

**Comitê de Estudos CE - Título do Comitê de Estudos CE****BIM DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO COM SUPORTE À TOMADA DE DECISÕES E ACESSO À INFORMAÇÕES DE ATIVOS POR MEIO DE GIS E SAP**

A. CARDOSO*
Universidade Federal de
Uberlândia – MG
Brasil
alexandre@ufu.br

G. LIMA
Universidade Federal de
Uberlândia – MG
Brasil
gfml69@gmail.com

E. LAMOUNIER
Universidade Federal de
Uberlândia – MG
Brasil
lamounier@ufu.br

A. ARAUJO
Universidade Federal de
Uberlândia – MG
Brasil
andre.araujo@ufu.br

S. SILVEIRA
IMAGEM
Brasil
srrsilveira@grupoimg.com.br

L. FARIAS
Universidade Federal de
Uberlândia – MG
Brasil
andre.araujo@ufu.br

G. LAURA
Universidade Federal de
Uberlândia – MG
Brasil
lmachadogomes1@gmail.com

A. ROSENTINO
UFTM
Brasil
arnaldo.rosentino@uftm.edu.br

A. MAROTTI
Furnas/Eletróbrás
Brasil
amarotti@furnas.com.br

R. OLIVEIRA
Furnas/Eletróbrás
Brasil
rolivei@furnas.com.br

***Resumo** – Este trabalho apresenta a adoção de uma Metodologia GEOBIM, associada às informações de ativos de subestações tipificadas em ambientes SAP (ERP - Enterprise Resource Planning) e GIS (Geographic Information System). Desde a concepção do projeto até as fases da operação, a gestão de ativos de uma subestação requer bases de dados, caracterizadas por informações de diversas disciplinas, organizadas e estruturadas, de modo a permitir a tomada de decisões, durante todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a sua concepção até o seu descomissionamento. Neste contexto, um grande volume de informações requer estruturação e inter-relacionamento para a gestão eficiente. Entretanto, evidenciam-se fortes limitações de tal demanda, por inexistência de processos e pouco expertise para tais fins. Neste cenário, oportuniza-se a adoção de novas metodologias, tais como o BIM (Building Information Modeling), que pode ser definido a partir de uma representação digital das características físicas e funcionais de um dado componente (ativo de transmissão), contemplando todas as informações a ele associadas, sejam elas, de natureza eletromecânicas, eletroeletrônicas, orçamentárias, e de atributos associados à manutenção e operação, ao longo do seu ciclo de vida. Associada ao BIM, a adoção do GIS, que é a representação do ativo georreferenciado será implantado é de extrema valia e relevância. A associação desses dois domínios de informações, a qual denominamos de GEOBIM, é imprescindível em projetos realizados em larga escala, como são os projetos de subestações de alta tensão, e extremamente relevante para a otimização da Gestão dos Ativos das concessionárias de energia elétrica. De fato, o BIM é mais amplo que uma simples visualização 3D (representação digital), uma vez que considera uma única fonte de informações, integrando todos os agentes e disciplinas envolvidas no desenvolvimento do projeto em todas as suas fases, de forma automatizada. Os resultados da adoção do BIM associado ao GIS em subestações podem mitigar a segregação e a deficiência*

de informações, além da incompatibilidade entre as disciplinas envolvidas. E, um dos desafios nessa trajetória é a integração dos modelos e componentes BIM com o Cadastro de Ativos presentes no ambiente SAP (ERP - Enterprise Resource Planning). Neste contexto, este trabalho foca ainda na estratégia e na solução de integração da biblioteca de objetos BIM (modelos de equipamentos, estruturas e sistemas) de subestações, de forma associada ao cadastro de ativos georeferenciados, possibilitando que todas as estruturas de informações desses ativos sejam mantidas consistentes nos sistemas BIM e SAP, simultaneamente.

Palavras-chave: GEOBIM, Subestações, GIS, SAP, Gestão de Ativos.

1. INTRODUÇÃO

Com a digitalização do setor elétrico, faz-se necessária a busca de eficiência durante as fases de projeto, operação e manutenção das Subestações de Energia Elétrica. Neste contexto, a adoção da metodologia BIM (*Building Information Modeling*), por meio de modificações de 3P (Processos, Projetos e Pessoas), aliada com representações de modelos em 3D inteligentes e compartilhamento de informações entre equipes multidisciplinares, propicia aos profissionais de Arquitetura, Engenharia e Construção, a visão e as ferramentas para planejar, projetar, construir e gerenciar a infraestrutura e o aprimoramento da gestão do projeto, do acompanhamento de rotina, das manutenções e da operação [001]. Assim, o BIM é mais do que uma simples visualização tridimensional, pois também agrega informações relevantes sobre ativos, estruturas, arranjos e a subestação em si [002].

