



GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

RELATO DE CASO SOBRE IMPLEMENTAÇÃO DE BIM LIGHT PROCESSING EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

**PAMELA DE MATOS(1);LEONARDO CASTILHOS DE OLIVEIRA(1);CHARLES LEONARDO ISRAEL(1);LUCIANO HOFFMANN PALUDO(2);JOÃO VITOR STOLTE(1);MATHEUS BEHNEN CORRÊA(1)
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO(1);CEEE-GT(2)**

RESUMO

O presente trabalho apresenta um relato de caso da implementação de BIM na empresa CEEE-GT, ocorrida pelo P&D estimulado pela ANEEL, os objetivos principais giraram em torno da criação de elementos representativos leves dos ativos das subestações, tendo em vista a implementação na área de projeto de engenharia sem que houvesse gastos excessivos na troca dos elementos computacionais do setor. Como resultado pôde-se construir as três subestações sugeridas pela companhia, bem como proporcionar o treinamento aos colaboradores para que se dê a continuidade.

PALAVRAS-CHAVE

Building Information Modeling; 3D; subestações de energia elétrica, projeto de subestações, transmissão.

1.0 INTRODUÇÃO

O processo construtivo de subestações de energia elétrica geralmente é realizado com ferramentas CAD 2D, estas, são definidas através de linhas e coordenadas e não carregam informações, a não ser suas próprias dimensões (1), além disso, as documentações dependem quase que exclusivamente de bancos de dados manuais (2). Subestações podem conter diversos elementos em seu projeto, além de tamanhos variados e equipamentos numerosos (3; 4; 5), e a utilização de recursos 2D limita a visualização de aspectos como por exemplo, o posicionamento e distribuição de cabos, ao mesmo tempo que a omissão pode ocasionar interferências, visto que se faz necessário execução de vistas e usar a imaginação para construir mentalmente as imagens, combinando informações em documentos e fragmentos (6; 7; 8; 9; 10), tal fator faz com que mesmo após revisão, alguma interferência passe despercebida até a fase de construção, que é crítica, e corrigi-la pode acarretar custos elevadíssimos, atrasar cronogramas, criar conflitos de equipe, diminuir a produtividade e até gerar multas ou disputas judiciais (11; 12).

Há avanços constantes na área de AEC, o uso de BIM, possibilita a evolução para arquivos em 3D com vínculos e informações (8), tido como um método de trabalho que promove cooperação e integração de informações em cada etapa (13), sendo uma ferramenta para melhoria da precisão, velocidade e gerenciamento em diversos estágios (9; 10; 2), acelerando processos decisórios, detalhes construtivos, especificações e métodos construtivos, reduzindo o montante de tempo e dinheiros gastos (14; 15; 16; 9). O BIM tem ganhado espaço no setor elétrico, embora relativamente recente, é possível ver trabalhos como o de (17), que utilizou modelamento CAD e cadastrou as informações técnicas através do BIM, valendo-se de um software para modelamento e outro para informações. Já (18) relatou o modelamento 3D para estruturas treliçadas de linhas de transmissão. Enquanto (19), desenvolveu estudos de implementação de BIM, em subestações de energia elétrica, apresentando pequenos arranjos de equipamentos e cabeamentos em três dimensões, com altíssimo detalhamento. E mais recente, (20) desenvolveu um trabalho utilizando BIM e realidade aumentada para visualização de dados em ativos de subestações.

Procurando atender a demanda de visualização clara dos projetos, melhorias nas práticas de apresentação e facilitar o entendimento dos arranjos, tem-se como abordagem a implementação de BIM 3D com poucos elementos de família de modo a criar uma representação gráfica simplificada e de processamento mais leve, para possibilitar a execução de uma subestação com todos os seus ativos. Foram adotados como base os projetos de três subestações de energia elétrica com complexidade escalonada: Subestação de Viamão 3, Porto Alegre 13 e Garibaldi 1. Foram

modelados 95 componentes a partir elementos básicos como: pilares de concreto, vigas, suportes, isoladores, elementos de barra, cabos flexíveis e cadeias de isoladores.

