



METODOLOGIA DE MODELAGEM BIM PARA AUXÍLIO AO PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

Ian Avelar Peixoto*¹, Leonardo Nery Carrijo dos Santos¹, Augusto Simão Mansur², Gabriel Fernandes Cyrino¹, Isabela Cristina dos Santos Peres¹, Gerson Flávio Mendes de Lima¹, Edgard Lamounier¹ e Alexandre Cardoso¹

¹FEELT - Universidade Federal de Uberlândia

²FACIV - Universidade Federal de Uberlândia

Resumo - A complexidade da engenharia contemporânea, aliada a uma necessidade de reduzir a distância de comunicação entre os colaboradores de um projeto, requer o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias. Nesse viés, percebe-se a grande utilidade que a realidade virtual (RV) pode angariar a um projeto, uma vez que essa permite uma análise completa e prévia do ambiente a ser construído, de modo a evitar possíveis falhas no manuseio do equipamento, como também na comunicação dos trabalhadores encarregados do projeto. Esta tecnologia pode ser integrada ao Building Information Modeling (BIM), o qual consiste na modelagem de componentes com uma camada informacional que permite o compartilhamento de informações por intermédio de diferentes softwares interligados. Neste trabalho, destacou-se a aplicabilidade da ferramenta BIM para manutenção e operação de subestações de energia elétrica. Este trabalho propõe uma metodologia de modelagem de equipamentos de subestações utilizando técnicas BIM. Inicialmente foi modelado um transformador de potência. Concluiu-se que o BIM é uma promessa futura de análise de ocorrências em uma planta industrial, planejamento de intervenções, projeto que envolva sistemas críticos, além de facilitar a comunicação e o treinamento de novos profissionais.

Palavras-Chave - BIM - Intervenções - Modelagem - Simulação - Subestação

BIM MODELING METHODOLOGY FOR AID TO THE PLANNING OF INTERVENTIONS IN ELECTRICAL ENERGY SUBSTATIONS

Abstract - The complexity of contemporary engineering, allied with the necessity to reduce the distance of communication between the contributors of a project, requires the development of new technologies and methodologies. In this bias, it is noticed the great utility that Virtual Reality (VR) can collect to the project, once this one allows a com-

plete and preview analysis of the environment to be built, aiming to eschew possible failures in the equipment handling, as well as in the communication of the workers in charge of the project. This technology can be integrated in the process of Building Information Modeling (BIM), which consists of modeling of components with an informational layer, that allows a information sharing by means of interconnected software. In this work, it was emphasized the applicability of the tool BIM for operation and maintenance for electrical substations. It was proposed a methodology for the production of models allied to BIM techniques. Initially, it was modeled a three-dimensional power transformer. It was concluded that the BIM is a future promise to analysis of occurrences in an industrial plant, planning of intervention, projects related to critics systems, beyond of facilitate the communication and the training of freshmen professional.

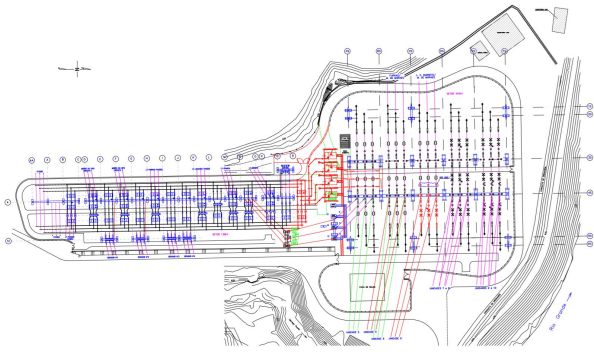
Keywords - BIM - Interventions - Modeling - Simulation - Substation .

