



GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL

METODOLOGIA DE FISCALIZAÇÃO E CONFORMIDADE DE PROJETOS DE ACESSANTES UTILIZANDO MODELAGEM BIM E ESCANEAMENTO A LASER DAS SUBESTAÇÕES

**ERICK HENRIQUE GOMES(1); PAMELA MEDEIROS NONATO(1); RAFAEL ANTÔNIO MAGALHÃES RIGONI
QUANTUM PARTICIPACOES S.A.(1)**

RESUMO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a metodologia de gestão da Quantum na fiscalização e conformidade de projetos de Acessantes através da implantação de gêmeos digitais das subestações. Para isso, o trabalho busca aplicar as tecnologias de captura de realidade pelo processo de escaneamento a laser e modelagem da informação, com o uso da metodologia BIM (Building Information Modeling), conhecida como modelagem da informação da construção. Portanto, o trabalho visa apoiar as atividades de engenharia, na fiscalização de obra, operação e manutenção de subestações, através da centralização virtual de todas as informações relativas a uma subestação.

PALAVRAS-CHAVE

Gêmeos Digitais. BIM. Acessantes. Reforços. Obra. CCI. CCT. Operação. Manutenção

1.0 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista regulatório, a Transmissora é responsável pelo livre acesso aos sistemas de transmissão ou distribuição de energia elétrica em todos os circuitos regulamentados pelo ONS, bem como atender aos Acessantes nos prazos e nas condições estabelecidas na regulação pertinente.

Para todos os novos projetos de implantação nas concessões regulamentadas a Transmissora deve verificar a conformidade das especificações dos projetos que sejam relacionados às suas instalações. Nessa verificação devem ser considerados os equipamentos das novas Obras e Reforços, até a etapa de comissionamento.

Para se ter uma ideia, a quantidade vigente de contratos de Compartilhamento de Infraestrutura (CCI) e Contrato de Conexão da Transmissão (CCT) celebrados em toda rede regulamentada, sem considerar aditivos, é da ordem 665 e 1726, respectivamente. Portanto, a gestão desses contratos tem se tornado tema de grande relevância e desafio para as concessionárias no setor elétrico brasileiro. Com isso, há uma busca por diferentes sistemas aliados a tecnologia para atender a essa demanda crescente, de forma eficiente.

Uma das tecnologias que vem sendo amplamente utilizada para a gestão de ativos e que tem se demonstrado muito eficiente na gestão de Obras de CCI e CCT são os Gêmeos digitais. O gêmeo digital pode ser compreendido como a representação digital de um ambiente ou ativo físico, como uma ponte, edifício ou subestação. Considere o gêmeo digital não como um modelo 3D tradicional, mas como um modelo de informações. Trata-se de uma referência de dados comuns, criada durante uma etapa de planejamento de projeto e que se estende por todas as etapas do ciclo de vida de um ativo, ou seja, do projeto à fabricação e construção e, em seguida, à operação e manutenção (1).

Os gêmeos digitais no setor de arquitetura, engenharia e construção (AEC) são réplicas abrangentes de ativos construídos, com seus respectivos sistemas (1). Ele pode assumir a forma de um ativo do setor de energia, tais como: um elemento de infraestrutura, uma subestação, barragem, usina hidrelétrica, linhas de transmissão, parques eólicos ou fotovoltaicos.

O gêmeo digital está sempre evoluindo em função dos dados fornecidos por seu correspondente físico. Por isso, é capaz de fazer simulações e previsões em resposta às condições em tempo real. Como na elaboração de PEX; APR; Visitas Técnicas Virtuais, Treinamento de equipes, entre outros.

No que diz respeito ao fluxo de trabalho, os gêmeos digitais agrupam informações que normalmente se encontrariam separadas, em diferentes documentos, como planilhas e desenhos técnicos representados em pranchas. Com isso, as equipes ficam mais conectadas durante todo o ciclo de vida de um ativo, desde o projeto até a manutenção e eventual desativação. Os dados estáticos, como especificações de componentes e cronogramas de manutenção,

são integrados aos dados dinâmicos como condições e funcionamento de um equipamento e ambiente. Dessa forma, os gêmeos digitais capacitam a todos, dos projetistas aos proprietários de uma Obra, a tomar as decisões mais assertivas e bem fundamentadas e que maximizam o desempenho e o ciclo de vida dos ativos.

O processo BIM (Modelagem de Informações da Construção) está impulsionando a digitalização do setor da arquitetura, engenharia e construção. Essa tecnologia utiliza modelos multidisciplinares e colaboração em nuvem para fornecer informações sobre os ativos construídos e seus sistemas internos às equipes de projeto e gestão, sendo, portanto, um aliado dos Gêmeos Digitais

Os gêmeos digitais usam todo o potencial da tecnologia BIM, conectando dados e processos por meio de uma gestão dinâmica das informações, sendo bidirecional e em tempo real. É possível criar gêmeos digitais sem BIM, mas o aproveitamento máximo do potencial desses modelos inteligentes começa com os fluxos de trabalho integrados e o compartilhamento de informações, que já fazem parte do processo BIM. Por isso, começar com BIM é um método mais eficiente. (2).