Há ainda muito que se pesquisar sobre a aplicação de BIM em projetos de subestações. Pode-se encontrar estratégias que tem evoluído até a tecnologia BIM 3D, como por exemplo, aquela desenvolvida em [003], onde são feitas a criação de um gêmeo digital a partir de informação existente no terreno, associadas à modelagem de uma superfície para a elaboração do plano de terraplenagem e a criação de “famílias” paramétricas reutilizáveis, não nativos do software Revit®. Já existem também alguns avanços para formação do BIM 4D em subestações, onde as informações do modelo de construção e as informações de tempo são integradas [004]. Não obstante, em face dos trabalhos existentes há que se destacar a fragmentação e deficiência das informações, com danos às fases do ciclo de vida das instalações.

Objetiva-se neste trabalho o desenvolvimento e a implantação de uma metodologia para integração de BIM - GIS (*Geographical Information System*) – GEOBIM – e SAP, no contexto das subestações de energia elétrica, tomando-se a empresa FURNAS Centrais Elétricas S/A como ambiente de aplicação. Para tal, são apresentadas as etapas de processo, com a proposição de modelagem paramétrica dos objetos BIM, associada a Cadastro de Ativos (SAP), com suporte à tomada de decisões nas fases do ciclo de vida. Por meio da integração das equipes de FURNAS, da UFU e da IMAGEM, apresenta-se o protótipo funcional, com modelos dos ativos para a Subestação de Mascarenhas de Moraes, operada por FURNAS, e as estratégias de associação de modelos com as informações do SAP e de GIS. Destaca-se que o GEOBIM FURNAS atende aos requisitos de modelagem paramétrica de ativos, de forma precisa e fidedigna. A solução está baseada em modelagem geométrica, de forma que o software deve ser capaz de implementar informações físicas, e ainda ser capaz de definir custos e informações pertinentes à ativos em campo de subestações de energia elétrica.

2. CONCEITUAÇÃO

2.1. MODELAGEM PARAMÉTRICA

A metodologia BIM se apoia na parametrização de componentes que comporão os artefatos, com representação por estruturas em 3D, a serem concebidos. A parametrização deve capacitar a representação, associada com os níveis de modelagem e de informação (LOIN – Level of Information Need), relacionadas com qualidade, quantidade e granularidade da Informação.

Com uso de tal metodologia, a criação de modelos digitais de edifícios (BIM) se baseia na definição de objetos pela definição de seus parâmetros, como tamanho, forma, posição, etc. Isso permite que os objetos sejam facilmente modificados e atualizados ao longo do projeto. Com uso de objetos associados ao projeto, para propiciar a parametrização de uma instância de um elemento de construção define-se uma família de modelo ou classe de elemento, que é um conjunto de relações e regras para controlar os parâmetros pelos quais as instâncias de elemento podem ser geradas. Entretanto, cada um irá variar de acordo com seu contexto [005]. Assim, a parametrização de objetos é um princípio fundamental do BIM, calcada na especificação de dependências geométricas e associativas, em um modelo de informação de construção [006], [007].

