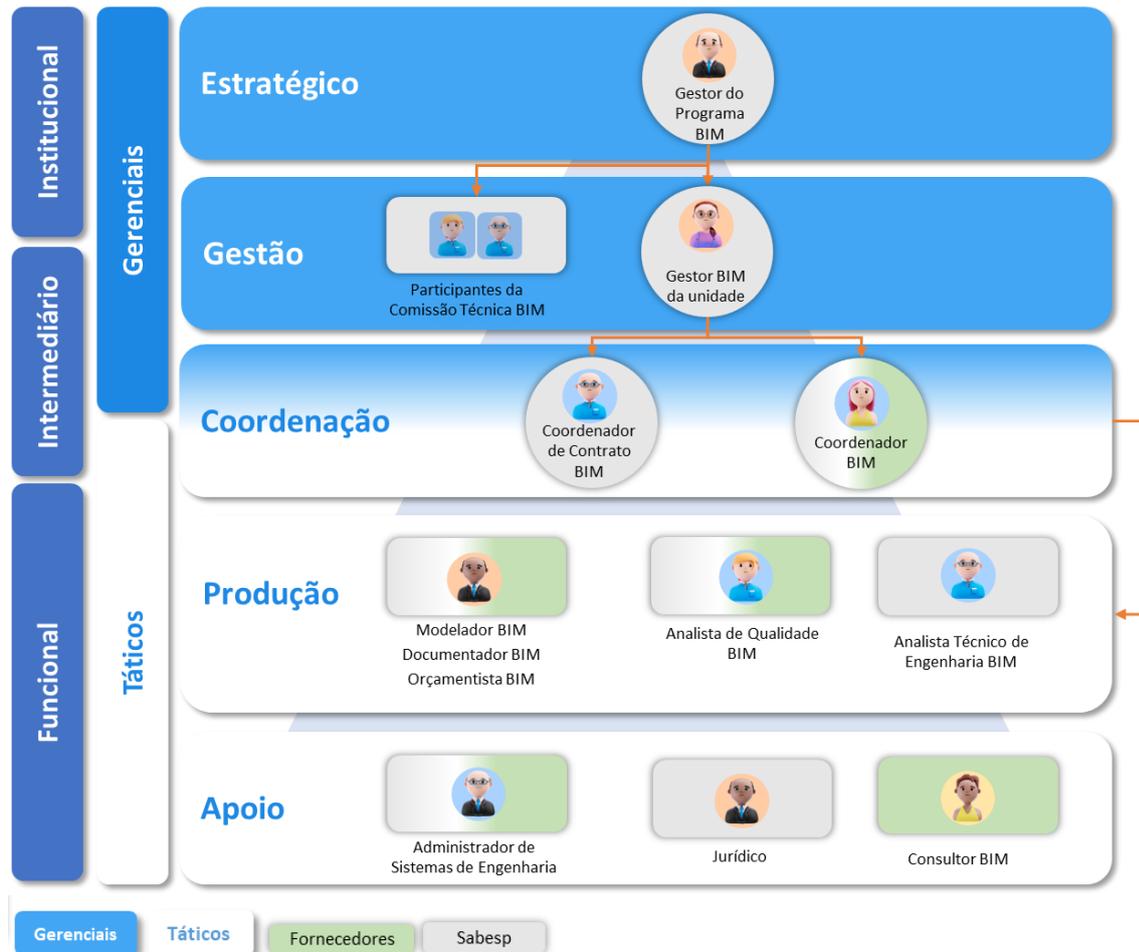
Fonte: Autores.

RESULTADOS OBTIDOS

Para a elaboração da Trilha de Conhecimento para projetos BIM realizou-se uma etapa de diagnóstico dos papéis e responsabilidades existentes na Companhia e posteriormente um mapeamento das futuras necessidades em BIM. Com base nos levantamentos realizados foram identificados que os papéis existentes na estrutura organizacional da Sabesp não contemplavam competências em BIM e, portanto, foi proposta a construção de novos papéis e responsabilidades que estivessem aderentes a estrutura organizacional da Companhia e à proposta de implantação da metodologia BIM, dentro do contexto de saneamento (ver Figura 3 e Tabela 1).