A Figura 1 representa o fluxo de implantação da metodologia BIM, em que inicialmente é realizado o input de Informações no sistema. Essas informações são divididas em dois grupos: o primeiro grupo trata de Informações Geométricas físicas das instalações e o segundo trata dos Dados dos equipamentos e informações de projeto da instalação. Por fim, através do IFC é gerado o modelamento BIM.

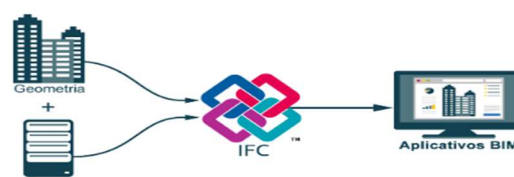


FIGURA 1— Fluxo da aplicação da Metodologia BIM

As informações Geométricas são obtidas através do Escaneamento a Laser das instalações, que gera como produto uma nuvem de pontos. Paralelamente, são imputados no sistema os Dados dos equipamentos e informações do projeto, com plantas de Projeto Civil, Eletromecânicos, Digramas Unifilares e Funcionais, Folhas de dados dos Equipamentos, Listas de Materiais, entre outros, e gera como produto um modelo inteligente de dados.

Em posse dos dados de entrada um arquivo “neutro” no formato IFC (Industry Foundation Classes) é responsável por armazenar e facilitar a troca de informações geométricas e metadados, entre diferentes ferramentas de projeto, e que se baseiam na metodologia BIM, permitindo o intercâmbio de informações gerando um produto integrado, sem perda ou distorção de dados.

Com gêmeos digitais aliados a metodologia BIM nota-se que não há limitação apenas a ativos recém-construídos, podem também ser aplicados em infraestruturas já existentes, para a obtenção de informações sobre sua operação e possível uso. É fácil notar que isso favorece todos os integrantes da cadeia de valor: empreiteiros, fornecedores, investidores, proprietários e ocupantes de edifícios.

2 DESENVOLVIMENTO

O Desenvolvimento do trabalho inicialmente busca dar visibilidade ao Leitor quanto a definição dos Contratos de CCI e CCT, bem como demonstrar o fluxo de aprovação e comentários de documentos, em um workflow convencional que envolve tanto a Engenharia do Acessante quanto a Engenharia da Concessionária em um contrato de CCI ou CCT celebrado. Em um segundo momento, descreve como é criado um Gêmeo Digital e seu respectivo modelamento BIM, a partir de uma implantação prática em uma das subestações cuja Quantum possui a concessão – SE Juazeiro da Bahia III, Empreendimento Odoyá - BA. Por fim, será destacado a gestão de Acessantes em contratos CCI e CCT contemplando Gêmeos Digitais e o modelamento BIM.

2.1 Gestão de Acessantes

2.1 Contratos de CCI e CCT

Do ponto de vista regulatório, a Transmissora é responsável pelo livre acesso aos sistemas de transmissão ou distribuição de energia elétrica em todos os circuitos regulamentados pelo ONS, assim como atender os Acessante nos prazos e nas condições estabelecidas na regulação pertinente. (3)

Para todo projeto de implantação nas concessões existentes a Transmissora deve verificar a conformidade das especificações e dos projetos relacionados às instalações e equipamentos de novas Obras de reforços, e participar do seu comissionamento. A Figura 2 ilustra as instalações vigentes regulamentadas pelo ONS subdivida por nível de tensão na rede Básica, passíveis de celebração de contratos CCI e CCT.(3)

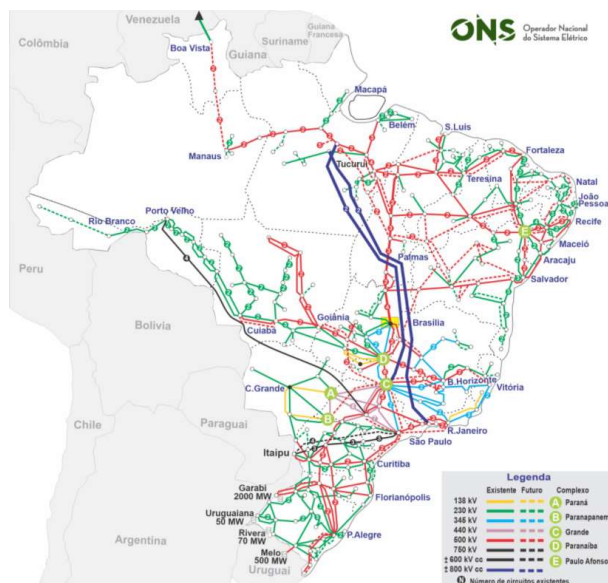


FIGURA 2 – Circuitos Regulamentados pelo ONS, subdivididos por níveis de tensão.