I. INTRODUÇÃO

Subestações de energia elétrica são fundamentais em qualquer parte do mundo na atualidade, uma vez que garantem a correta distribuição de energia elétrica, em uma sociedade que cada vez consome mais eletricidade, devido ao crescimento de áreas urbanas e de uma distribuição mais igualitária de energia. De forma paralela, as concessionárias de energia são as empresas as quais realizam a transmissão e distribuição de energia elétrica para uma determinada região, de modo que contém o espaço e os equipamentos adequados para realizar tais projetos. Assim, entende-se esses sistemas como sendo de alto grau de complexidade, como pode ser observado na Figura 1, a qual representa uma planta baixa de uma subestação de energia elétrica.

*avelarian@gmail.com

Figura 1: Planta da subestação elétrica estudada.



Ainda que a grande maioria desses estabelecimentos cumprem suas responsabilidades com elevada eficiência, sabe-se que o seu alto grau de complexidade compromete a eficiência dos serviços em alguns aspectos, como processos para substituição de equipamentos, reforços e ou ampliações na sua capacidade operativa [1]. Dessa forma, a mudança estrutural em diversas subestações é prejudicada e os projetos para realizá-las são significativamente lentos. Ademais, a base informacional dos projetistas com relação à esses parques são retirados de desenhos e especificações técnicas, constituídas ao longo de anos sob uma ética bidimensional, logo, gera-se problemas acerca de uma desatualização de conhecimentos técnicos sobre os parques industriais por parte dos projetistas, seja por desconhecimento da obsolescência de certos sistemas, ou da incapacidade deste de prever conflitos os quais estes terão com questões de sua natureza técnica [2].

Aliado à dificuldade de se intervir nos espaços físicos de parques industriais, na atualidade, as técnicas de Realidade Virtual (RV) estão sendo desenvolvidas em larga escala e vêm propiciando condições de desenvolvimento de soluções compatíveis com as distintas áreas da indústria, principalmente, em setores críticos, onde pequenos erros originam grandes acidentes [3]. Portanto, é possível desenvolver objetos e ambientes virtuais dos sistemas críticos e, assim, auxiliar em diversas áreas da indústria, como treinamento de colaboradores, incorporação e atualização detalhada de dados técnicos, etc [4].

Especificadamente, subestações de energia elétrica são sistemas altamente críticos, uma vez que apresentam conjuntos de alto grau de complexidade e periculosidade. Nesse sentido, a relação entre o avanço das tecnologias de Realidade Virtual e a problemática enunciada nas subestações de energia elétrica consiste em aplicar técnicas de RV [?] com o objetivo de desenvolver modelos tridimensionais a partir da metodologia do *Building Information Modeling (BIM)* para auxiliar projetistas a planejar detalhadamente os processos de intervenção no espaço físico o qual estes estão inseridos. No que tange as subestações elétricas, tornaria-se claro o conhecimento a cerca dos locais ativos e facilitaria-se a substituição de equipamentos e o possibilidade de aprimorar a capacidade de operação do local [5].

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A partir de pesquisas conceituais e teóricas foi possível encontrar e apresentar conceitos os quais serão utilizados na

construção da solução que será apresentada. Ademais, visa-se explicitar a relação que esses conceitos apresentam com o produto final a ser desenvolvido, de modo que quando aplicado ao mercado de trabalho, possa proporcionar os benefícios almeçados.

A. *Building Information Modeling (BIM)*

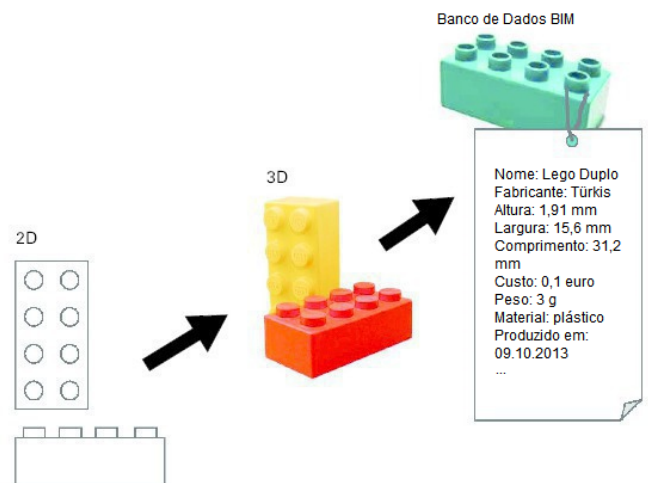
Building Information Modeling (BIM), pode ser traduzido como Modelagem da Informação da Construção, trata-se de um dos avanços recentes mais promissores na indústria de arquitetura, engenharia e construção, áreas as quais são, constantemente, desafiadas a serem mais eficientes [6].