Figura 3 - Hierarquia organizacional proposta para os papéis BIM para etapa de projetos na Sabesp



Fonte: Autores.

Cabe ressaltar que os papéis apresentados orientam apenas os níveis de trabalho (ocupação do profissional), e o seu papel e responsabilidade são atribuídos com base em suas qualificações/competências.

Outro aspecto relevante na proposta de construção da trilha, refere-se ao papel denominado de “Público Geral”, que se trata dos profissionais Sabesp que embora não atuem dentro da estrutura proposta pela Companhia para projetos utilizando a metodologia BIM, seguirão envolvidos nos processos oriundos dos trabalhos com projetos (jurídico, administrativo, auditoria, comunicação, entre outros.)

Tabela 1 - Papéis e Responsabilidades propostos para o Programa BIM Sabesp

Papel	Responsabilidades
 Gestor da Unidade	<ul style="list-style-type: none">- Definir e acompanhar o alinhamento estratégico do uso do BIM no empreendimento;- Acompanhar e aprovar o Plano de Execução BIM do projeto;- Estimular pesquisas e inovação aderentes aos processos e atividades da unidade;- Autorizar o início e validar a aplicação do Ambiente Comum de Dados (CDE).



Papel	Responsabilidades
 Coordenador de Contrato BIM	<ul style="list-style-type: none">- Operacionalizar a estratégia de uso do BIM no contrato com o fornecedor;- Garantir que os modelos BIM sejam desenvolvidos de acordo com o PEB e Manual de Contratação BIM;- Garantia da aplicação adequada das rotinas de controle de qualidade BIM;- Coordenar as equipes de análise do projeto;- Gerenciar a informação transmitida no Ambiente Comum de Dados, como pendências e fluxos de trabalho;- Definir ou aprovar a estrutura dos fluxos de revisão, indicando os papéis (funções) que podem abrir e/ou participar de cada fluxo, conforme definidos no Processo BIM Sabesp;- Supervisionar o conteúdo e consolidação do Plano de Execução BIM do contrato.
 Coordenador BIM	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer os processos de Criação, Análise e Revisão de Modelos e Documentação BIM;- Elaborar o Plano de Execução BIM conforme diretrizes Sabesp e necessidade do empreendimento;- Dar suporte à equipe envolvida na produção e análise do projeto e operação das ferramentas BIM;- Garantir o controle de qualidade do modelo e aderência às diretrizes BIM;- Auditar, aprovar e compatibilizar os Modelos BIM, em termos de aderências às Diretrizes de Modelagem;- Zelar pela disponibilização e entrega dos arquivos de modelo BIM para os responsáveis das etapas de construção, manutenção e operação, garantindo que os arquivos estejam acessíveis a todos as partes interessadas.
 ADM Sistema de Engenharia	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer os processos de Produção de Modelos e Padronizações BIM;- Administração e configuração dos softwares (BIM) de engenharia nos projetos;- Salvaguardar as bibliotecas e <i>templates</i> desenvolvidos, de acordo com as necessidades BIM do projeto ou sob demanda;- Homologar os itens criados e disponibilizá-los no ambiente corporativo;- Dar suporte à equipe envolvida na produção dos projetos e operação dos softwares BIM, quando demandado;- Facilitar a gestão da informação em termos de armazenamento e fluxo de dados e manutenção de transferências de arquivos locais;- Prover para a área de TI premissas e procedimentos para suporte e sustentação dos sistemas, assim como retenção e armazenamento de dados.
 Analista Técnico de Engenharia BIM	<ul style="list-style-type: none">- Utilizar os modelos para verificar as soluções de engenharia e a aderência às premissas contratuais, normas e instruções técnicas vigentes (ex.: ABNT, NBR, NTS, etc.);- Conhecer as ferramentas BIM;- Verificar aderências aos Usos do Modelo BIM requeridos para o projeto, com foco nas necessidades da engenharia, como por exemplo análises hidráulicas requeridas.