O contrato de compartilhamento de Infraestrutura – CCI e o Contrato de Conexão da Transmissão – CCT, como supracitado, devem ser verificados desde o início do projeto ao comissionamento e entrada em operação comercial pela concessionária. A Figura 3 Destaca os agentes que configuram os contratos de CCI e CCT.(3)

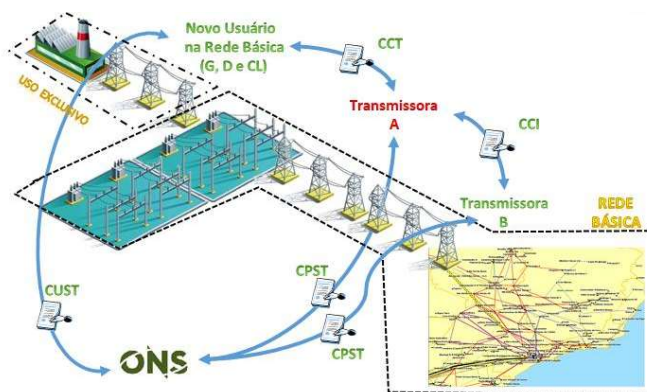


FIGURA 3 – Relação entre Agentes na celebração de contratos.

- Conexão à Subestação da Rede Básica por outra transmissora – CCI.
- Conexão à Subestação da Rede Básica por Geradores e Consumidores Livres – CC.
- Conexão à Subestação da Rede Básica por Distribuidoras – CCT.
- Seccionamento de Linha de Transmissão por outra transmissora – CCI.
- Doação das Entradas de Linha na nova subestação à Transmissora Seccionada.
- Seccionamento de Linha de Transmissão por Geradores ou Consumidores Livres – CCT.

A Figura 4 apresenta a Linha do Tempo do ponto de vista regulatório na celebração de um contrato de CCI ou CCT, desde o Parecer de Acesso à Revisão Tarifária Periódica.

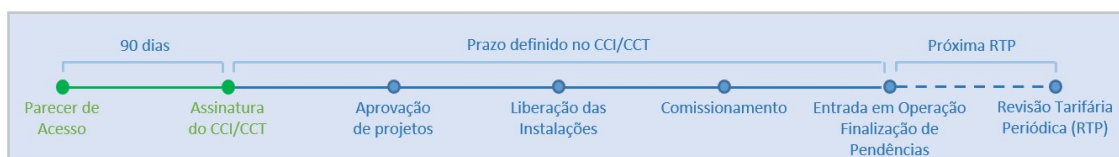


FIGURA 4 – Linha do tempo dos contratos CCI/CCT do ponto de vista regulatório.

O projeto enquanto implantação pode ainda ser observado de acordo com a linha do tempo da Figura 5.

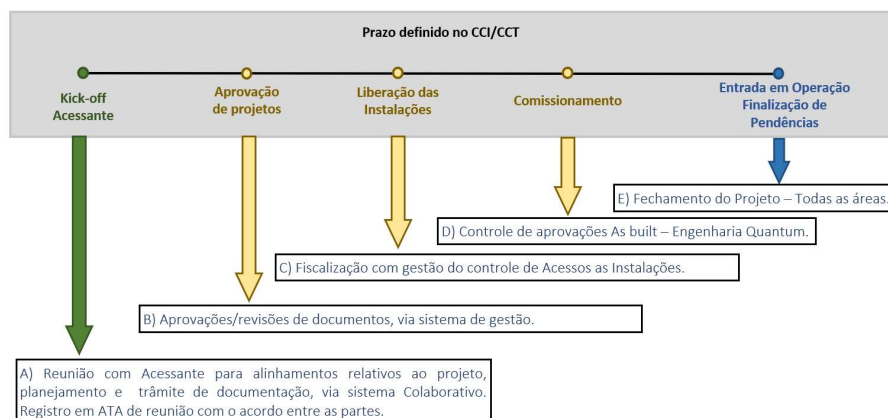


FIGURA 5 – Linha do tempo dos contratos CCI/CCT do ponto de vista da Engenharia.

2.1 Gestão de Acessantes sem a utilização de BIM

A gestão de obras de Acessantes pela concessionária exige um controle rigoroso de documentos de projetos e seu workflow de aprovações. De forma sistemática, a gestão de documentos é separada em dois grupos, como a seguir:

- i) Os documentos já existentes das subestações, como diagramas, desenhos, listas de materiais, entre outros, que representam o Conforme Construído, constitui esse primeiro grupo. Esses documentos são constantemente verificados pela Operação e Manutenção das instalações, de forma a manter um acervo de documentos de projetos sempre atualizados e como uma fotografia das subestações. Quando há um novo reforço por parte de Acessantes, os documentos que eventualmente possam sofrer alguma interferência/modificação por conta da obra, devem ser revisados pelos Acessantes, com respectivos atendimentos de comentários da concessionária até sua aprovação. Esse fluxo deve seguir até que ao fim da Obra tenha uma nova versão As Built dos documentos envolvidos, conforme fluxo da Figura 5, refletindo uma nova fotografia da subestação.