Como o *BIM* trata-se, a princípio, de uma modelagem acerca de uma informação já estabelecida, seu projeto é pautado e determinado por dimensões, as quais são dependentes do nível de informação que o modelo possui. Dessa forma, além da tradicional visualização geométrica, o *BIM* permite ao projetista visualizar informações técnicas, de campo e simular atividades com o modelo a ser desenvolvido, a efeito de gerar testes e prever possíveis erros [7].

Para que o modelo receba essa informações e as reconheçam a modelagem deve ser do tipo orientada a objeto, onde cada objeto é caracterizado individualmente pelos seus detalhes e, posteriormente, organizados e agrupados [8]. Tal processo é denominado como modelagem paramétrica e informacional, das quais as propriedades são definidas pelo utilizador, de modo a gerar aproximações com a realidade.

Esse processo pode ser representado, simplificado, pela Figura 2, onde um objeto 2D é transformado em um modelo tridimensional com detalhamento físico elevado e fiel à realidade, permitindo assim receber as informações técnicas do objeto real, como massa, volume, especificações métricas, etc. Por fim, esse é apresentado como um produto final caracterizado pela metodologia *BIM*, caracterizando-se assim, como um objeto virtual extremamente próximo à realidade [5].

Figura 2: Etapas previstas pela metodologia *BIM*



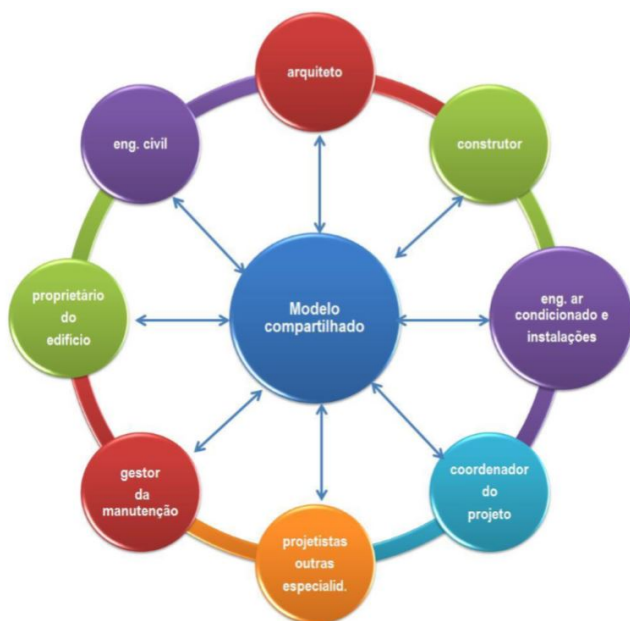
Fonte: Adaptado de Vasconcelos, 2015

Os modelos provenientes da metodologia *BIM* impõem o desenvolvimento de novas formas de colaborar, produzir e

compartilhar o conhecimento. Nesse sentido, é necessário, analisar e atualizar a função de cada um no processo de modelagem, assim como o projeto, o qual deve ser concebido através da participação multidisciplinar incorporada, onde todos possam ter uma compreensão do modelo, como exemplificado na Figura 2.

Sendo assim, a partilha da informação deste modelo com todos os colaboradores permite que o trabalho seja realizado na mesma plataforma, o que permite diminuir os erros e omissões provenientes da interpretação e a tradução deficiente da informação, otimizando a harmonia do modelo à medida que acrescenta-se dados [9].