Papel	Responsabilidades
 Analista de Qualidade BIM	<ul style="list-style-type: none">- Garantir que os modelos BIM sejam desenvolvidos de acordo com o Plano de Execução BIM, Manual de Contratação BIM, e demais Políticas da empresa;- Executar rotinas de verificação dos modelos BIM, produzindo relatórios, indicadores e identificando inconsistências que possam comprometer a qualidade do modelo BIM;- Garantir que o fluxo de informação entre os diversos modelos gerados ocorra de forma adequada;- Fazer parte do processo de revisão dos modelos e documentos dos projetos.
 Modelador BIM	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer o processo de Produção de Modelos BIM disciplinares;- Ter conhecimento do PEB do Projeto e segui-lo durante a modelagem de forma a garantir que os modelos BIM sejam desenvolvidos de acordo com o Plano de Execução BIM, Manual de Contratação BIM, e demais Políticas da empresa;- Realizar estudos, análises e projetos utilizando a modelagem BIM, dentro da competência das suas atividades;- Realização de consultas sobre os arquivos de projeto para atender as suas atividades cotidianas;- Participar de processos de revisão nos documentos dos projetos, indicando eventuais problemas ou não-conformidades que possam ocorrer em seu processo de elaboração, nos desenvolvidos internamente ou por empresas contratadas;- Apoiar outros profissionais, ainda não qualificados na operação de software BIM, na visualização das informações do modelo;- Modelagem adicional de bibliotecas não-padronizadas;- Modelagem de geometrias complexas que requerem programação de softwares BIM.
 Orçamentista BIM	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer o processo de Extração de Quantitativos e Orçamentação BIM Sabesp;- Extrair listas e quantitativos a partir de modelos BIM para calcular a quantidade de serviços com intuito de compor orçamentos;- Zelar pelas informações presentes nas listas e quantitativos gerados a partir do modelo BIM.
 Documentador BIM	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer o processo de Extração de Desenhos a partir do modelo BIM;- Ter conhecimento do Plano de Execução BIM do Projeto e segui-lo durante a extração da documentação;- Extrair os desenhos técnicos a partir de modelos BIM e inserir as anotações necessárias;- Extrair listas e tabelas a partir do modelo BIM para uso em desenhos ou em outros documentos.

Fonte: Autores.

No que se refere a relação de cursos e conteúdos programáticos foi proposta uma trilha de capacitação para cada papel BIM levantado. A estrutura da trilha de capacitação elaborada foi dividida em seis módulos principais e cursos complementares, conforme apresentado na Figura 4, a seguir.

Figura 4 - Relação de Cursos proposto para a Trilha de Conhecimento do Programa BIM Sabesp

- 1 - Fundamentos BIM**

 - 1.1 - Fundamentos: Programa BIM Sabesp – Introdução
 - 1.2 - Fundamentos: Conceitos BIM
 - 1.3 - Fundamentos: Implementação e Padronização
 - 1.4 - Fundamentos: Conhecendo as Tecnologias BIM
 - 1.5 - Fundamentos: Exemplos de Aplicação em Projetos BIM
 - 1.6 - Fundamentos: Outros Cases De Sucesso BIM (opcional)

5 - Modelagem BIM

 - 5.1 - Modelagem Essencial de Projetos de Obras Localizadas
 - 5.2 - Modelagem Essencial de Projetos de Obras Lineares
 - 5.3 - Projetos BIM de Obras Lineares
 - 5.4 - Projetos BIM de Obras Localizadas
 - 5.5 - Projetos BIM de Plantas de Tubulações
 - 5.6 - Modelagem de Realidade (Pré-Requisitos: Outros Cursos de Modelagem e Levantamento e Captura de Realidade)
 - 5.7 - Bibliotecas e Templates para Projetos de Saneamento

2 - Navegação em Modelos BIM e CDE

 - 2.1 - Hands-On: Navegação em Modelos de Saneamento
 - 2.2 - Hands-On: Navegação em Modelos de Saneamento
 - 2.3 - Ambiente Comum de Dados (Autodesk Docs/BIM 360) - Usuário
 - 2.4 - Ambiente Comum de Dados (Autodesk Docs/BIM 360) - Administrador