2.2. CONCEITUAÇÃO: GEOBIM

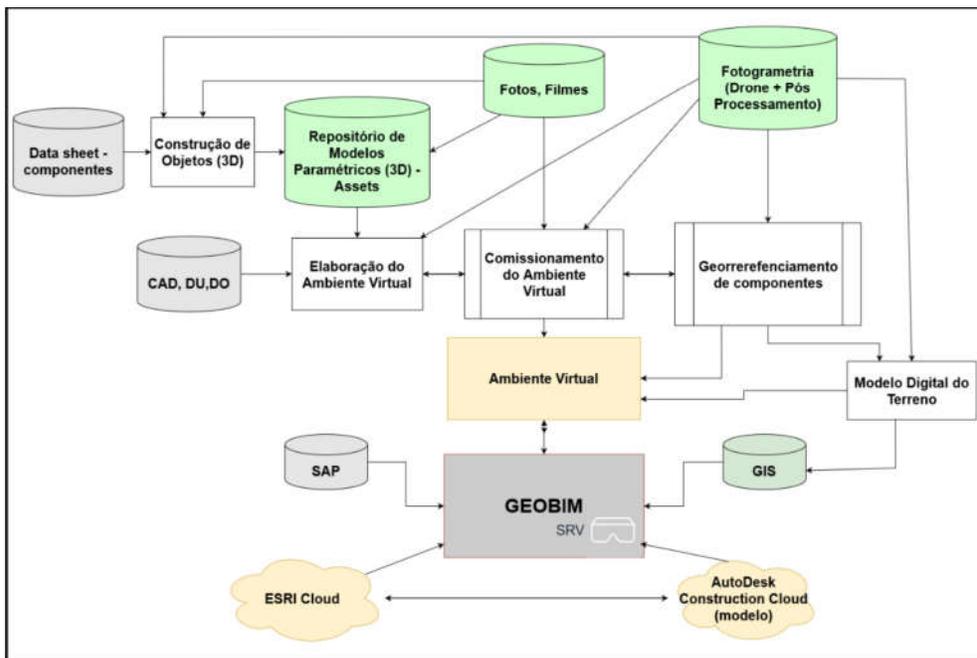
GEOBIM é um conceito que se refere à integração de informações geográficas e de construção em um único modelo digital para fornecer uma visão mais completa e precisa do projeto. A expressão GEOBIM tem recebido utilizações em variadas aplicações recentes, dentre elas, a construção de bancos de dados de tipologias construtivas em cidades [010], o levantamento de características de elementos de tamanho pequeno na paisagem, como a vegetação [011] coleta de gerenciamento de dados em rodovias [012], gerenciamento e manutenção de obras e equipamentos em campus universitários [013], além de contribuir para a prevenção de desastres, antevendo risco a partir da posição de pressões de vento em regiões específicas [014].

Alimentar sistemas GIS com modelos BIM traz benefícios inegáveis. É possível integrar diferentes tipos de dados, que são representados de forma gráfica (pontos, linhas e polígonos), numérica (caracteres numéricos) ou alfanumérica (combinação de letras e números), permitindo a visualização de camadas de informações, geração de mapas e cenas 3D [015]. Ao aplicar o uso do GeoBIM em projetos de subestações, os projetistas e construtores podem visualizar o projeto em um contexto geográfico, o que é útil para entender como o projeto afetará o entorno e como ele se relaciona com as infraestruturas existentes.

3. METODOLOGIA

As seguintes atividades fazem parte da metodologia do desenvolvimento da solução:

1. Levantamento do estado atual da arte das tecnologias existentes nos mercados nacional e internacional;
2. Concebeu-se uma estratégia de modelagem;
3. Propôs-se uma metodologia para o desenvolvimento de modelos BIM;
4. Definiu-se um processo de validação destes modelos quanto às funcionalidades desejadas para o sistema;
5. Foi definida uma metodologia para integração do Sistema BIM com o GIS;
6. Por fim, elaborou-se uma metodologia para mapear informações do Sistema BIM e incorporadas ao GIS e ao SAP PM.



A
Figura 1 apresenta o processo adotado para concepção da solução GEOBIM Furnas.