Figura 3: Conceito de modelo compartilhado.



Fonte: Tavares, 2014

A compatibilização de projetos de diferentes especialidades é uma das tarefas mais árduas a nível de gestão de projetos. As ferramentas *BIM* apontam cada vez mais para o trabalho de toda a informação num só modelo e, hoje, existem aplicações que permitem, não só a junção de diversos projetos, como também a verificação da compatibilidade de modelos, identificando sobreposições, conflitos, erros e omissões no modelo global [9]. Nesse sentido, a realização de intervenções em ambientes como subestações elétricas, que requerem diversos profissionais para organizar as diversas disciplinas necessárias no projeto, se torna fácil e rápido em função do compartilhamento de informações do modelo tridimensional abordado entre a equipe e, assim, a substituição ou alteração do mesmo se torna um processo amplamente conhecido pelos profissionais envolvidos.

B. Metodologia BIM e Realidade Virtual (RV)

É válido analisar algumas das ferramentas que foram desenvolvidas e visualizar a transição das tecnologias nas indústrias. Essas passaram de desenhos 2D em pranchetas para CAD 2D e ao desenvolvimento de desenhos 3D como aplicações visuais (com separação dos documentos de produção). A indústria

está iniciando a utilização de gráficos tridimensionais integrados que abordam tanto a operação quanto o planejamento de processos [10]. As ferramentas de realidade virtual ajudaram significativamente na comunicação de ideias e foram entusiasticamente aceitas pelos clientes.

No entanto, esse ainda é um fluxo sequencial de informações sem aproveitamento dos trabalhos. O uso de realidade virtual integrada a modelagem paramétrica 3D são passos importantes no desenvolvimento de imagens gráficas usadas para comunicar conceitos de projeto e integrar a produção de manufatura com a operação, permitindo que um proprietário visualize todo o projeto e layout. Isso melhora a tomada de decisões, criando uma lógica integrada nos desenhos, ao mesmo tempo em que fornece uma ferramenta valiosa de gerenciamento de projetos e melhora o processo de resolução de problemas e controle de decisões [11].

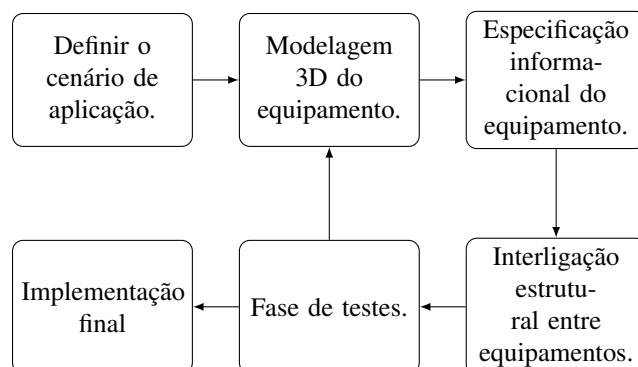
Esses aspectos enunciados justificam os resultados esperados na união entre a metodologia *BIM* e a aplicação de soluções de RV no sentido de desenvolver ferramentas de gestão de processos, especificadamente, ferramentas que auxiliem no planejamento de intervenções em subestações elétricas e minimizem a taxa de erros e a distância entre os profissionais que trabalham em conjunto nesses projetos.

III. METODOLOGIA

Partindo dos conceitos antes descritos é necessário explicitar o projeto de forma a esclarecê-lo e mostrar os passos já realizados para desenvolvimento do protótipo a ser apresentado e, também, apresentar processos futuros a serem implementados. Dessa forma, a partir da problemática proposta estabeleceu a ideia da criação de uma ferramenta onde é possível interagir com equipamentos 3D e suas informações gerais, partindo do ambiente virtual do local proposto. Assim, o usuário consegue manter-se orientado acerca de cada equipamento e suas particularidades a qualquer momento.