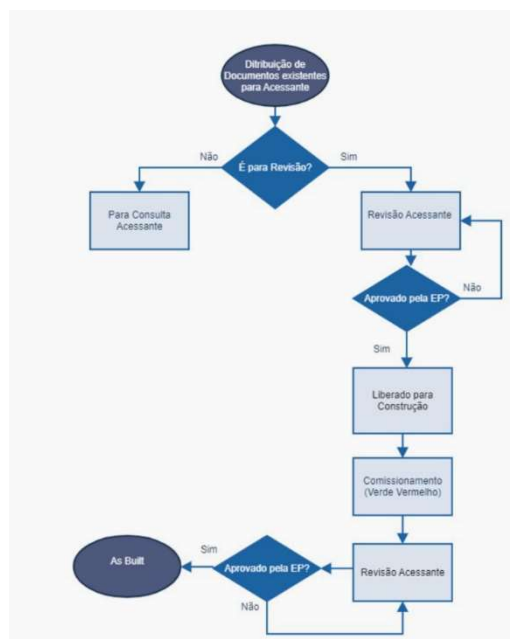


FIGURA 5 – Workflow de aprovação de documentos.

- ii) Os documentos de projeto da nova Obra, embora sejam de projeto exclusivo do reforço do Acessante, constituem um segundo grupo de documentos, que também são analisados pela engenharia da concessionária. Esses documentos são acompanhados em seu workflow desde a revisão inicial, ao “As-Built” e comissionamento pela engenharia da concessionária.

2.2 Implantação do Gêmeo Digital e Modelamento BIM

O desenvolvimento do trabalho conta com a implantação prática da metodologia. Como exemplo, temos a subestação Juazeiro da Bahia III (JZT), a partir da qual os setores de 500/230/69kV foram digitalizados em campo. Nessa subestação foram gerados 788 pontos de escaneamento que permitiram o registro de todos os detalhes dos equipamentos, por meio de uma nuvem de pontos, com precisão milimétrica e fotos de 360° com qualidade HDR. Em paralelo, foi realizada modelagem tridimensional inteligente, onde os metadados dos equipamentos foram associados as respectivas geometrias dos desenhos do projeto original, utilizados na construção da subestação. Desta maneira, cada item da subestação, desde um conector ou chave seccionadora, tiveram suas

informações de TAG de identificação, capacidade de operação, descrição do equipamento e dados de fabricantes inseridos no modelo tridimensional. Em uma etapa seguinte, a nuvem de pontos “As-Built”, como construído, foi sobreposta ao modelo tridimensional com o intuito de identificar divergências e alterações do projeto original que não foram documentadas ao longo das atividades de manutenção e ampliação da Subestação. Após as devidas atualizações do modelo BIM, foi possível obter uma representação fiel da subestação, como ela se encontra atualmente. Esse produto trata-se do Gêmeo Digital (Digital Twin).

2.2.1 Informações Geométricas: Nuvem de pontos

Para a captura da realidade é utilizado o sistema LIDAR (Light Detection and Ranging ou Obtenção de medidas de distância através da luz). No processo de captura os equipamentos de escaneamento a laser coletam milhões de pontos por segundo, com feixes de luz. Além de coletar os pontos, muitos equipamentos realizam fotografias paralelamente aos pontos. Como os pontos capturados possuem apenas informações de posicionamento espacial e tonalidades na faixa de cores preto e branco, as fotografias são usadas através de processamento para a inserção da informação de cor no sistema RGB, tornado à captura mais próxima da realidade (4). Essa captura abrange grandes áreas e o processo de coletas de dados é bem mais rápido comparado a topografia convencional. Na figura 6 é apontado o modelo com informação tridimensional de um ponto. Na Figura 7 são apontados diferentes para escaneamento laser tipos de equipamentos, com suas respectivas marcas e alcances para escaneamento Laser.

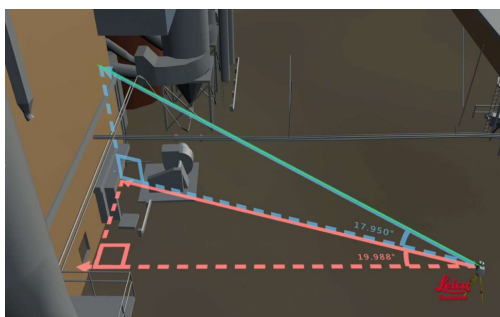


FIGURA 6 – Ponto de Escaneamento Laser.