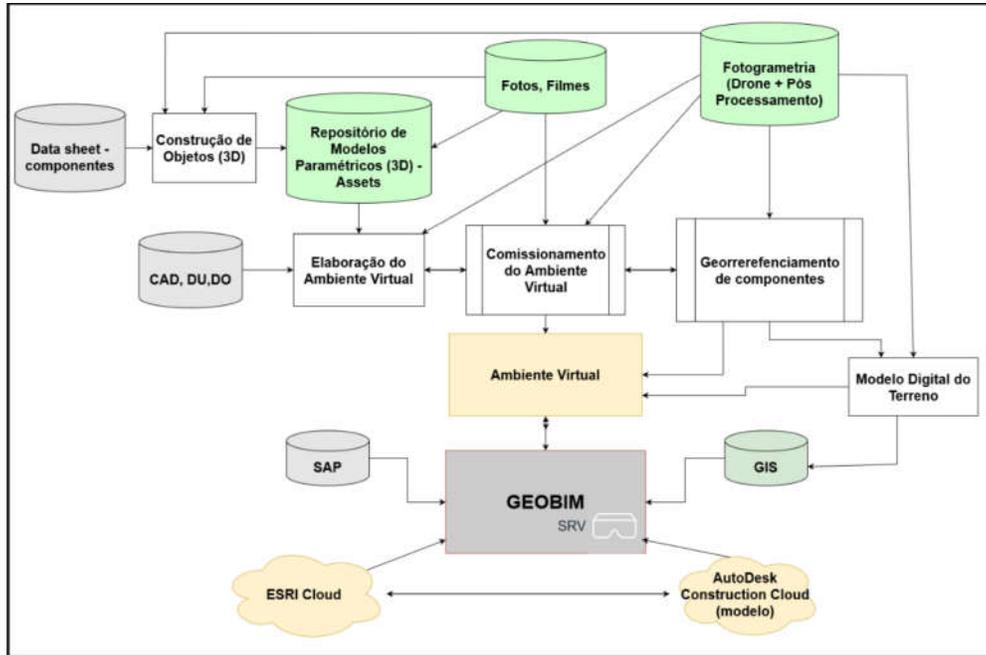


Figura 1 - Esquemático do processo de concepção - GEOBIM Furnas

3.1. Construção de Objetos (3D)

Para o desenvolvimento da solução, a subestação de Furnas Eletrobrás, SE Mascarenhas de Moraes foi modelada, a partir da concepção dos modelos paramétricos que a compõem. Tal SE é integrada à UHE Mascarenhas de Moraes, localizada em Ibiraci - MG e opera com tensões nos níveis de 345 kV e 138 kV. O processo de concepção dos modelos que compõem os ambientes virtuais se baseia na modelagem manual, por meio de software de modelagem, a partir de insumos, tais como: *datasheets* dos componentes, fotos e filmes tirados em campo, projetos CAD e fotogrametria, a partir de imagens capturadas por Drones. A Figura 2 apresenta o resultado da concepção de modelo virtual de um disjuntor, com a identificação de seus atributos. Na elaboração do protótipo da Subestação de Mascarenhas de Moraes, os modelos foram construídos e armazenados na nuvem por meio da utilização do Autodesk Construction Cloud, permitindo acesso a cada modelo. Destaca-se que o modelo é base para a constituição do Ambiente Virtual da Subestação, no REVIT, com a posterior identificação de cada um de seus parâmetros (atributos). Nesta estratégia, cada componente do Ambiente Virtual fica enriquecido com suas informações, parte delas, de atributos geométricos, parte delas vindas do ERP e parte delas vinda do GIS.

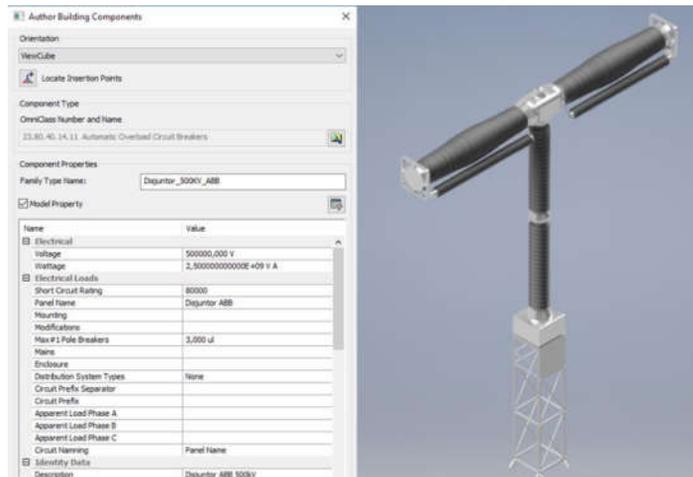


Figura 2 - Modelagem Manual, a partir de dados de componente.

3.2. Fotogrametria com uso de Drone e Georreferenciamento de Componentes

Para compor a solução proposta neste trabalho foi utilizado um processo conhecido como “Modelagem 3D a partir de fotogrametria”, o qual é baseado na técnica de reconstrução 3D a partir de uma nuvem de pontos. Uma nuvem de pontos é uma representação tridimensional de objetos ou terrenos, composta por uma grande quantidade de pontos com coordenadas tridimensionais. Por meio do mapeamento das informações obtidas, por voo de Drone, foram constituídos os mapas de georreferenciamento de componentes, associados com as informações pré-existentes no GIS de Furnas e com as informações coletadas em campo. A Figura 3 apresenta o mosaico do conjunto de imagens, capturadas, em campo, com uso de Drones.



