



## SISTEMA GESTOR PARA ADOÇÃO DE METODOLOGIA BIM EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

Mackley Magalhães da Silva\*<sup>1</sup>, Samuel Ribeiro Machado<sup>2</sup>, Ana Marotti<sup>3</sup>, Ricardo Rocha<sup>3</sup>, Antônio Gabriel<sup>3</sup>, Gerson Lima<sup>1</sup>, Alexandre Cardoso<sup>1</sup> e Edgard Lamounier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UFU – Universidade Federal de Uberlândia

<sup>2</sup>PITAGORAS – Faculdade Pitágoras de Uberlândia

<sup>3</sup>Eletrobras Furnas

**Resumo** - O BIM (*Building Information Modeling*) é um processo de criação e gerenciamento de informações muito utilizado e difundido na Engenharia Civil e Arquitetura, capaz de conectar toda a escala de construção, desde o engenheiro até o usuário do modelo, ou até mesmo o cliente final da obra. Recentemente, devido ao seu sucesso, esse tipo de modelagem de informação tem sido investigado em outras áreas da engenharia, incluindo a área de geração e transmissão de energia elétrica. Os grandes desafios são como modelar e gerenciar todas as informações pertinentes a um projeto de construção ou adequação de uma subestação de energia, durante todo seu ciclo de vida. Assim, este artigo discute o projeto e a construção de um sistema gestor de uma metodologia BIM para subestações de energia elétrica. Por meio de uma parceria com a empresa Eletronorte/Furnas Energia, o sistema gestor aqui proposto foi baseado na utilização de uma metodologia BIM para apoiar todo o desenvolvimento do projeto básico de subestações de energia elétrica da concessionária, dado que em um futuro breve a metodologia será implantada na empresa.

**Palavras-Chave** – BIM, geração e transmissão de energia, projetos de engenharia elétrica.

**Abstract** – BIM (*Building Information Modeling*) is a process of creating and managing information widely used and widespread in Civil Engineering and Architecture, capable of connecting the entire scale of construction, from the engineer to the model user, or even the end customer. Recently, due to its success, this type of information modeling has been investigated in other areas of engineering, including the area of electricity generation and transmission. The big challenges are how to model and manage all the information relevant to a project of construction or adaptation of a power substation, throughout its life cycle. Thus, this article discusses the design and construction of a BIM methodology management system for electric power substations. Through a partnership with Eletronorte/Furnas Energia, the management the management system proposed here was based on the use of a BIM methodology to support the

entire development of the concessionaire's basic electric power substations project, given that in the near future the methodology will be implemented in the company.

**Palavras-Chave** – BIM, power generation and transmission, electrical engineering projects.

### I. INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia e as facilidades de uso que ela traz, a modelagem e gerenciamento de informações relacionados a projetos de engenharia se tornaram vital para a sobrevivência das empresas. Nos setores de construção civil, arquitetura e infraestrutura – setores de extrema importância em qualquer nação em termos de rentabilidade, geração de empregos e manutenção de ambientes já planejados – isso tem se mostrado como uma tendência muito importante, visando a rápida visualização dos dados durante a fase de projeto e na rapidez na construção das obras abrangidas [6]. Porém, ainda é complicado construir modelos sem uma parametrização definida e adotada. Na grande maioria dos casos, as empresas ainda optam por implementar os modelos e projetos de forma tradicional, essencialmente em plantas 2D.

Nos últimos anos, várias empresas vêm optando por utilizar a metodologia BIM para desenvolver seus projetos, devido a sua proposta de completude de modelagem e gerenciamento de informações. Pode-se dizer que o BIM consegue conectar todas as pessoas de uma escala de produção, desde o engenheiro até o usuário do sistema [3].

O BIM também garante que as relações de projeto entre diferentes componentes na construção e manutenção sejam mantidas durante todo o processo [3]. Igualmente, por meio do BIM, é possível localizar com antecedência problemas com o projeto e amenizar muitos dos desafios enfrentados [5]. Além disso, é possível reduzir os custos de produção e realizar melhorias no fluxo contínuo pós construção.