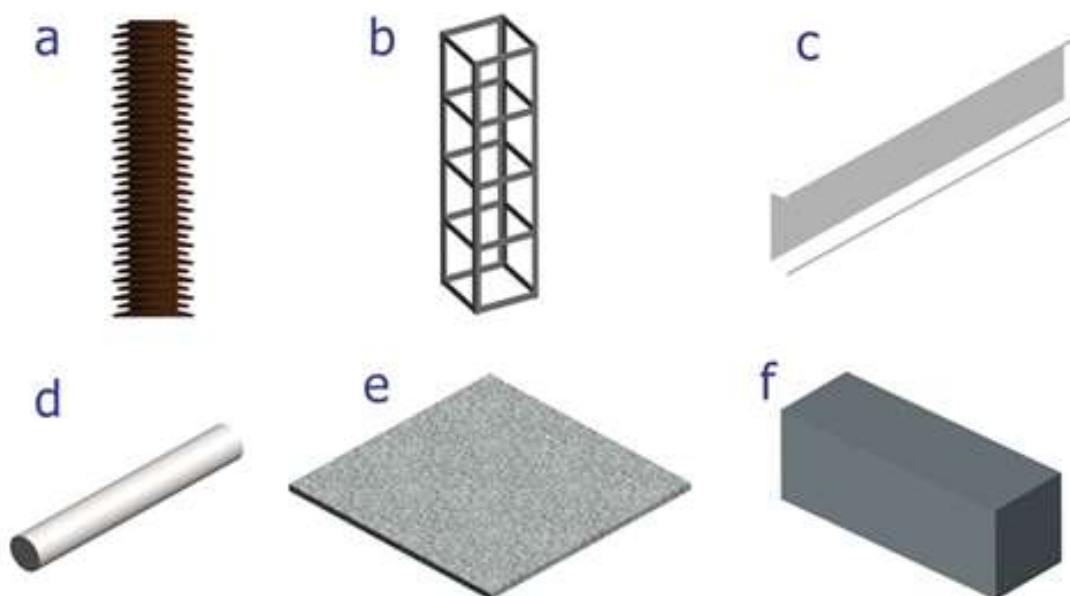
2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Para iniciar o processo de inserção da metodologia BIM foi necessário reunir, junto à equipe técnica da companhia, todos os dados possíveis referentes às subestações alvo, desde projetos completos com vistas e cortes à detalhes e dados dimensionais. Todos os documentos reunidos foram analisados de maneira que fosse possível identificar todo o arranjo e simbologias. Em seguida foi feita a catalogação, onde cada um dos ativos foi classificado conforme tensão e distribuído por subestação, também foi realizada análise da identidade visual de cada ativo, buscando identificar componentes comuns que poderiam se tornar famílias para construção dos mesmos. Foram então, criadas famílias de componentes básicos e modelados todos os ativos, incluso cabos e conectores. Após, iniciou-se o processo de modelamento completo da subestação com terreno, sub-regiões, inserção dos equipamentos, cabos e conectores. Então, a finalização com plotagem e renderização dos arranjos.

O modelamento dos equipamentos da subestação foi um passo imprescindível para a concretização do projeto, para tal todo o material fornecido pela equipe técnica da companhia foi analisado de maneira a identificar elementos similares, de modo à criar componentes parametrizados denominados “famílias”, criando vários grupos de elementos com dimensões variáveis sem que se percam informações. Através destes elementos de família começaram a ser desenvolvidos os modelos tridimensionais de equipamentos.

Na figura 1, é possível ver os principais elementos constituintes de equipamentos de subestação e que se tornaram famílias parametrizadas, é possível identificar a presença de (a) isoladores, (b) elementos treliçados, (c) chapa com dobras, (d) barras redondas, (e) componentes de terreno (brita) e (f) blocos quadrados de material variável.

Figura 1 – Elementos de Família.