Figura 3 - Mosaico do conjunto de imagens.

O processo de criação de classes GIS correspondentes aos equipamentos e estruturas da subestação de Mascarenhas de Moraes teve como base os Diagramas de Arranjo Geral e de Operação, de forma a garantir a correta correlação entre esses elementos de forma que todos estejam corretamente posicionados e georreferenciados no modelo. Figura 5 apresenta o modelo georreferenciado, com uso de dados da Fotogrametria.



Figura 5 - Classes GIS georreferenciadas, correspondentes aos elementos da Subestação Mascarenhas de Moraes.

3.3. Elaboração do Ambiente Virtual

Para a construção do ambiente virtual em BIM é necessário uma série de softwares suplementares. O primeiro deles é o CAD. No modelo CAD é possível identificar a disposição dos ativos, sua localização espacial no eixo X e Y e também quais são esses ativos. O autoCAD também auxilia na modelagem dos ativos estruturais como as torres metálicas e por isso é o primeiro a ser inserido no software BIM, Revit.

A Figura 6 apresenta a concepção da Subestação, com representação no Revit e uso da Biblioteca de Componentes Virtuais.

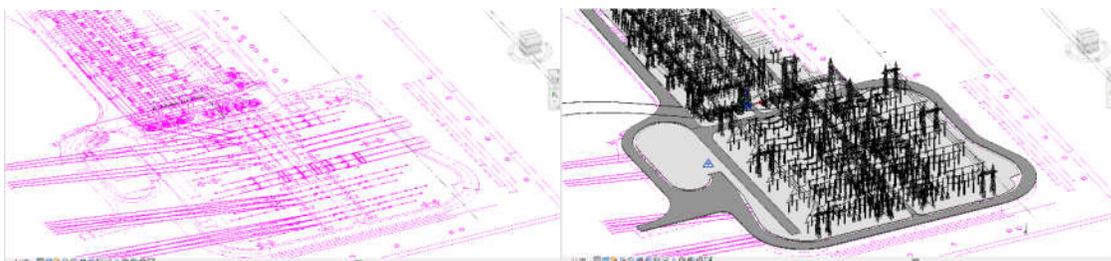


Figura 6 – Concepção do Arranjo da Subestação de Mascarenhas de Moares

O próximo software complementar é o Inventor, ele permite a criação de protótipos funcionais e é um software muito mais qualificado em questão de modelagem de máquina do que o Revit. O ativo é criado no inventor a partir do datasheet da subestação. Por fim, os ativos devem ter conexão entre si, por meio dos cabos, barramentos e conectores. Esse trabalho deve ser feito no Revit com o uso das ferramentas de cabo ou duto flexível. Os ativos devem estar conectados entre si, mas também com as estruturas. Um desafio é compreender exatamente onde passam esses cabos e onde começam e finalizam as conexões. Para melhor compreensão foi necessário um conjunto de imagens de drone, imagens das visitas e sobreposição com os cortes e plantas. Esse tipo de documentação dá suporte às modelagens que dependem principalmente da variável Z para serem alocadas, como pode ser visto na Figura 7. Figura 7 - Vista Lateral de Modelo concebido, com uso de Modelagem Manual.

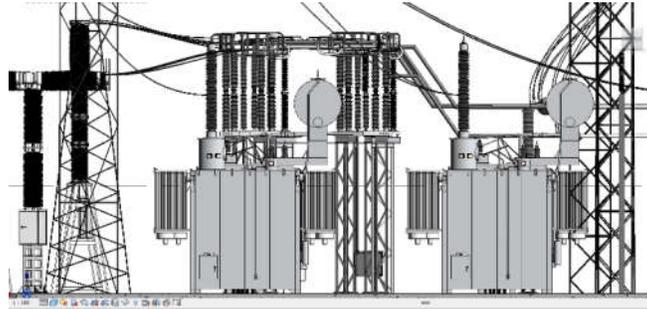


Figura 7 - Vista Lateral de Modelo concebido, com uso de Modelagem Manual

3.4. Comissionamento do Ambiente Virtual

O comissionamento se dá por comparação do Ambiente Virtual com as fotos, filmes e resultados da Fotogrametria.

3.5. Modelo Digital do Terreno

A partir da geolocalização dos elementos da subestação no GIS, correspondentes ao modelo virtual dos equipamentos e estruturas (BIM), foi adicionado o modelo digital do terreno onde o ativo está implantado, de forma a ser possível observar todas as características do entorno de sua instalação – Figura 8.