Os dados em campo são obtidos com o equipamento de scanner laser disposto em um tripé. Os técnicos responsáveis in loco realizam as capturas a partir de pontos específicos previamente planejados de acordo com a FIGURA 8, gerada em software a partir do Arranjo Geral da Subestação.

As Figuras 9 e 10 demonstram a coleta da nuvem de pontos obtidas na SE Juazeiro da Bahia III (JZT), a partir de 788 cenas.

Para a captura de todos os detalhes geométricos da instalação, o scanner é posicionado em diferentes posições em torno dos equipamentos com intuito de evitar “sombras” de registro. Como referência, estima-se o tempo médio de 4 minutos para o escaneamento de cada cena, representados pelos pontos vermelhos na FIGURA 8.

Em uma jornada de 8 horas de trabalho é possível a produtividade de até 120 cenas / dia.

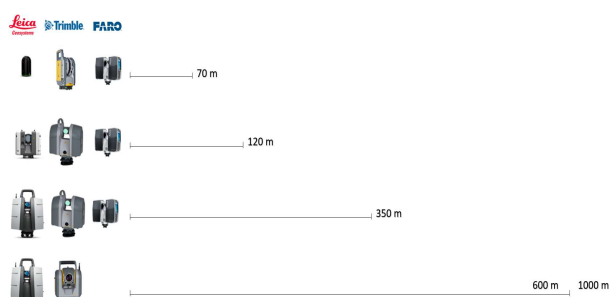


FIGURA 7 – Equipamentos disponíveis no mercado

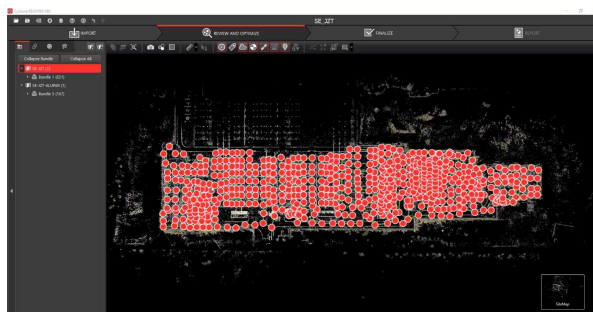
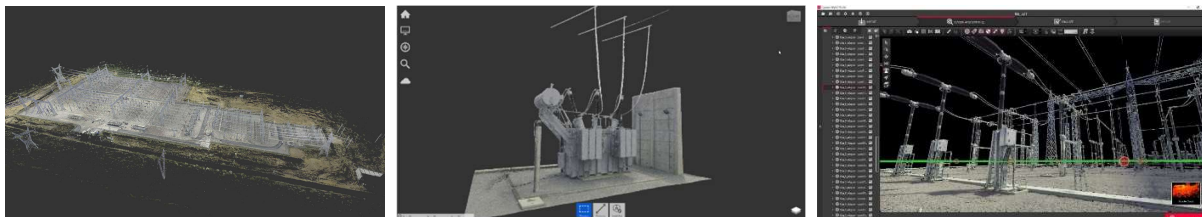


FIGURA 8 – Equipamentos disponíveis no mercado



FIGURAS 9 e 10 – Coleta da nuvem de pontos - SE Juazeiro da Bahia III (JZT) - Odoyá.

Após a obtenção de todas as cenas, os pontos são processados formando a nuvem de pontos de toda instalação. As FIGURAS 11, 12 e 13 demonstram a nuvem de pontos após o processo de registro das cenas.



FIGURAS 11, 12 e 13 – Nuvem de pontos - SE Juazeiro da Bahia III (JZT) - Odoyá.

2.2.2 Dados de Entrada de Equipamentos e Projetos

Para subestações já construídas e em operação, primeiramente é realizado um trabalho de coleta de toda a documentação técnica, desenhos, especificações, listas de materiais que sejam pertinentes ao desenvolvimento da modelagem BIM.

Nos desenhos de Arranjo Geral, FIGURA 14, com auxílio das plantas de vista e corte, é possível identificar e mapear em sistema a posição de todos os equipamentos na subestação.

Após a obtenção da localização dos equipamentos, é realizado o levantamento de seus dados técnicos, como as informações de suas dimensões físicas e dados técnicos construtivos. As informações obtidas a partir de Dimensionais, Folhas de Dados, Especificações técnicas ou até mesmo SAGIT (Software como construído do ONS), são imputadas como dados de entrada e gerado seu modelamento inteligente, de acordo com a FIGURA 15.