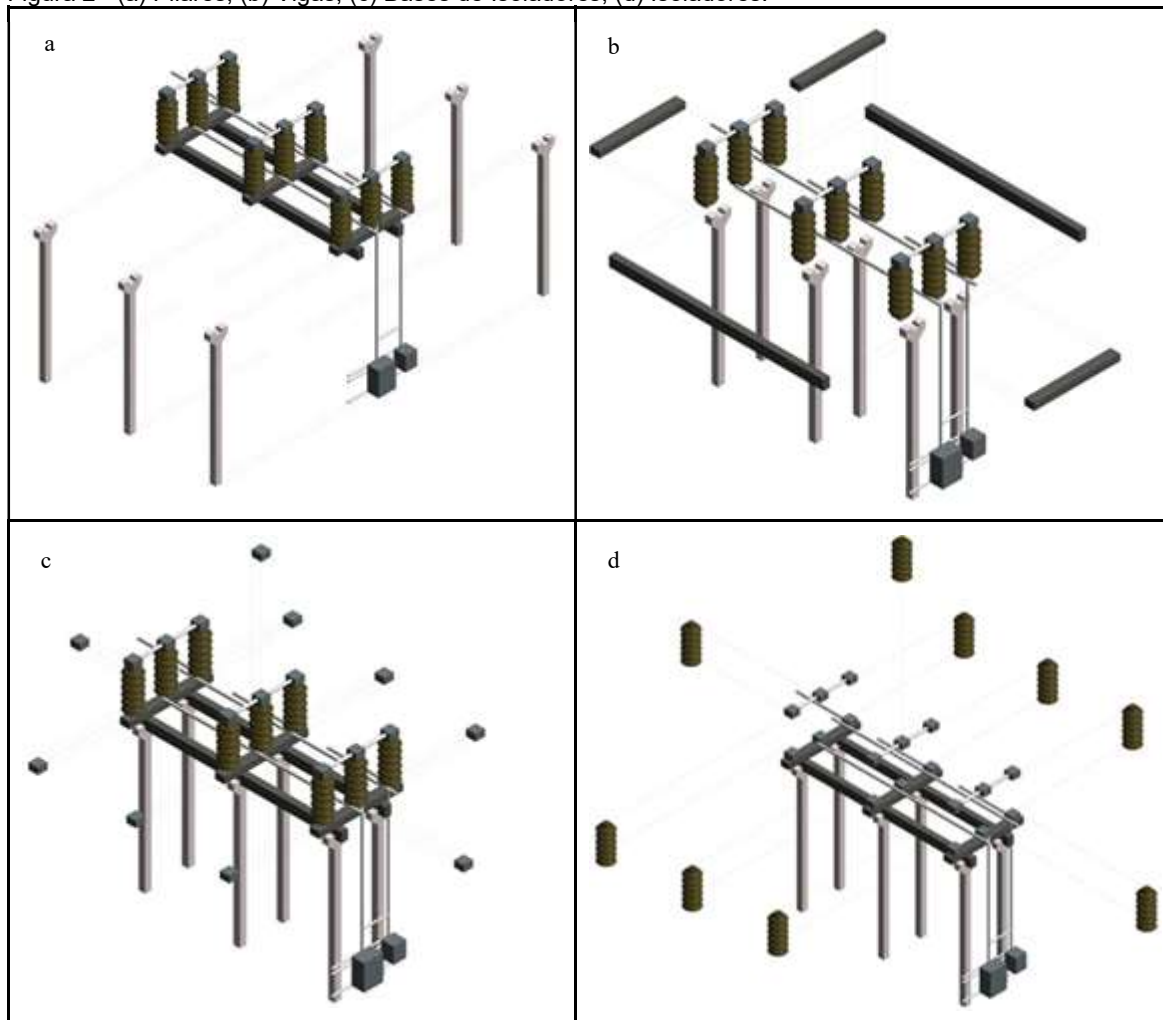


Fonte: (21).

Para modelar uma chave seccionadora de abertura lateral por exemplo, foram utilizadas famílias de pilares de concreto, vigas metálicas, barras, caixas de comando, base de isoladores metálicos e isoladores de cerâmica. Para a fase de montagem da mesma, é feita a identificação da posição dos pilares, observando a distância entre eles e suas alturas (Figura 2a). O próximo passo é a colocação das vigas sobre estes pilares, seguindo as dimensões mostradas nos croquis (Figura 2b). Após, são alocadas as bases dos isoladores (Figura 2c) seguidas dos isoladores

(Figura 2d). Depois desse processo de montagem, só então, é feita a alocação das chaves no terreno, inserção das fiações e cadeias de isoladores pertinentes. Em alguns casos ainda são inseridas as caixas de comando, com posicionamento conforme indicação do fabricante.

Figura 2 - (a) Pilares; (b) Vigas; (c) Bases de Isoladores; (d) Isoladores.