Logo, é notável a facilidade da familiarização dos profissionais com o ambiente de trabalho, como também a perspectiva de formas mais confiáveis de se obter informações dos equipamentos em questão. Dessa maneira, foi confeccionado a Figura 4 para expor os passos a serem tomados em busca da concretização das ideias enunciadas.

Figura 4: Fluxograma metodológico.



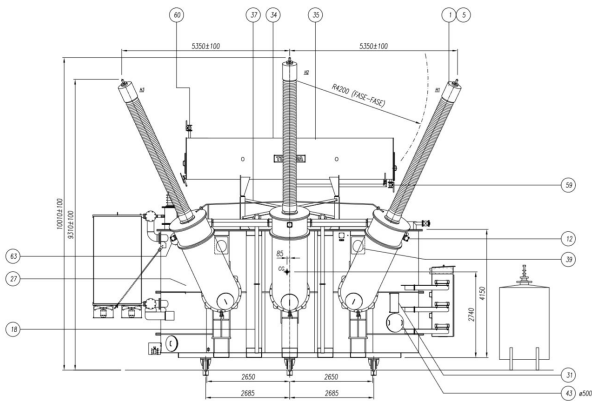
IV. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Para realização deste trabalho os dados iniciais foram coletados de uma concessionária brasileira de energia elétrica. Na Figura 1 apresentou-se a planta da subestação alvo e a partir dessa imagem foi possível desenvolver os primeiros modelos tridimensionais, implementar suas informações, como conexões, distância, localização, etc. Contudo, esse trabalho não contém o processo de desenvolvimento do ambiente virtual em função da escrita deste trabalho estar sendo realizado no meio do processo de construção da ferramenta enunciada.

A. Modelagem tridimensional

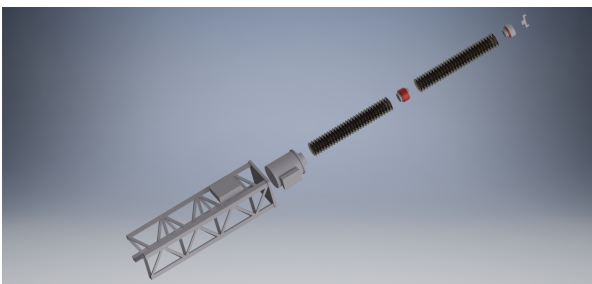
Logo, para realizar a modelagem dos equipamentos, primeiramente, foi necessário analisar fotos, recolher desenhos técnicos, levantar informações acerca de operação, manutenção e acerca do histórico de cada equipamento. Um dos produtos já confeccionados é o Transformador Jaguará esquematizado na Figura 5.

Figura 5: Desenho CAD do transformador em vista frontal.



Como antes dito, a metodologia *BIM* aplicado à modelagem tridimensional caracteriza um processo de desenvolvimento de modelos parciais e, assim, a união dos mesmos para criação de um todo. Esse desenvolvimento é simplificado e visualizado na Figura 6 onde cada parte, modelada separadamente, é unida em busca da construção tridimensional de um equipamento.

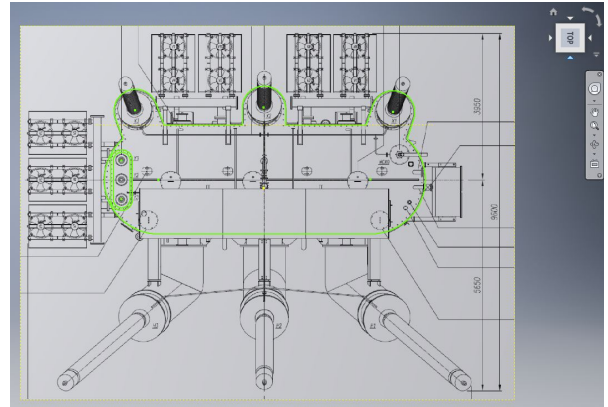
Figura 6: Esquematização do processo de modelagem baseado nas técnicas *BIM*.