O incentivo ao uso do BIM vem sendo implantado por vários governos em todo o mundo em projetos públicos. No Brasil, por exemplo, vem sendo discutido desde 2018, sendo que em 2020 foi fundamentado por decreto, a evolução que deverá acontecer nos próximos anos [1]. Apesar da obrigatoriedade em projetos governamentais, ainda assim a

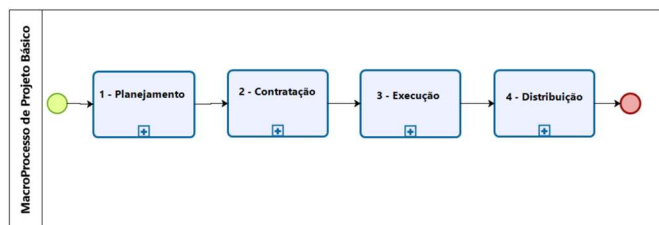
proposta de BIM está sendo aplicada em poucos setores na atualidade. Segundo Radüns, tal aplicação ainda ocorre somente em algumas etapas de projeto no Brasil [6].

Com respeito ao uso de BIM em projetos de Engenharia Elétrica e, especificamente, em projetos de manutenção e adequação de subestações de energia elétrica, o seu uso é ainda muito restrito [2]. Estudos mostram ainda a escassez de ferramentas de gerenciamento de informações e arquivos para BIM. Ao mesmo tempo, ficou evidenciado a necessidade a se ter ferramentas desta natureza para se garantir o sucesso da implementação de uma metodologia BIM[8]. Diante deste cenário, este artigo propõe um modelo de sistema gestor para sistema BIM voltado para a área de projetos e manutenção de subestações de energia elétrica. A necessidade de construção deste sistema gestor também ficou evidenciada por meio de um projeto de P&D entre a Universidade Federal de Uberlândia e a Furnas Centrais Elétricas.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foram feitas várias reuniões com a equipe de colaboradores de Furnas para que se pudesse mapear os processos das etapas do projeto básico de subestações adotados pela empresa. Daí, foram identificados 4 fluxos principais, sendo eles: Planejamento, Contratação, Execução e Recebimento (Distribuição), como mostra a Figura 1. É importante destacar que a identificação destes processos é de vital importância para o estabelecimento de uma metodologia BIM, uma vez que são pelos mesmos que a gestão das informações do projeto precisa ser estabelecida.

Figura 1: Diagrama do ciclo básico de projetos em Furnas.



Durante a etapa de Planejamento, os projetos são classificados em "Reforços ou Melhorias de Grande Porte", "Reforços de Pequeno Porte" e "Melhorias de Pequeno Porte". Estes projetos são listados em documentos elaborados pela ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), sendo nomeados como PAR (Plano de Ampliações e Reforços) e PMI (Plano de Modernização de Instalações).

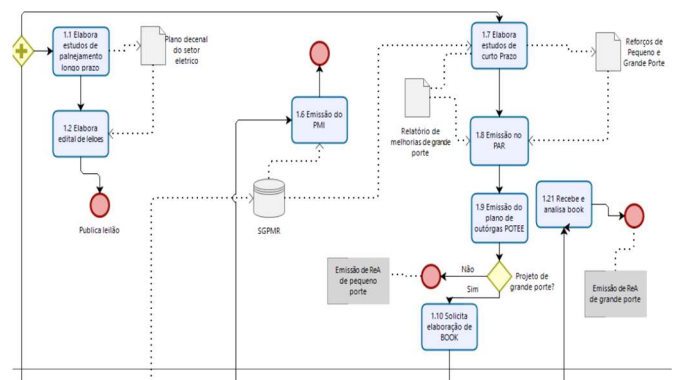
A segunda etapa, Contratação de Projetos, possui como ator centralizador o Engenheiro Coordenador que irá receber uma determinada demanda (mapeada no PAR e PMI) do Engenheiro Gestor e, posteriormente, irá conduzir processos relacionadas a compilação de artefatos do empreendimento, solicitar elaboração e ajustes de orçamento, bem como consultas aos Engenheiros Setoriais para a validação dos documentos produzidos durante o processo.