6 - Documentação, Auditoria e Extração de Informações a partir de modelos BIM

 - 6.1 - Documentação de Projetos de Obras Lineares
 - 6.2 - Documentação de Projetos de Obras Localizadas
 - 6.3 - Documentação de Projetos Plantas de Processo
 - 6.4 - Extração de Quantidades e Orçamento BIM
 - 6.5 - Verificação e Análise de Conformidade dos Modelos

3 - Planejamento, Coordenação e Análise de Projetos BIM

 - 3.1 - Fluxos e Planejamento de Execução BIM (PEB Projetos)
 - 3.2 - Planejamento e Coordenação de Projetos BIM de Saneamento
 - 3.3 - Verificação e Análise de Projetos BIM de Saneamento - Obras Lineares
 - 3.4 - Verificação e Análise de Projetos BIM de Saneamento - Obras Localizadas

7 - Cursos Complementares (opcional)

 - 7.1 - BIM Fundamentals for Engineers
 - 7.2 - Especialização em BIM (MBA BIM Senai) Infraestrutura
 - 7.3 - BIM (MSC) – University of Liverpool

4 - Concepção de Projetos BIM e Serviços de Apoio

 - 4.1 - Levantamentos de Campo e Captura de Realidade
 - 4.2 - Estudos de Viabilidade Técnica de Projetos BIM de Saneamento

Fonte: Autores.

A capacitação em BIM dentro do âmbito do Programa BIM Sabesp é de fundamental importância dentro do processo de Gestão da Mudança necessário para a implementação da metodologia que busca trazer vários benefícios para a SABESP, incluindo a melhoria da eficiência e qualidade do trabalho, a redução de erros e retrabalhos, o aumento da produtividade, entre outros.

Assim, visando o desenvolvimento de soluções educacionais que atinjam o maior número de profissionais e possibilite a formação de equipes de alto desempenho em BIM, foram desenvolvidas propostas formativas às necessidades de cada papel BIM, considerando o uso de tecnologias educacionais e estratégias de ensino variadas para facilitar o aprendizado. A Figura 5, a seguir, elucida dois exemplos do desenho da experiência completa de desenvolvimento dos papéis para Público Geral e Coordenador BIM, respectivamente.

Figura 5 – Exemplos de Trilha de Conhecimento para Público Geral e Coordenador BIM

- | Público Geral | Coordenador BIM |
|---|---|
| ✓ Fundamentos: Conceitos BIM (Curso Introdutório) | ✓ Fundamentos: Conceitos BIM (Curso Introdutório) |
| ⓘ Fundamentos: Implementação e Padronização (Palestras) | ✓ Fundamentos: Implementação e Padronização (Palestras) |
| ⓘ Fundamentos: Tecnologias BIM (Palestras) | ✓ Fundamentos: Tecnologias BIM (Palestras) |
| ⓘ Fundamentos: Projetos BIM (Palestras) | ✓ Fundamentos: Projetos BIM (Palestras) |
| ⓘ Fundamentos: Orçamento BIM (Palestras) | ✓ Fundamentos: Orçamento BIM (Palestras) |
| ⓘ Fundamentos: BIM na Obra (Palestras) | ✓ Fundamentos: BIM na Obra (Palestras) |
| ⓘ Fundamentos: Gestão de Ativos - Manutenção e Operação (Palestras) | ✓ Fundamentos: Gestão de Ativos - Manutenção e Operação (Palestras) |
| | ⓘ BIM Fundamentals for Engineers |
| | ✓ Ambiente Comum de Dados (Autodesk Docs/BIM 360) - Usuário |
| | ✓ Hands-on: Navegação em modelos de saneamento |
| | ✓ Fluxos e Planejamento de Execução BIM (PEB Projetos) |
| | ✓ Planejamento e coordenação de projetos BIM de saneamento |
| | ⓘ Levantamento de campo e captura de realidade |
| | ✓ Modelagem essencial de projetos de obras localizadas |
| | ✓ Modelagem essencial de projetos de obras lineares |
- Legenda:**
- ✓ Cursos obrigatórios
 - ⓘ Cursos opcionais

Fonte: Autores.