Dessa forma, realiza-se o processo de modelagem partindo dos desenhos 2D adquiridos pela empresa. Atualmente, existem diversos softwares capacitados com ferramentas para desenvolver modelos 3D com técnicas *BIM*. O software utilizado

permite a sobreposição dos desenhos e, assim, a facilidade de alcançar detalhes e elaborar modelos fiéis a realidade. A Figura 7 representa esse processo.

Figura 7: Esboço, em verde, realizado do tanque do transformador de acordo com o desenho técnico.



Após a finalização da incorporação dos modelos é notável que os resultados encontrados são fiéis a realidade e são portadores de detalhes mínimos o que implica na maior facilidade na implementação dos modelos em uma ferramenta a ser utilizada por profissionais de diferentes áreas. A Figura 8 representa o resultado final da modelagem tridimensional do Transformador Jaguará.

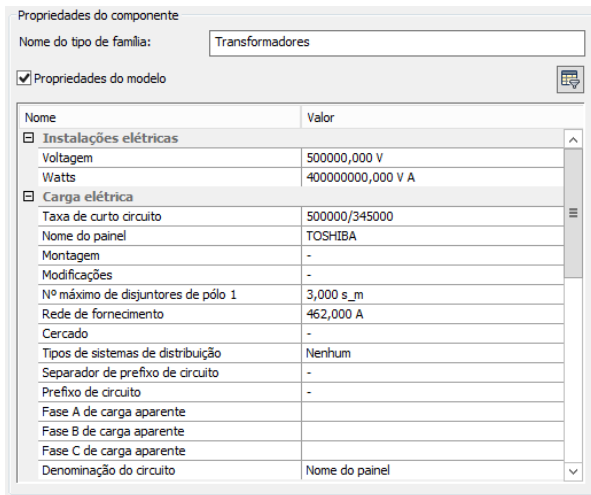
Figura 8: Modelagem tridimensional finalizada.



B. Modelagem informacional

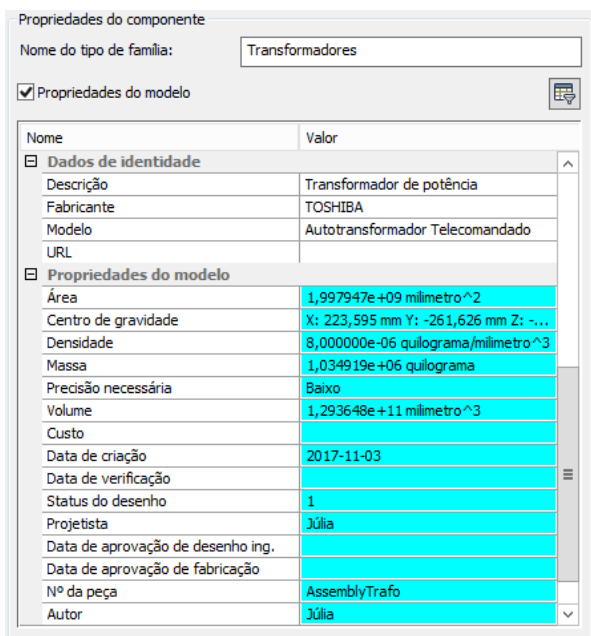
Partindo do modelo tridimensional do Transformador Jaguará, realizou-se a atribuição de informações no mesmo, isto é, a modelagem informacional do mesmo. No software utilizado percebe-se a distribuição de categorias para classificar o modelo e selecionar quais informações são fundamentais para caracterização do mesmo. Assim, para o transformador em questão o mesmo está dentro de categorias de equipamentos elétricos, especificado como transformador de potência. Dessa forma, verifica-se, na Figura 9, campos de informações como tensão, potência, taxa de curto circuito, etc.

Figura 9: Propriedades da categoria selecionada.