Na etapa de Execução, o Projetista Contratado e o Engenheiro Coordenador realizam diversas interações para, inicialmente, elaborar o pré-projeto, que subsidiará a formulação do Projeto Básico.

A última, Distribuição/Recebimento, tem como objetivo geral obter à publicação do Projeto Básico. Para tanto, são necessárias à obtenção de diversas anuências e despachos do Projeto Básico em várias gerências e superintendências. Nesta etapa, o Engenheiro Coordenador sincroniza os despachos e após receber todas as anuências necessárias finaliza a elaboração do Projeto Básico, encaminhando para o Arquivo Técnico realizar a publicação dele.

Dados a identificação desses fluxos foram necessários mais algumas reuniões de refinamento para planejar os detalhes de cada etapa, onde foram desenvolvidos diagramas de fluxos para cada um desses pontos. Na Figura 2 é possível ver parte do diagrama desenvolvido para o fluxo de Planejamento

Figura 2: Parte do fluxo de Planejamento.



Visto os passos e diagramas do projeto base de manutenção e criação de subestações, identificou-se a necessidade da implementação de um sistema gestor de informações e parâmetros para esses fluxos, onde ficaria centralizado toda a informação necessária, além de documentar de forma mais eficiente a evolução, conforme proposto pela adoção de uma metodologia BIM.

Para se adaptar ao projeto, foi decidido separar o projeto em dois momentos distintos, para facilitar a compreensão e especializar ainda mais o sistema em detalhes.

- 1- Criação do sistema gestor para manipulação de arquivos e informações do projeto e atribuição de tarefas dentro do cliente.
- 2- Conexão do sistema gestor com o framework Autodesk Forge para visualização do projeto em 3D, com características de interação e imersão típicos de ambientes de Realidade Virtual.

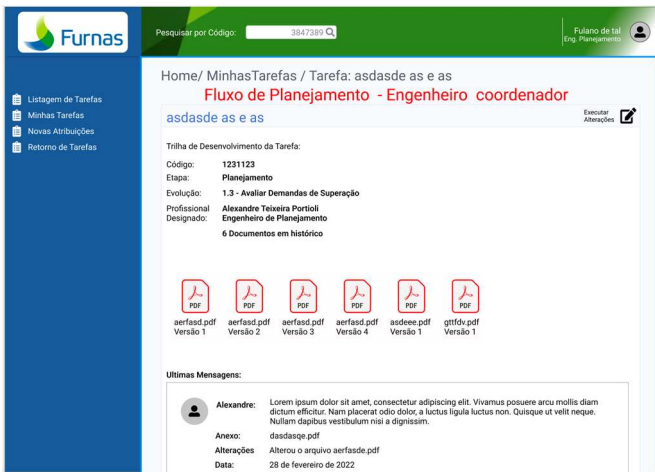
Para o primeiro momento foram definidas algumas partes a serem desenvolvidas e detalhadas. Essas partes consistem em:

- Criação de tarefas que deverão seguir o projeto até o final de sua duração no sistema;
- Evolução dessas tarefas de acordo com suas documentações, aprovações e andamentos dentro do processo e da empresa;
- Possibilidade de assinaturas dos projetos diretamente dentro do sistema;
- Versionamento dos arquivos base do projeto;
- Manipulação de status e paralização;

- Apontamento para visualização online em sistema parceiro dos modelos atribuídos a tarefa;
- Vinculação a VPN da empresa para acesso de funcionalidades especiais dentro do ambiente interno

O início desta atividade está associado ao levantamento de requisitos amparados por metodologias de Engenharia de Software. Após o levantamento, foi feita uma parametrização inicial do sistema, através da criação de um prótipo MVP (*Minimum Viable Product*), utilizando a ferramenta Figma [7]. Um item chamado de “Tarefa” foi definido como elemento principal, contendo todos os parâmetros e a evolução de um fragmento do processo, desde o Planejamento até a Distribuição. Na Figura 3, é possível visualizar a tela principal do sistema gestor para atender parte do diagrama da Figura 2, contendo os detalhes básicos de identificação da etapa e de criação da tarefa.