A proposta é que o formato dos cursos da trilha de conhecimento ocorra na forma de diferentes formas de treinamento: no formato "Universidade Empresarial" sejam realizados no ambiente da própria Universidade Empresarial Sabesp; no formato "EAD Videoconferência" que será disponibilizado pelo Programa BIM através da plataforma de vídeo conferência *Zoom ou Teams*; e, o formato "EAD Online" através do oferecimento de treinamento através de um site externo, utilizando a plataforma *Online*; e, o formato "Presencial" será ministrado por entidades educacionais externas, de forma presencial.

Avaliando os aspectos de cada um dos treinamentos propostos e as especificidades do contexto da SABESP, foi priorizada a utilização da Universidade Empresarial Sabesp, acrescido da disponibilização de um canal que seja capaz de suprir os déficits do material relacionados ao formato, como falta de interação e possibilidades de esclarecimento de dúvidas, bem como a possibilidade de contratação específica pelas unidades de treinamento complementar, caso julgado necessário.

A Tabela 2 a seguir, apresenta o modelo proposto de formato para os cursos da Trilha de Conhecimento BIM Sabesp no âmbito projetos

Tabela 2 – Modelo proposto de Formato para os Cursos da Trilha de Conhecimento BIM Sabesp para Projetos

Grupo	Treinamento/atividades	Formato
Fundamentos	Fundamentos: Conceitos BIM (Curso Introdutório)	Universidade Empresarial
	Fundamentos: Implementação e Padronização (Palestras)	Universidade Empresarial
	Fundamentos: Tecnologias BIM (Palestras)	Universidade Empresarial
	Fundamentos: Projetos BIM (Palestras)	Universidade Empresarial
	Fundamentos: Orçamento BIM (Palestras)	Universidade Empresarial
	Fundamentos: BIM na Obra (Palestras)	Universidade Empresarial
	Fundamentos: Gestão de Ativos - Manutenção e Operação (Palestras)	Universidade Empresarial
Navegação em Modelos BIM e CDE	Ambiente Comum de Dados (Autodesk Docs/BIM 360) - Usuário	Universidade Empresarial
	Ambiente Comum de Dados (Autodesk Docs/BIM 360) - Administrador	Universidade Empresarial
	Hands-on: Navegação em modelos de saneamento	Universidade Empresarial
Planejamento, Coordenação e Análise de Projetos BIM	Fluxos e Planejamento de Execução BIM (PEB Projetos)	Universidade Empresarial
	Planejamento e coordenação de projetos BIM de saneamento	Universidade Empresarial
	Verificação e análise de projetos BIM de saneamento - Obras lineares	Universidade Empresarial
	Verificação e análise de projetos BIM de saneamento - Obras localizadas	Universidade Empresarial
Concepção de Projetos BIM e Serviços de Apoio	Levantamento de campo e captura de realidade	Universidade Empresarial
	Estudos e viabilidade técnica de projetos BIM de saneamento	Universidade Empresarial

Grupo	Treinamento/atividades	Formato
Modelagem BIM	Modelagem essencial de projetos de obras localizadas	Universidade Empresarial
	Modelagem essencial de projetos de obras lineares	Universidade Empresarial
	Projetos BIM de obras lineares BIM	Universidade Empresarial
	Projetos BIM de obras localizadas	Universidade Empresarial
	Projetos BIM de plantas de tubulações	Universidade Empresarial
	Modelagem de realidade	Universidade Empresarial
	Bibliotecas e <i>templates</i> para projetos de saneamento	EAD Videoconferência
Documentação, Auditoria e Extração de Informações a partir de Modelos BIM	Documentação de projetos de obras lineares	Universidade Empresarial
	Documentação de projetos de obras localizadas	Universidade Empresarial
	Documentação de projetos de plantas de processo	Universidade Empresarial
	Extração de quantidades e orçamento BIM	Universidade Empresarial
	Verificação e análise de conformidade dos modelos	Universidade Empresarial
Cursos Complementares	<i>BIM Fundamentals for Engineers</i>	EAD Online
	Especialização em BIM (MBI BIM Senai) Infraestrutura	Presencial
	<i>BIM (MSc) – University of Liverpool</i>	Presencial