Figura 8 - Modelo Digital de Terreno da SE Mascarenhas de Moraes

4. RESULTADOS

A Figura 9 apresenta o processo de concepção das associações de objetos modelados, inseridos no Ambiente Virtual da Subestação, com as bases de informação: GIS, BIM e ERP (SAP).



Figura 9 - Processo de concepção (etapas)

A Figura 10 apresenta a representação de equipamentos, associados com os modelos BIM, e georreferenciados no GIS – etapa (5)

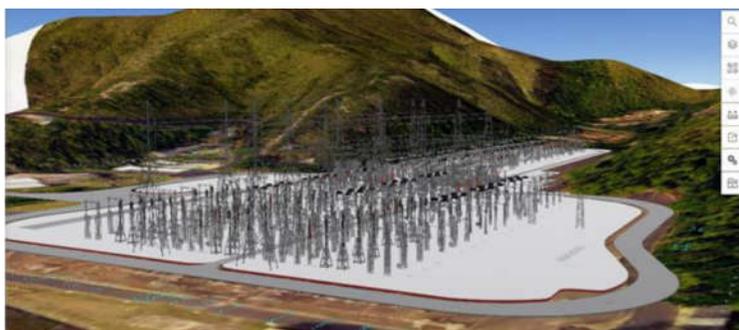


Figura 10 - Modelo BIM da SE Mascarenhas de Moraes representado no GIS

A Figura 11 apresenta o resultado de representação de informações, junto a um dado cenário estabelecido a partir da junção das classes GIS e o modelo digital do local onde o ativo está implantado.

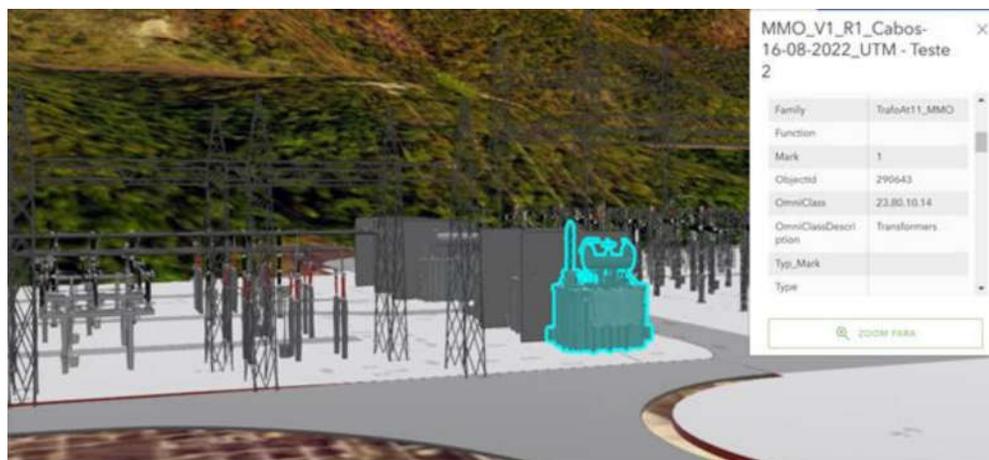


Figura 11 - Modelo BIM parametrizado do Trafo AT11 da SE Mascarenhas de Moraes

5. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma proposta de concepção do *GEOBIM*, associada com a modelagem geométrica de ativos baseado na identificação de parâmetros de subestações de energia elétrica. O processo de parametrização está integrado com atributos advindos do GIS e do SAP.

Os resultados evidenciaram a integração de dados e informações, principalmente no ambiente 3D concebido, por meio das informações do componente, em si, dados de georreferenciamento e dados disponíveis no SAP. Neste contexto, prevê-se a possibilidade de geração de informações para a simulação de diversos cenários construtivos de obras, manutenção e gestão dos ativos. Dentre estes incluem-se desenvolvimento de projetos, listas de materiais, dados de custos e parâmetros gerenciais que otimizam etapas construtivas. Todo este