Figura 3: Exemplos da tela de visualização de tarefa (da Figura 2).

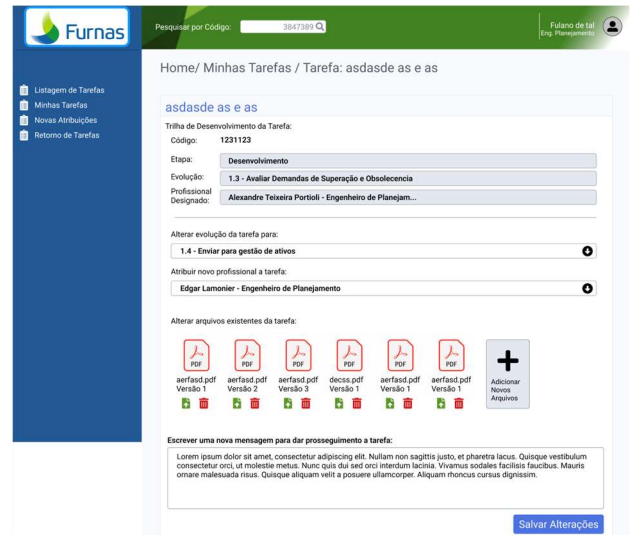


Foi decidido separar o sistema em duas partes, o back-end (camada de negócios), desenvolvido em C#, e em front-end (camada de visualização), desenvolvido em React TypeScript.

Para o Front-end foi escolhido a arquitetura padrão de projetos TypeScript, e escolhido nessa linguagem para facilitar a integração com sistemas já existentes dentro do contexto de Furnas, facilitando a manutenção e agilizando o processo de criação.

A Figura 4 mostra a tela de manipulação de tarefas. Nela é possível selecionar as informações de usuário designado, evolução de estado, alterar algum arquivo existente transformando-o em uma versão mais nova do mesmo, anexar uma mensagem de alteração e informar também nova atribuição de usuário para continuar o próximo estágio da tarefa.

Figura 4: Exemplos da tela de detalhamento de tarefa.

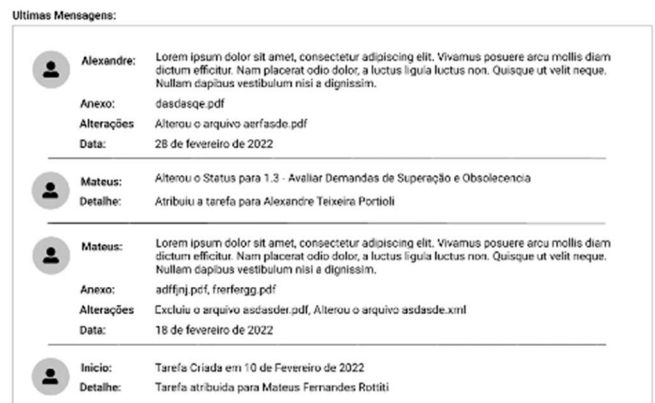


O sistema também conta com um backlog sobre qualquer atividade feita nele, de forma que qualquer alteração sempre registrará o usuário que fez e o nível de alteração. A Figura 5 demonstra um exemplo desse backlog. É possível verificar a lista dos backlogs de tarefas apenas entrando em algum em modo de visualização.

Esse sistema serve também para testar as funções dos modelos desenvolvidos no projeto base. O principal motivo de manter os registros de versões dos arquivos é para que seja possível a comparação com as versões anteriores de detalhes e funcionalidades, não apenas um registro simples de alteração. No segundo momento do sistema, essas versões criarão versões compiladas do modelo de chão de fábrica em uma tela especial para comparações de versões dentro do sistema gestor.

É interessante salientar que dentro dos parâmetros pensados para atender o BIM Mandate a ser adotado na empresa é a possibilidade de sempre criar versões dos modelos e parâmetros a fim de comparar a melhor solução, desde o primeiro arquivo postado até a última versão disponível no gerenciador.