Fonte: (22).

Para os diversos equipamentos de subestações de energia elétrica os procedimentos de montagem são similares ao ilustrado, apresentando variações de componentes, mas sempre respeitando a ordem de montagem de baixo para cima e buscando sempre a melhor visualização.

Paralelamente, também foram realizados o detalhamento e modelamento de terreno e sub-regiões de acordo com as plantas fornecidas. Para modelamento dos terrenos, de forma geral, foi realizado através da inserção de pontos e níveis, onde o nível base foi determinado como sendo aquele em que a subestação se encontra predominantemente. Já as sub regiões foram implementadas para estradas e caminhos onde não se havia a necessidade de quantificar material ou informação (vias de asfalto subjacentes ou caminhos de terra), essa abordagem tornou mais leve ainda o arquivo de projeto da subestação.

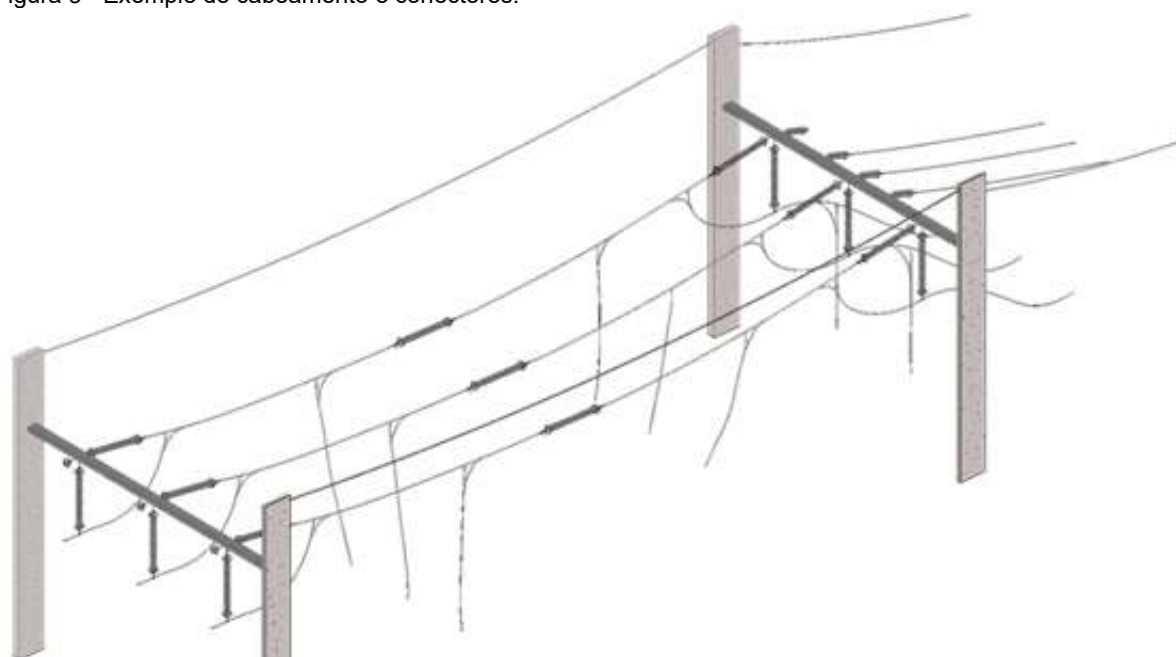
Após concluída esta primeira etapa iniciou-se o estudo de uma maneira de inserir cabeamento de forma a agregar maior fidelidade e confiança ao projeto de subestações.

2.1 Modelamento de cabeamentos e conectores

Assim como anteriormente, também foi necessária a criação de famílias para estes elementos. Tais famílias possuem algumas peculiaridades construtivas em relação às anteriores, como o conector, por exemplo, deve se aderir à superfície pretendida em posições variadas para facilitar o projeto. E já os cabos devem ser mais “flexíveis”, de forma a obedecer às leis da física, devendo formar uma flecha com inclinação menor de 3°.