arcabouço apresentou grande potencial para redução de custos e processos. A integração com SAP permitiu o gerenciamento de ativos atendendo a requisitos normativos e regulatórios exigidos no mercado. Do ponto de vista operacional, o Modelo Virtual GEOBIM traz recursos de operação em ambiente virtual com grande robustez, pois o banco de dados associado permite o desenvolvimento de aplicações de operação do sistema, assistido por realidade virtual e aumentada, trazendo a transformação digital para o setor de transmissão de energia elétrica de subestações AT, permitirá a visualização das estruturas e de seus atributos, com imersão e sobreposição de informações, no próprio local.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FURNAS e à ANEEL pelo apoio, por meio do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), intitulado “Desenvolvimento de Metodologia utilizando o conceito BIM (Building Information Modeling) aplicada a projetos de Subestações integrado à sistema de Inteligência Geográfica (SIG)” à FAPEMIG (Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), CAPES e CNPq pelo apoio financeiro no suporte de pesquisas e equipes do Grupo de Pesquisas em Realidade Virtual e Aumentada da Universidade Federal de Uberlândia (GRVA /UFU).

7. REFERÊNCIAS

- [001] AUTODESK, “BIM 360 Design: Revit worksharing and design collaboration software.” <https://www.autodesk.com/bim-360/> (accessed Jan. 23, 2023).
- [002] S. Catarina, “Caderno de Apresentação de Projetos em BIM.” Santa Catarina: Governo do Estado de Santa Catarina, 2014.
- [003] F. Sun, Y. Li, L. Xu, W. Huang, P. Zhang and M. Zhang, "Virtual Reality-Based 4D-BIM Method for Substations," 2022 7th Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems (ACIRS), Tianjin, China, 2022, pp. 123-127, doi: 10.1109/ACIRS55390.2022.9845529.
- [004] A. Moncada and E. Henao, "Implementation of BIM approach for the design of high and extra high voltage electrical substations," 2019 FISE-IEEE/CIGRE Conference - Living the energy Transition (FISE/CIGRE), Medellin, Colombia, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/FISECIGRE48012.2019.8984961.
- [005] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, “BIM Tools and Parametric Modeling,” in BIM Handbook, 2008, pp. 25–64.
- [006] L. Lin et al., “The Creation and Exploration of Revit Family Based on BIM Technology,” in 2016 International Conference on Smart City and Systems Engineering (ICSCSE), 2016, pp. 241–244, doi: 10.1109/ICSCSE.2016.0072.
- [007] E. Ignatova, H. Kirschke, E. Tauscher, and K. Smarsly, Parametric geometric modeling in construction planning using industry foundation classes. 2015.
- [008] N. B. T. Ferreira, “A WebGL application based on BIM IFC,” Universidade Fernando Pessoa, 2012.
- [009] X. Liu, X. Wang, G. Wright, J. Cheng, X. Li, and R. Liu, “A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS),” ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 6, p. 53, Feb. 2017, doi: 10.3390/ijgi6020053.
- [010] M. Honic, P. Ferschin, D. Breitfuss, O. Cencic, G. Gourlis, I. Kovacic, C. De Wolf, “Framework for the assessment of the existing building stock through BIM and GIS”, Developments in the Built Environment, pp. 1-11, 2023. DOI: 10.1016/j.dibe.2022.100110

[011] A. S. Borkowski, Ł. Kochański, M. Wyszomirski, “A Case Study on Building Information (BIM) and Land Information (LIM) Models Including Geospatial Data”, *Geomatics and Environmental Engineering* 17, pp. 19-34, 2023. DOI: 10.7494/geom.2023.17.1.19

[012] F. Pan, Y. Mao, “Research and Application of Construction Technology of Intelligent Functional Area Based on BIM+GIS in Highway Engineering”, *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 31, pp. 120–127, 2022. DOI: 10.3233/ATDE220859

[013] M. Silvia, L. Pellegrini, M. Locatelli, D. Accardo, L. Tagliabue, D. Chiarac G. Martino, M. Avena, “Toward cognitive digital twins using a BIM-GIS asset management system for a diffused university”, *Frontiers in Built Environment* 81, pp. 1-28, Dec. 2022. DOI: 10.3389/fbuil.2022.959475

[014] O. Nofal, J. van de Lind, A. Zakzouk, “BIM-GIS integration approach for high-fidelity wind hazard modeling at the community-level”, *Frontiers in Built Environment* 82, pp. 1-16, Nov. 2022 DOI: 10.3389/fbuil.2022.915209

[015] G. Câmara, C. Davis, and A. M. V. Monteiro, “Introdução à Ciência da Geoinformação,” São José dos Campos, INPE, 2001. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> (accessed Aug. 03, 2021).