Fonte: Autores.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a aplicação do modelo teórico proposto por Aires & Freire (2021) adaptado para o contexto da Sabesp e do Programa BIM pode-se obter uma orientação fundamental para a construção da trilha de conhecimento BIM para projetos. O modelo serviu como base para a definição de uma estrutura para a construção da trilha de conhecimento e para a definição dos papéis, responsabilidades e competências necessárias para a aplicação efetiva da metodologia BIM na Sabesp.

Observou-se que para a construção de uma trilha de conhecimento BIM, requer-se uma definição clara dos papéis e responsabilidades dos profissionais envolvidos nos projetos, uma vez que serão o ponto de referência para a definição das habilidades e competências necessárias para a sua aplicação e que serão objeto de desenvolvimento.

A partir de um entendimento abrangente dos papéis e responsabilidades foi possível construir uma proposta de estrutura organizacional para as unidades onde serão aplicadas a metodologia BIM na companhia. A estrutura proposta compreendeu 09 (nove) papéis, distribuídos em 3 níveis hierárquicos e adicionalmente 01 (uma) trilha para público geral. No contexto da implementação do BIM, é possível que um profissional assumira mais de um papel, o que requer a capacitação adequada em diferentes competências. A trilha de conhecimento proposta deve levar em consideração essa possibilidade, identificando as áreas de capacitação e desenvolvimento necessárias para cada papel. É importante que a trilha ofereça cursos e conteúdos programáticos que abranjam as competências exigidas para cada papel e considere as especificidades do setor de saneamento, permitindo que os profissionais adquiram as habilidades necessárias para desempenhar múltiplas funções no contexto do BIM.

Outro passo importante, foi analisar as tecnologias específicas selecionadas para projetos BIM na Sabesp e avaliar se os instrumentos de ensino existentes no mercado atendem às necessidades da organização. Essa avaliação permitiu identificar lacunas de conhecimento e personalizar os cursos de acordo com as

necessidades da Sabesp para projetos, uma vez que oferecer cursos com conteúdo adequado é importante para garantir a aquisição das competências necessárias para aplicar efetivamente a metodologia BIM.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A implementação da Trilha de Conhecimento para projetos BIM proposta para a Sabesp desempenhará um papel importante na adoção bem-sucedida do BIM na organização. Ao longo deste estudo, ficou evidente a importância de fornecer um caminho estruturado para capacitar os profissionais envolvidos nos projetos, permitindo-lhes adquirir as competências necessárias para utilizar a metodologia BIM de maneira eficaz. A trilha oferece uma abordagem abrangente e direcionada, abordando as necessidades específicas de aprendizado e desenvolvimento de cada perfil de profissional BIM na Sabesp.

Recomenda-se que em aplicações do modelo proposto em trabalhos futuros que as trilhas de conhecimento sejam construídas com base nos perfis BIM específicos de cada organização, uma vez que, cada empresa possui suas particularidades em termos de estrutura organizacional, tipos de projetos e necessidades de competências, sendo, portanto, essencial adaptar a trilha de conhecimento de acordo com as características e requisitos de cada empresa, a fim de garantir uma implementação bem-sucedida do BIM.

Outra recomendação importante é a necessidade de atualização periódica da Trilha de Conhecimento inicialmente proposta, considerando que a tecnologia e as melhores práticas relacionadas ao BIM estão em constante evolução. O surgimento regular de novas ferramentas, métodos e abordagens requer uma atualização contínua das competências dos profissionais, sendo assim necessário revisar e atualizar regularmente a trilha de conhecimento para garantir que esteja alinhada com as últimas tendências e avanços no campo do BIM, bem como possíveis alterações nas necessidades da empresa.