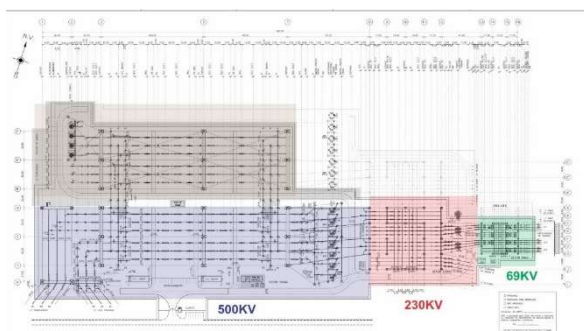


FIGURA 14 – Arranjo Geral – SE Juazeiro da Bahia III (JZT), separado por nível de Tensão.

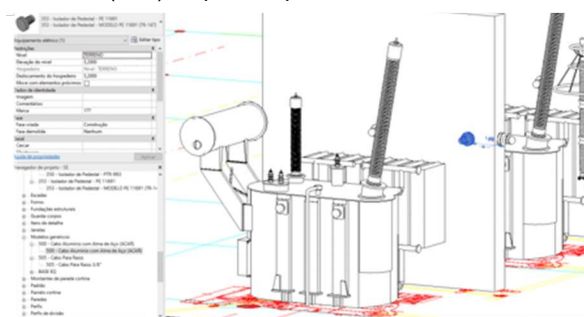


FIGURA 15 – Modelamento Inteligente de um transformador, a partir de Dimensionais e dados Técnicos.

2.2.3 Consolidação do Gêmeo Digital e Modelamento BIM

Com a conclusão dos dados de entrada para a modelagem BIM, ou seja, em posse da nuvem de pontos e do modelamento de equipamentos com seus respectivos dados técnicos, é realizada a junção através das informações via arquivos eletrônicos IFC (Industry Foundation Classes).

Com a conclusão dessa junção são realizados ajustes finais e conclusão dos Gêmeos digitais.

A FIGURA 15 Demonstra o modelamento isolado do equipamento para criar uma família do equipamento típico, no caso um transformador monopolar 230/500kV, utilizando o snap de pontos no software Autodesk Revit. A modelagem desse transformador em especial foi feita a partir do snap de pontos devido a não localização do desenho de dimensões físicas do fabricante. Portanto, é um exemplo de que também podem ser modelados equipamentos antigos em subestações, que eventualmente não dispõem de documentos.

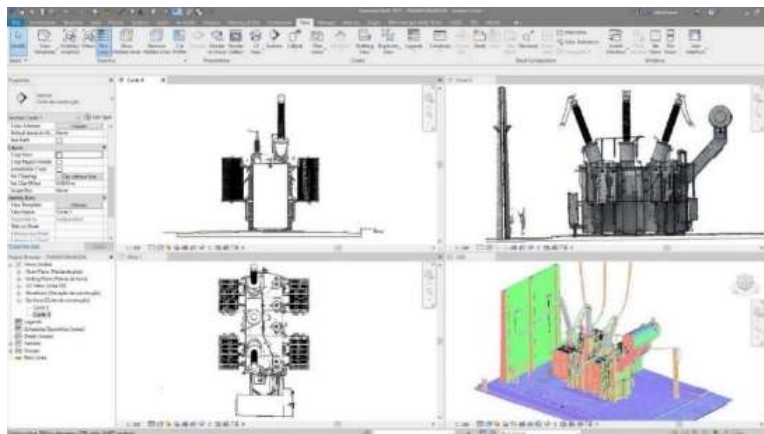


FIGURA 15 – Modelamento isolado do equipamento, a partir da nuvem de Pontos.

A FIGURA 16 Demonstra a nuvem de pontos após o processo de registro das cenas coletadas.

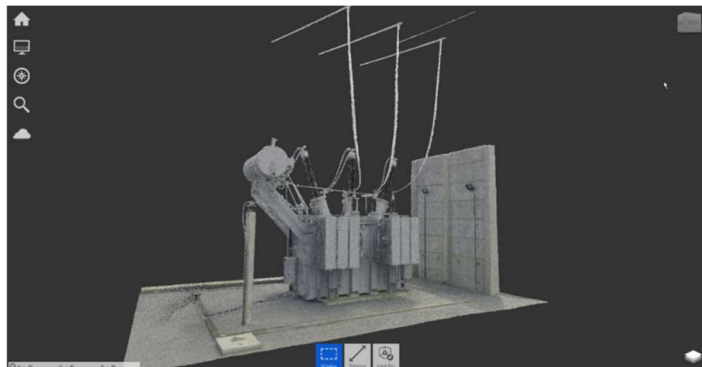


FIGURA 16 – Nuvem de pontos após o processo de registro das cenas coletadas.

A FIGURA 17 Demonstra o modelo final do ativo, com as informações do equipamento sobreposto ao escaneamento laser: Gêmeo Digital.