O software também consta com informações físicas, como massa, volume, peso, etc, contudo, já preenchidas de acordo com a densidade do material selecionado para compor o equipamento e as medidas utilizadas na modelagem tridimensional. Ao comparar o modelo do transformador em BIM com os dados do desenho 2D percebe-se erros da ordem de 5-10%. Isto se dá pelo fato de algumas partes terem sido simplificadas, por exemplo, o núcleo do transformador que não foi modelado. Logo, o valor do peso do equipamento não está equivalente ao valor real. Na Figura 10 é possível verificar tais propriedades físicas.

Figura 10: Propriedades físicas do modelo.



V. CONCLUSÕES

Por fim, algumas representações virtuais, fiéis e que possuísem elementos informacionais foram obtidas através da metodologia desenvolvida. Verificou-se que as informações atribuídas ao objeto possuem alto grau de especificidade, tor-

nando o modelo virtual único, assim como é o próprio transformador nas subestações elétricas.

Apesar disto, é notável que algumas alterações na modelagem devem ocorrer nas próximas etapas de projeto devido aos limites de processamento do computador em detrimento do realismo e em favorecimento do que é mais importante neste projeto: a necessidade do modelo para a gestão de informação de subestações elétricas.

É possível verificar que esta metodologia irá facilitar e padronizar a modelagem dos diversos equipamentos da subestação. Também podemos concluir que o uso do *Building Information Modeling* em modelos e ambientes virtuais é promissora para a realização de projetos na área de subestações elétricas. Portanto, é interessante a aplicação de métodos BIM quando almeja-se desenvolver ambiente virtuais com características físicas, visuais e técnicas que se relacionam de forma a estabelecer certa dependência entre os componentes dispostos no ambiente desenvolvido, assim como entre as partes de um componente.

VI. TRABALHOS FUTUROS

Futuramente, aperfeiçoaremos a metodologia de modelagem. Além criar os vários níveis de simulação BIM e um ambiente virtual para que o usuário possa interagir com a subestação.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Cardoso, I. C. do Santos Peres, E. Lamounier, G. Lima, M. Miranda, and I. Moraes, "Associating holography techniques with bim practices for electrical substation design," in *Advances in Human Factors in Energy: Oil, Gas, Nuclear and Electric Power Industries* (P. Fechtelkötter and M. Legatt, eds.), (Cham), pp. 37–47, Springer International Publishing, 2018.
- [2] M. Kokorus, W. Eyrych, and R. Zacharias, "Innovative approach to the substation design using building information modeling (bim) technology," in *2016 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (TD)*, pp. 1–5, May 2016.
- [3] I. do Santos Peres, A. Cardoso, E. Lamounier, G. Lima, M. Miranda, and I. Moraes, "Bim practices to operation and maintenances for electrical substations," in *Computer Conference (CLEI), 2017 XLIII Latin American*, pp. 1–7, IEEE, 2017.
- [4] J. N. CALONEGO, M. d. B. GARCIA, B. S. MEIGUINS, A. V. NETTO, and P. S. CATERIANO, "Modelagem e programação de ambientes virtuais interativos," in *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality. Belém-PA-Brasil: SBC*, vol. 1, pp. 98–108, 2006.
- [5] S. Azhar, "Building information modeling (bim): Trends, benefits, risks, and challenges for the aec in-