Para alcançar tais peculiaridades, os conectores foram modelados como uma “família de modo parasita”, a qual possibilita que o componente faça a desejada adesão a qualquer superfície de forma perpendicular, independente do ângulo de inclinação ou qualquer outro fator, a sua posição de inserção será perpendicular à superfície de contato. Também foi possível criar conectores com mais de uma saída de cabeamento e material variável. Já os cabos, foram parametrizados como sendo “famílias locais”, a qual foi configurada com seis pontos de inserção os quais definem a sua angulação. Esse modo construtivo possibilitou que o posicionamento dos cabos fosse realizado de maneira a ficarem curvos conforme a necessidade, além, é claro, de serem parametrizados, podendo ser inseridos diferentes materiais e espessuras para cada cabo, conforme a necessidade de cada projeto (Figura 3).

Figura 3 - Exemplo de cabeamento e conectores.



Fonte: (21).

3.0 RESULTADOS

Os blocos de famílias foram organizados de maneira a ter principalmente as características visuais semelhantes, para que houvesse a identificação visual do equipamento ou elemento do arranjo representado sem a necessidade de detalhamento pesado. Ao todo foram modelados tridimensionalmente 95 componentes de subestação contendo elementos básicos de família.

O modelamento tridimensional dos ativos foi concluído com um bom nível de fidelidade visual, a técnica utilizada para representação dos ativos com blocos simplificados de famílias resultou em um processamento mais fluido, mesmo em vistas 3D do projeto, benéfico para modelamento de subestações muito robustas. Foi possível inserir com sucesso o cabeamento através da metodologia proposta, apesar da complexidade do tema. Foi possível também modelar os conectores e fixação necessários de maneira satisfatória.

Quadro 1 – Renderizações dos arranjos das subestações.

Porto Alegre 13	Viamão 3	Garibaldi 1
-----------------	----------	-------------



Fonte: (21).

Para melhor atender aos colaboradores em projetos futuros, foi criada uma biblioteca virtual contendo todos os equipamentos modelados, esta pode ser armazenada no próprio computador ou mesmo compartilhada via nuvem ou backup e transferência de arquivos via pendrive, facilitando a interação entre equipes e mantendo a confiabilidade do projeto.

O projeto realizado de modo tridimensional permite que haja melhor visualização do arranjo como um todo, pois há a possibilidade de girar, mover e aplicar zoom à planta e até mesmo realizar reduções de seção para evidenciar detalhes, agilizando o processo. O uso de renderização para finalização do projeto eleva o nível de detalhamento, agregando valor ao projeto e incentivando melhores práticas na apresentação de projetos, trazendo inúmeros benefícios associados à imagem e competitividade da empresa. Como forma de repassar os conhecimentos aos colaboradores, foi realizado treinamento on-line através de videoconferências, material previamente gravado e um conjunto de Procedimentos Operacionais Padrão, houve um feedback positivo quanto ao treinamento.

4.0 CONCLUSÕES

A abordagem construtiva adotada para ativos e arranjos permitiu à equipe de projeto realizar a montagem da subestação, sem que houvesse muita exigência operacional dos computadores, com arranjos visualmente fiéis ao real, agilizando o processo e estimulando melhores práticas de projeto com o processo de renderização.

O projeto uma vez executado em 3D tem sua visualização e compreensão facilitadas, visto que é quase impossível que detalhes fiquem ocultos como em projetos 2D. Também há a facilidade em girar as plantas em várias posições, realizar cortes de vistas mais facilmente, aplicar zoom e separar elementos por conjunto pois as informações e equipamentos já estão vinculados.

O projeto de P&D propiciou que as três subestações cotadas para o início da implementação fossem completamente modeladas e finalizadas com a renderização, além de permitir a criação de uma biblioteca acessível aos colaboradores com os equipamentos em 3D modelados e o treinamento dos mesmos para uso e repetibilidade da técnica.