Figura 5 – Exemplo de backlog gerado pelo sistema de alterações.



Para o back-end foi escolhido trabalhar com a arquitetura de micro serviços, focando na implementação com segurança de dados e na criação de API Rest individuais para cada tela do sistema. Dentre os fluxos das telas foi identificado a necessidade de algumas tabelas de banco de dados

representados pelo DER (diagrama de entidade-relacionamento) visível na Figura 5.

A principal tabela criada para atender o sistema é a tabela de Tarefas. Ela se relaciona diretamente com as tabelas de usuário(1:m), arquivos(1:m), sub-estágio de evolução(m:1), e comentários (1:m).

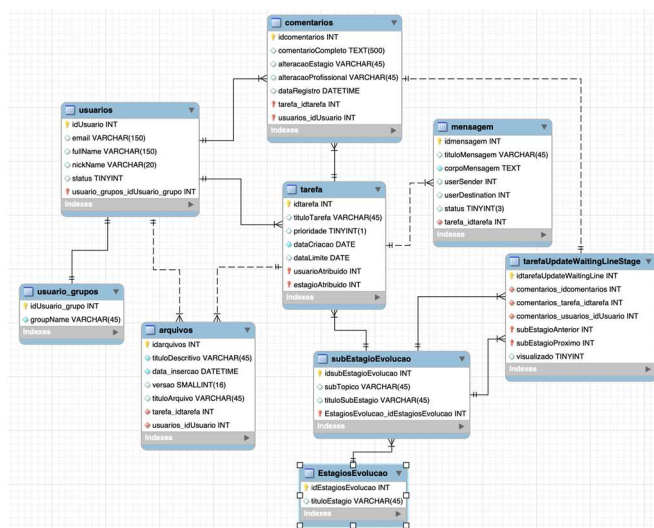
Como funções, podemos identificar o uso da tabela de arquivos como sendo a tabela que armazenará os arquivos contidos nas tarefas, identificados com id primário, id da tarefa pertencente, título do arquivo e versão dele, assim como seu caminho para o endereço da memória no servidor.

A tabela de sub estágio guarda as informações de sub estágios que a tarefa pode evoluir, contendo id primário, id do estágio pertencente, título base identificador, código do sub estágio identificador. Um estágio pode ter várias tarefas (1:m), e um sub estágio pode ter apenas um estágio (m:1).

A tabela de comentários se relaciona com a tarefa e com a tabela de espera de atualização de tarefas. Um comentário pode conter uma tarefa (1:m).

A tabela de mensagem se relaciona com a tabela de usuários e com a tabela de tarefas, onde uma mensagem pode ter uma tarefa (1:m). Um usuário pode conter várias mensagens e várias mensagens pode conter apenas um usuário (1:m)

Figura 5: Diagrama de entidade-relacionamento inicial.



O banco de dados é implementado através de migrations dentro do servidor MySQL. O primeiro e principal é o micro serviço de Tarefa, com o endpoint “/api/v1/Assignment”. Esse micro serviço contém os principais verbos de manipulação de serviços consistentes para a linguagem .NET, onde os verbos adotados são:

- Inclusão: [POST] “/api/v1/Assignment”
- Deleção: [DELETE] “/api/v1/Assignment/{id}”
- Atualização: [PUT] “/api/v1/Assignment/{id}”
- Busca total do banco: [GET] “/api/v1/Assignment”
- Busca por com filtro por id: [GET] “/api/v1/Assignment/{id}”

Dentro do projeto, utilizamos a metodologia de DTO para a maior segurança dos serviços utilizados dentro do sistema. Um DTO ou VO é um objeto de manipulação de dados

utilizado para ser uma interface entre o usuário e banco de dados, fazendo com que tanto os dados enviados quanto o banco de dados sigam um nível de segurança extra para que não seja possível a inclusão de dados inválidos dentro do banco de dados, dificultando a injeção de *queries* maliciosas.