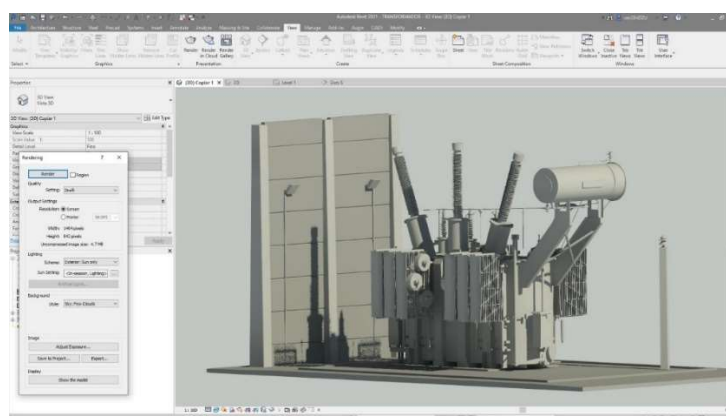


FIGURA 17 – Modelo final do ativo – Gêmeo Digital.

A FIGURA 18 demonstra a possibilidade de fazer medidas diretamente na nuvem de pontos ou na visualização 360° nas imagens das “Bubble View” da subestação.

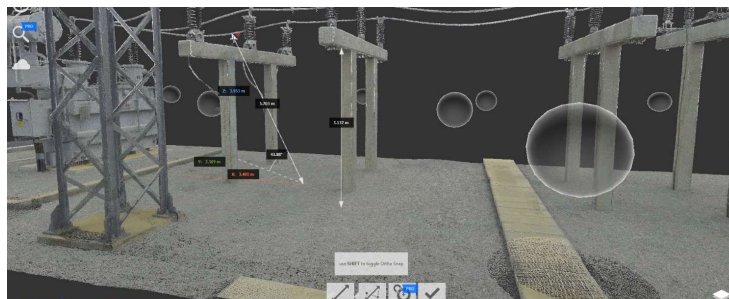


FIGURA 18 – Tomada de Medidas de distâncias na nuvem de pontos.

2.3 GESTÃO DE ACESSANTES COM A UTILIZAÇÃO DE BIM

Com a implantação dos Gêmeos Digitais e modelamento BIM na gestão de contratos de CCI e CCT, há um ganho significativo da engenharia desde a reunião Kick-off. Em posse da maquete em realidade aumentada, com registro real da subestação os ganhos da gestão podem ser:

- Mesmo que engenharia do Acessante não tenha visitado a subestação pode ter um primeiro contato com ela, sem a necessidade de viagem in loco.
- A engenharia da concessionária pode apresentar os padrões mínimos exigidos em suas instalações aos Acessantes.
- São apontadas eventuais divergências entre a geometria dos equipamentos representados na documentação de projeto em relação ao equipamento instalado na subestação física, como também o seu posicionamento.
- Dúvidas técnicas pontuais e recorrentes já podem ser explanadas de forma visual, ainda que seja uma reunião Kick-off, devido a visualização dos Acessantes observadores na reunião.
- Com a possibilidade de medidas físicas reais na maquete, é possível verificar como realizar a logística dos equipamentos nas subestações, inclusive identificando os EPI's e EPCs específicos para os trabalhadores em Obra.
- Equipamentos antigos que eventualmente não possuam documentos técnicos podem ser modelados, trazendo suas características dimensionais físicas.

As FIGURAS 19, 20 E 21 mostram as divergências entre os projetos As Built dos últimos Acessantes em uma subestação sem que os Gêmeos Digitais ainda tivessem sido implantados.

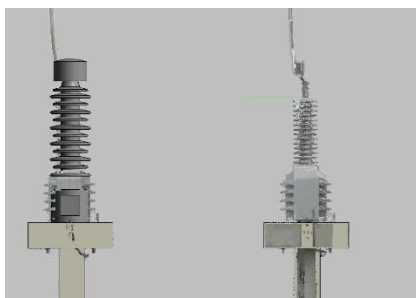


FIGURA 19 – Equipamento de projeto distinto do equipamento escaneado



FIGURA 20 – Casa de Reles construída Fora da planta de projeto.

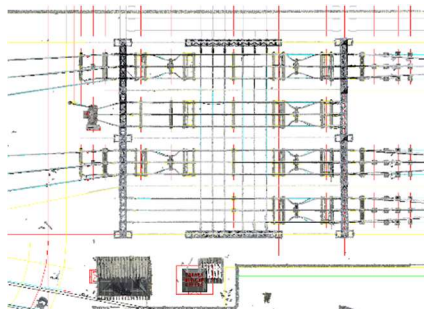


FIGURA 21 – Casa de Reles construída Fora da planta de projeto.
Perspectiva no Arranjo Geral.

3 CONCLUSÃO

Por se tratar de uma metodologia, os autores procuram se abster de aprofundamentos teóricos e demonstrar o trabalho de uma forma mais visual, para se tornar mais evidente e de forma ilustrativas os ganhos significativos na implantação de Gêmeos Digitais e Modelamento BIM na gestão de contrato de CCI e CCT de Acessantes nas concessões.