Adicionalmente, recomenda-se a implementação um monitoramento contínuo da capacitação dos profissionais BIM na Sabesp, para avaliar a eficiência da aplicação do modelo proposto na Etapa 2 (execução) e Etapa 3 (prática), o que pode ser feito por meio de avaliações periódicas para verificar o progresso e a eficácia da trilha de conhecimento. Para isto, podem ser empregados testes de conhecimento, revisões de desempenho e *feedback* dos profissionais envolvidos. Este monitoramento terá como finalidade identificar pontos de melhoria na trilha de conhecimento inicialmente proposta, ajustando-a conforme necessário, procurando garantir que os profissionais estejam adquirindo as competências necessárias para utilizar o BIM de forma efetiva.

REFERÊNCIAS

1. AIRES, R. W. DO A.; FREIRE, P. D. S. Diretrizes para construção de trilhas de aprendizagem para desenvolvimento de profissionais do setor industrial da sociedade em transformação digital. **Revista Gestão em Análise**, v. 10, n. 2, p. 80, 5 ago. 2021.
2. ARAYICI, Y.; AOUAD, G. Building information modelling (BIM) for Construction Lifecycle Management. **School of the Built Environment, The University of Salford**, 2010.
3. BARBOSA, F. et al. Reinventing Construction: A route to higher productivity. **McKinsey Global Institute**, fev. 2017.
4. BAZÁN, Á. M. et al. New perspectives for bim usage in transportation infrastructure projects. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 20, p. 1–22, 2 out. 2020.
5. BRANDÃO, H. P. **Mapeamento de competências - Ferramentas, exercícios e aplicações em gestão de pessoas**. GEN-Atlas ed. [s.l: s.n.].
6. BRANDÃO, H. P.; FREITAS, I. A. **Trilhas de aprendizagem como estratégia para desenvolvimento de competências**. Encontro Anual da Associação dos Programas de Pós-Graduação em Administração – ENANPAD 29. **Anais...**2005.

7. CHAN, D. W. M.; OLAWUMI, T. O.; HO, A. M. L. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. **Journal of Building Engineering**, v. 25, 1 set. 2019.
8. DIAS COSTA, T.; RAMOS, C. **Gestão de Capacitação por Competências**. [s.l.: s.n.].
9. EASTMAN, C. M. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. [s.l.] Wiley, 2008.
10. FAROOQ, U. et al. Investigating bim implementation barriers and issues in Pakistan using ism approach. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 20, p. 1–21, 2 out. 2020.
11. GANZER, P. P. et al. **Modelo de Processo Tecnológico: Uma descrição de Evolução Histórica de Modelo Linear para Modelo Interativo**. XIII Mostra de Iniciação Científica, Pós-graduação, Pesquisa e Extensão. **Anais...Educs**, 8 nov. 2013.
12. GOODRUM, P. M. et al. Model to Predict the Impact of a Technology on Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2011.
13. NAGY, O.; PAPP, I.; SZABÓ, R. Z. Construction 4.0 organisational level challenges and solutions. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 21, 1 nov. 2021.
14. OCDE. **Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. Paris: [s.n.]. Disponível em: <<http://download.finep.gov.br/imprensa/oslo2.pdf>>. Acesso em: 24 maio. 2023.
15. OLANREWAJU, O. I. et al. Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 27, n. 10, p. 2931–2958, 21 out. 2020.
16. SAKA, A. B.; CHAN, D. W. M. **Adoption and implementation of building information modelling (BIM) in small and medium-sized enterprises (SMEs): a review and conceptualization**. **Engineering, Construction and Architectural Management** Emerald Group Holdings Ltd., , 2020.
17. SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, maio 2009.
18. TURNER, C. J. et al. Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and Opportunities. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 17, n. 2, p. 746–756, 1 fev. 2021.
19. WUNDRACK, R. et al. **Educação Corporativa como Ferramenta para Estimular a Inovação nas Organizações: uma Revisão de Literatura**. 13º Congresso Brasileiro de Gestão do Conhecimento. **Anais...2016**.
20. ZIMMER, P. et al. **Inovação em Rede Como inserir sua empresa no ecossistema de inovação**. Florianópolis: [s.n.].