Adicionalmente, além da implementação do backlog de registros, podemos salientar a implementação dos arquivos de modelos 3D e Revit de projeto dentro do contexto base dentro das tarefas. Cada item/tarefa desenvolvido e manipulado no sistema contará com a possibilidade de inclusão de arquivos de modelagem.

Uma tabela extra de parametrização BIM com GIS (*Geographic Information System*) [9] para esses modelos se fez necessária, contendo as coordenadas X, Y e Z em referência a latitude, longitude e altura do terreno demonstrado no projeto Revit base. Essas coordenadas no banco de dados e todos os arquivos, tanto do projeto base (chão de fábrica) quanto dos agregados (equipamentos utilizados em subestação), possibilitarão o sistema gestor de fazer o envio para o sistema de geração de modelos 3D, que retornará um link de integração com o Forge. Dessa forma, durante o desenvolvimento e atualização de papéis dentro do sistema será possível visualizar em tempo real qualquer alteração estrutural.

### III. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com esses estudos é possível concluir que para desenvolver a metodologia BIM em processos de manutenção e criação de subestações de energia elétrica é imprescindível a criação de um sistema gestor para manipular e armazenar apropriadamente as informações inerentes de um projeto.

A implantação de sistemas BIM já vem se mostrando eficiente e tem sido implantada amplamente nos setores de engenharia civil e arquitetura [10][11]. Contudo, ainda faltam padrões para o setor de engenharia elétrica, gerando uma gama ainda maior de possibilidade de implantações de novos padrões para esse setor no Brasil.

Como trabalho futuro, os autores pretendem adequar o sistema gestor na Concessionária de Furnas e providenciar novas adequações, à medida que surgirem novas funcionalidades no andamento da pesquisa.

### IV. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Concessionária Furnas Energia por todo apoio e consultoria prestados durante a pesquisa, projeto e implementação do sistema gestor aqui proposto. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

### V. REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. **Lei 10306**, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do **BIM** na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do **Building**

**Information Modelling.** Constituição, Brasília, DF, v.01, n. xx. 2020.

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm)

[2] Dahal, Sabin. BIM Based Design of Hydropower in Nepal Lower Puluwa Small Hydropower Project. 2019. Tese de bacharelado em Engenharia Civil) – Engenharia Civil – University of Applied Sciences Metropolia

[3] Eastman, Teicholz; Sacks & Liston. BIM Handbook: A guide to building information modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc; 2008.

[4] Najjar, Mohammad K. **Integrating Parametric Analysis with Building Information Modeling to Improve Energy Performance of Construction Projects.** 2019. In *Energies*, 12(8), 2019, 1515. <https://doi.org/10.3390/en12081515>

[5] Faria, Aline de. **Por que BIM é o futuro da construção civil e como se adaptar.** EPEC, 2020. Disponível em: <https://epec-ufsc.com.br/sem-categoria/por-que-bim-e-o-futuro-da-construcao-civil-e-como-se-adaptar/>

[6] RADÜNS, Caroline Daiane. BIM aplicado a obras de infraestrutura (BIM): mini e pequenas centrais hidrelétricas. 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013.

[7] Garrett, Filipe. **O que é figma? Quatro perguntas sobre como usar o site.** Junho de 2021. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/listas/2021/06/o-que-e-figma-quatro-perguntas-sobre-como-usar-o-site.ghtml>

[8] Azevedo, Diogo Martins. Development of BIM (Building Information Modeling) concept applied to projects of Substations Integrated with the Geographic Intelligence System (GIS) <https://doi.org/10.37394/232016.2021.16.1>

[9] Sullivan, J. M., Hall, R. H., Luna, R., Hilgers, M. G., Taylor, A. J., & Buechler, M. R. (2004). Degree of scaffolding as learning object metadata: A prototype learning system design for integrating GIS into a civil engineering curriculum. *Learning Technology*, 6(2), 60-64.

[10] Manzione, L. (2013). Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

[11] Akintoye, A., McIntosh, G., Fitzgerald, E. (2000). A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry. *European journal of purchasing & supply management*, 6(3-4), 159-168.