De forma resumida, a FIGURA 22 reúne as etapas de Implantação dos Gêmeos digitais, com as duas colunas a esquerda, e suas possíveis aplicações, com as duas Colunas a Direita.

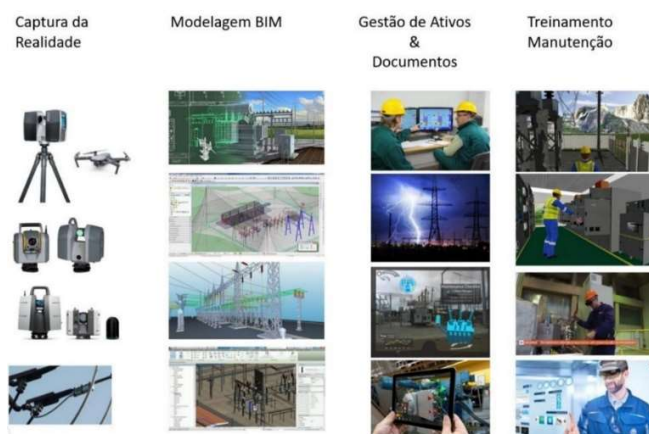


FIGURA 22 – Resumo da Aplicação da Metodologia

No conceito da indústria 4.0 e internet das coisas (IoT), onde pessoas e máquinas estão conectadas, todas as informações de manutenção e status dos equipamentos podem ser acessadas em tempo real, agilizando a tomada de decisões por parte da equipe de Operação & Manutenção. Assim, o modelo BIM torna-se um “hub” centralizador de informações podendo ser integrado com os sistemas de manutenção e monitoramento já utilizados pela concessionária (4).

Outra vantagem dessa metodologia é que o modelo 3D também permite a visualização da subestação em realidade virtual (VR - Virtual Reality) ou realidade aumentada (AR - Augmented Reality), em que os integrantes da equipe localizados em diferentes lugares físicos são capazes de visitar virtualmente a subestação e diminuir possíveis despesas de deslocamento para visitas técnicas in loco. Com isso, é possível, por exemplo, auxiliar na elaboração de Planejamento Executivo de Atividades e Análise Preliminar de Risco, entre outros benefícios.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) JONES, Sarah. Gêmeo digital: modelo de dados inteligente pode moldar o mundo construído. Redshift by Autodesk. 2021. Disponível em < <https://redshift.autodesk.com.br/gemeo-digital/> >. Acesso em: 10, novembro 2021.
- (2) EASTMAN, Charles. SACKS, Rafael. Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. XXVI SNPTEE, 2021, Porto Alegre/RS, Brasil.
- (3) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, ONS. Brasil.

(4) BASAULI, E. SACKS, Métodos de Captura e Modelagem da Realidade para projetos de Infraestrutura em BIM. Zigurat, Global Institute of Technology. 2020. Disponível em <Projetos Infraestrutura BIM: Métodos de Captura da Realidade (e-zigurat.com)>. Acesso em: 10, novembro 2021, Brasil.

DADOS BIOGRÁFICOS



(1) ERICK HENRIQUE GOMES

Engenheiro Eletricista formado pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e Físico pela Universidade de São Paulo. Possui 13 anos de experiência na engenharia, dos quais três anos no setor Elétrico de Potência, no segmento de geração e transmissão de energia elétrica e dez anos no setor de óleo e gás. Em projetos de Óleo e Gás atuou nas empresas Odebrecht; Degremont; Projectus e KTY Engenharia, responsável por Planejamento Executivo. No setor de Energia Elétrica, além de pesquisa em eficiência energética fomentada pelo CNPq, atuou nas empresas Instronic, Visus Engenharia e atualmente Quantum Participações, com a Gestão de Ativos.

(2) RAFAEL ANTÔNIO MAGALHÃES RIGONI

Engenheiro formado pela PUC Minas em 2004. Pós-Graduado em Projetos Industriais (ênfase Civil, Elétrica e Mecânica) pela Newton-Paiva em 2009. Especializado em BIM, estruturas metálicas, concreto e plantas industriais na Finlândia, em várias viagens entre 2004 /2015. Atualmente, é sócio-diretor da empresa de tecnologia e engenharia VIT (Virtual Information Technology Ltda); atua em diversos projetos BIM em infraestrutura, portos, indústrias, residenciais e comerciais; e leciona nas pós-graduações em Master BIM da Zigurat.

(3) PAMELA MEDEIROS NONATO

Engenheira Eletricista Formada pela Universidade de Marília. Possui 5 anos de experiência na engenharia, dos quais três anos no setor de Transmissão de Energia Elétrica, atuando na área de planejamento de manutenção de ativos e gestão de obras dos contratos de CCI/CCT, reforços e melhorias.