A implementação de BIM proposta, pode ter relevantes contribuições, tais como:

- Redução de custos com projeto e principalmente com retrabalho, visto que, um profissional com treinamento consegue executar o projeto de uma subestação em um tempo estimado menor;
- Incentivo às melhores práticas de apresentação de projeto, agregando valor ao empreendimento com representações muito próximas ao real;
- Implementação de uma ferramenta moderna de projeto, com uma metodologia integrada de informação e com possibilidade de evolução dos conceitos aplicados através da consolidação para posterior implementação dos níveis mais elevados de BIM;
- Detecção de interferências estimula a redução de mudanças e conflitos durante a construção;
- Capacitação e otimização dos recursos humanos;
- Aumento da segurança operacional da equipe com a possibilidade de planejamento de atividades e intervenções através de tour virtual;
- Possibilidade de mitigação do impacto ambiental, considerando que a plataforma possibilita que haja uma redução de desperdício e resíduos.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) COSTA, G. C. L. R. da; FIGUEIREDO, S. H.; RIBEIRO, S. E. C. Estudo Comparativo Da Tecnologia CAD Com A Tecnologia BIM. Revista de Ensino de Engenharia, v. 34, n. 2, p. 11 – 18, 2015.
- (2) AZEVEDO, D. M. et al. Utilização de tecnologia BIM (Building Information Modeling) aplicada a projetos de Subestações de energia elétrica integrada a Sistemas de Informação Geográfica (SIG). XVIII ERIAC DÉCIMO OITAVO ENCONTRO REGIONAL IBERO-AMERICANO DO CIGRE. Anais...Foz do Iguaçu, Brasil: 2019
- (3) DUAILIBE, P. Subestações : Tipos , Equipamentos e Proteção.Rio de Janeiro.Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca., , 1999.
- (4) MCDONALD, John D. Electric Power Substations Engineering. 3. ed. Flórida: Crc Press, 2017. 525 p.
- (5) MUZY, G. L. C. D. O. Subestações Elétricas, Rio de Janeiro, 2012.
- (6) OKAMOTO, P. S. Teoria e prática da coordenação de projetos de edificação residenciais na cidade de São Paulo. 2006. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- (7) SOUZA, L. L. A. de; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. de M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 2, p. 26 – 53, novembro 2009.
- (8) ZUPPA, Dino; ISSA, Raja R. A.; SUERMANN, Patrick C.. BIM's Impact on the Success Measures of Construction Projects. Computing In Civil Engineering, Florida, v. 10, n. 10, p. 503-512, out. 2009
- (9) CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Fundamentos BIM - Parte 1:: implementação do bim para construtoras e incorporadoras. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016. 1 v.
- (10) BRANDT, Danilo Sérgio.IMPLANTAÇÃO DA MODELAGEM À EXECUÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM PROJETOS DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS NUMA CONSTRUTORA. 2018. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.
- (11) CHAREHZEHI, Aref; CHAI, Changsaar; YUSOF, Aminah Md; CHONG, Heap-Yih; LOO, Siaw Chung. Building information modeling in construction conflict management. International Journal Of Engineering Business Management, [S.L.], v. 9, p. 1-18, jan. 2017. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1847979017746257>.
- (12) ZHAO, X. A. Scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization. Automation in Construction, 2017. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.002>>

- (13) GRILO, A.; Jardim-Goncalves, R. Value proposition on interoperability of BIM and col-laborative working environments, *Automation and Construction*. 19, 2010, p522–530, <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.003>.
- (14) FAN, S.-L.; SKIBNIEWSKI, M.J.; HUNG, T.W. Effects of building information modeling during construction, *Journal of Applied Science Engineering*, 17, 2014, p157–166, <http://dx.doi.org/10.6180/jase.2014.17.2.06>.
- (15) DODGE DATA & ANALYTICS (Vancouver). Start with BIM today. 2015. Disponível em: <https://www.construction.com/>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- (16) MCGRAW HILL CONSTRUCTION (Hamilton). Learn the advantages of BIM platform. 2014. Disponível em: <http://blogs.autodesk.com>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- (17) PINTO, L.R.L.; MENENDEZ, R.C.. Integração de modelagem 3D com aplicabilidade em subestações de energia elétrica. XXIV SNPTEE, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 29-35, fev. 2017.
- (18) SOARES, F.G.; MENENDEZ, R.C.. Implementação da modelagem tridimensional no projeto de torres treliçadas para linhas de transmissão. XXIV SNPTEE, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 15-25, fev. 2017.
- (19) PIASERA, Fábio Ern. Integração de modelagem 3D com aplicabilidade em subestações de energia elétrica. 2017. 23 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Mba em Gestão Empresarial, Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- (20) AURELIANO JÚNIOR, Maurício José. Uso de Realidade Aumentada associada a Building Information Modeling para visualização de dados em ativos de Subestações de Energia Elétrica. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- (21) MATOS, Pamela de. IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO SETOR ELÉTRICO E MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DE SUBESTAÇÕES. 2021. 236 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Projeto e Processos de Fabricação - Mestrado Profissional, Engenharia Mecânica, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2021.
- (22) CORRÊA, Matheus Behnen; STOLTE, João Vitor; MATOS, Pamela de; OLIVEIRA, Leonardo Castilhos de; ISRAEL, Charles Leonardo. METODOLOGIA DE MODELAGEM DE EQUIPAMENTOS 2D PARA 3D EM SOFTWARES BIM APLICADO EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA. In: VII SEMANA DO CONHECIMENTO, 7., 2020, Passo Fundo. Anais da Semana do Conhecimento . Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2020. p. 20-24.