- dustry,” *Leadership and management in engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 241–252, 2011.
- [6] G. Van Nederveen and F. Tolman, “Modelling multiple views on buildings,” *Automation in Construction*, vol. 1, no. 3, pp. 215–224, 1992.
- [7] A. L. d. A. Freire, “Impacts of the inclusion of virtual reality in the jeweler manufacturing process based on the bim concept (building information modeling),” in *2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, pp. 195–199, Nov 2017.
- [8] G. A. G. A and F. A. Agirachman, “File and team management on remotely-worked building information modelling project,” in *2017 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*, pp. 1–6, July 2017.
- [9] E. da Costa Tavares, “A contribuição do building information modeling para a gestão de projetos,” *Revista On Line IPOG (Instituto de Pós Graduação), Especialize*, July 2014.
- [10] K. Hu, M. Chen, S. X. Duan, Y. Teng, and Y. B. Peng, “Research on management system of disaster prevention and relief based on building information modeling,” in *2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence (ISAI)*, pp. 232–235, June 2016.
- [11] S. Kim and J. H. Woo, “Analysis of the differences in energy simulation results between building information modeling (bim)-based simulation method and the detailed simulation method,” in *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC)*, pp. 3545–3556, Dec 2011.
- [12] T. M. BURIOL, “Processamento e visualizaÇÃO de campos em ambientes virtuais e sistemas cad 3d aplicados a projetos de iluminaÇÃO em subestaÇÖes,” Master’s thesis, Universidade Federal do Paraná, 2006.
- [13] D. V. S. BAIA, “Uso de ferramentas bim para o planejamento de obras da construÇÃO civil,” Master’s thesis, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2015.
- [14] R. S. E. C. MOREIRA, Rafael Angel Damasceno, “TransiÇÃO do modo tradicional de construÇÃO para o bim em algumas regiÖes do brasil,” *CONSTRUINDO*, 2015.
- [15] C. M. Eastman, C. Eastman, P. Teicholz, and R. Sacks, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, 2011.
- [16] D. Bryde, M. Broquetas, and J. M. Volm, “The project benefits of building information modelling (bim),” *International journal of project management*, 2013.
- [17] J. S. et al., “Electrical substation monitoring and diagnostics,” July 7 2009. US Patent 7,558,703.
- [18] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. Bookman Editora, 2014.
- [19] F. Yan, Y. Hu, Q. Guo, K. Tang, J. Jia, and H. Zhu, “Key lightweighting technologies of web3d for virtual training of metro station fire evacuation,” in *International Conference on Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*, pp. 59–74, Springer, 2017.
- [20] E. A. Petrova, M. Rasmussen, R. L. Jensen, and K. Svidt, “Integrating virtual reality and bim for end-user involvement in building design: a case study,” in *The Joint Conference on Computing in Construction (JC3) 2017*, pp. 699–709, The Joint Conference on Computing in Construction (JC3) 2017, 2017.
- [21] J. Du, Z. Zou, Y. Shi, and D. Zhao, “Zero latency: Real-time synchronization of bim data in virtual reality for collaborative decision-making,” *Automation in Construction*, vol. 85, pp. 51–64, 2018.
- [22] T.-H. Wu, F. Wu, C.-J. Liang, Y.-F. Li, C.-M. Tseng, and S.-C. Kang, “A virtual reality tool for training in global engineering collaboration,” *Universal Access in the Information Society*, pp. 1–13, 2017.
- [23] A. Vasconcellos and L. Hernandez, “Aplicação de metodologia bim no projeto e construção de grandes subestações,” *Seminario Nacional de Produção e transmissão de Energia Elétrica, Foz do Iguaçu, PR*, 2015.
- [24] A. C. Silva et al., “Uma proposta de camadas de objetos de interface para realidade virtual,” 2014.
- [25] A. Bottari, G. Ioudioux, M. Mancini, and A. Travaglini, “Guidelines for building information modeling (bim) performance improvement in the epc industry,” in *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pp. 1161–1165, Dec 2016.
- [26] M. Lianguang, “Study on project information management based on building information modeling,” in *2016 International Conference on Smart City and Systems Engineering (ICSCSE)*, pp. 238–240, Nov 2016.
- [27] S. Wang, M. V. Schyndel, G. Wainer, V. S. Rajus, and R. Woodbury, “Devs-based building information modeling and simulation for emergency evacuation,” in *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC)*, pp. 1–12, Dec 2012.
- [28] J. W. Kim, Y. K. Jeong, and I. W. Lee, “Automatic sensor and meter arrangement system based on building information modeling,” in *2013 International Conference on ICT Convergence (ICTC)*, pp. 317–318, Oct 2013.