DADOS BIOGRÁFICOS



PAMELA DE MATOS Nascida em São José do Ouro - RS, no ano de 1995, Engenheira Mecânica (2018) e Mestre em Projeto e Processos de Fabricação (2021) ambos pela Universidade de Passo Fundo (UPF). Experiência em pesquisa acadêmica e gerenciamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento. Desde 2019 Gerente de Projetos de P&D do Laboratório de Inovação Tecnológica (LINTEC-UPF), atuando no principal campo de BIM Manager. Atualmente Gerente Geral no LINTEC-UPF, atuando diretamente na coordenação e gestão de projetos de pesquisa e estagiários.

(2) LEONARDO CASTILHOS DE OLIVEIRA
Mestrando em Projeto e Processo de Fabricação pela Universidade de Passo Fundo - UPF. Engenheiro Mecânico. Pesquisador no LINTEC a 3 anos trabalhando com P&D no ramo do setor elétrico.

(3) CHARLES LEONARDO ISRAEL
Engenheiro Mecânico pela Universidade de Passo Fundo (2001), mestrado em Engenharia Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS (2005) e doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS (2010). Atualmente é Professor Titular II na Universidade de Passo Fundo. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Propriedades Mecânicas dos metais e componentes, atuando nos seguintes temas: ensaios mecânicos, projeto mecânico, desgaste, engenharia biomédica e metalurgia física. Coordena o LINTEC-UPF e desenvolve projetos de Pesquisa e Desenvolvimento nas áreas de Projetos Mecânicos e Processos de Fabricação.

(4) LUCIANO HOFFMANN PALUDO
Luciano Hoffmann Paludo, nascido em Caxias do Sul/RS no ano de 1980. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2002. Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2008. Especializado em MBA Executivo de Gestão Corporativa do Negócio de Energia pela ESPM em 2011. Desde 2009, desenvolve atividades profissionais na Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE-GT) na Engenharia de Subestações da Área de Expansão da Transmissão.

(5) JOÃO VITOR STOLTE
Formou-se Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio no ano de 2016, pelo IFRS Campus Ibirubá. Realizou estágio na empresa Design Informática para a conclusão do mesmo. Participou de projetos de extensão como bolsista, no IFRS Campus Ibirubá, com atividades voltadas para o ensino de informática e incentivo à leitura. Trabalhou como estagiário no NADUC, localizado na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da UPF. Participou do projeto intitulado Modelagem BIM 3D no LINTEC, desenvolvendo atividades relacionadas a modelagem tridimensional de equipamentos. Atualmente está cursando Arquitetura e Urbanismo na UPF-RS, e trabalha na empresa Engcart - Soluções em Engenharia.

(6) MATHEUS BEHNEN CORRÊA
Graduando em Arquitetura e Urbanismo na Universidade de Passo Fundo, RS, com bolsa ProUni Integral. Foi bolsista de iniciação científica no LABORATÓRIO DE ESTUDOS URBANOS E REGIONAIS - UPF, realizando a pesquisa de acessibilidade no Campus I da Universidade de Passo Fundo. Na minha penúltima experiência, atuei como Técnico em BIM no LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROCESSOS E PROJETO DE FABRICAÇÃO E MATERIAIS - LINTEC, com o Projeto de Pesquisa em Modelamento em 3D BIM. Atualmente atuo como estagiário na empresa Solar TI em Carazinho/RS, como auxiliar de projetos arquitetônicos de caráter comercial e detalhamentos arquitetônicos.