



**XXIII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GSE/12  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

## **GRUPO – VIII**

### **GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTO DE ALTA TENSÃO - GSE**

#### **APLICAÇÃO DE METODOLOGIA BIM NO PROJETO E CONSTRUÇÃO DE GRANDES SUBESTAÇÕES**

**Alexandre S. de Vasconcellos (\*)  
FIGENER**

**Leonardo Hernandes  
FIGENER**

## **RESUMO**

O aumento da complexidade e do tamanho dos empreendimentos, bem como a necessidade de se garantir a qualidade do trabalho desenvolvido, exigem um processo de engenharia eficiente para projeto e construção de subestações. O processo tradicional baseado em plantas e desenhos 2D e listas de materiais desagregados entre si não permitem a agilidade necessária ao fluxo de trabalho. A eficiência necessária só pode ser conseguida através de novos métodos, como, por exemplo, soluções baseadas em ferramentas BIM (do inglês Building Information Modeling). Este artigo descreve as soluções adotadas no desenvolvimento de um pacote BIM para projetos de grandes subestações.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Projeto de subestações, metodologia BIM, gerenciamento do ciclo de vida, biblioteca de componentes 3D.

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Subestações cada vez maiores e prazos de entrega cada vez mais curtos, acompanhados ainda da necessidade de redução de custos, obrigam os engenheiros a não só otimizar os seus layouts, mas também a utilizar procedimentos de projeto com a máxima eficiência, sem abdicar da máxima segurança com relação às informações geradas.

Tal processo de projeto eficiente só pode ser conseguido através de novos métodos e ferramentas. Um processo tradicional baseado em plantas e desenhos 2D e listas de materiais desagregados entre si não permite a agilidade necessária ao fluxo de trabalho para se obter uma engenharia mais eficiente e uma melhor qualidade do produto para os projetistas e para os clientes finais.

Atualmente estamos gerenciando uma maior quantidade de informações em um espaço de tempo mais curto e temos que entregar a informação certa às pessoas certas no momento certo. Somos confrontados com modelos de subestações maiores e com uma maior necessidade de interoperabilidade entre departamentos e entre softwares diferentes (CAD, ERP, ferramentas de cálculo, etc.).

Este processo de engenharia eficiente deve ser apoiado por uma solução de software altamente especializada com base na filosofia de Modelo de Informações de Construção, ou BIM (do inglês Building Information Modeling), para o projeto da subestação.

Agregar ferramentas de verificação e de cálculo automático também é fundamental para se garantir a confiabilidade requerida no projeto de grandes subestações. Ferramentas tais como verificação de distâncias de segurança, cálculo de SPDA, cálculo de esforços de curto-circuito em barramentos e verificação de balanço de

condutores devem ser utilizados para verificar e validar o modelo conforme a sua evolução. Com isso é possível atingir um processo ótimo de projeto com o máximo de segurança e um mínimo período de tempo.

Agregar todas estas funcionalidades em uma ferramenta BIM envolve um grande esforço de desenvolvimento. Este artigo descreve as soluções adotadas no desenvolvimento de um pacote BIM para o projeto de grandes subestações.

## 2.0 - METODOLOGIA BIM, SEUS BENEFÍCIOS E APLICAÇÃO NO PROJETO DE SUBESTAÇÕES

### 2.1 Metodologia BIM

A metodologia BIM ainda não é comum em todos os países atualmente. Alguns países inclusive nem mesmo sabem o que é BIM ou por que é usada. Outros países definem o uso de padrões BIM através de leis, em especial no caso de projetos da construção civil.

O *National Building Information Model Standard Project Committee* define BIM da seguinte forma [1]: “O BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Ele consiste de uma fonte única e compartilhada de informações a respeito de uma instalação, constituindo uma base de dados confiável para decisões durante todo o seu ciclo de vida, desde os estudos preliminares até o fim da sua vida útil”.

Já o *BIM Task Group UK* define [2]: “BIM é essencialmente uma colaboração criadora de valores ao longo de toda a vida de um ativo, apoiada pela criação, verificação e troca de modelos 3D compartilhados, e dados inteligentes e estruturados ligados a eles”.

BIM é definido por Eastman et al. [3] como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.”

Dessa forma, o BIM não é apenas um projeto em 3D, ou seja, um modelo contemplando apenas a geometria das instalações, mas traz também quantidades e propriedades dos componentes como, por exemplo, características técnicas, modelos e fornecedores. O BIM implica em representar um projeto como uma combinação de “objetos” compostos de geometria, seus atributos e a relação desses “objetos” com outros componentes.

Uma característica dos softwares BIM é que estes definem os objetos parametricamente, isto é, eles são definidos em termos de parâmetros e de relações com outros objetos, de forma que se um parâmetro de um objeto é alterado, todos os parâmetros dependentes são automaticamente atualizados. A Figura 1 apresenta a ideia do conceito de objetos inteligentes.

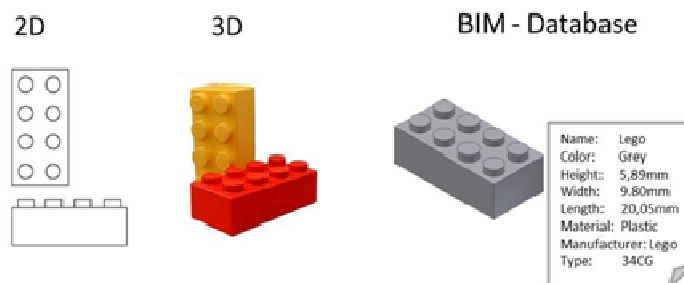


FIGURA 1 – Ilustração do conceito de objetos inteligentes.

### 2.2 Benefícios da metodologia BIM

O BIM pode representar diferentes benefícios para aqueles envolvidos no processo de projeto, dependendo do ponto de vista da análise. O BIM oferece a oportunidade de realizar o projeto em espaço 'virtual' e definir as informações necessárias antes da utilização de recursos e se comprometer com a construção de uma instalação que vai existir por vinte anos ou mais. Ao invés de se deparar com problemas e conflitos durante a fase de construção, o BIM oferece a oportunidade – a todos os participantes do processo de projeto – de utilização de aplicações baseadas em computador para, por exemplo, visualizar o modelo em 3D, de forma a antecipar problemas enquanto os projetos ainda estão em fase conceitual. Isso torna possível identificar e selecionar a forma mais adequada de atuação na correção ou melhoria do projeto, muito antes do detalhamento, especificação ou construção da instalação [1].

Para os profissionais envolvidos em um projeto, o BIM permite que o modelo virtual seja transferido da equipe de projeto para as equipes de construção e montagem, incluindo sub-fornecedores, e depois para o proprietário. Cada profissional adiciona dados específicos da sua disciplina ao banco de dados, que será compartilhado com toda a equipe. Isto reduz a perda de informação que tradicionalmente ocorre entre as diferentes equipes

envolvidas, e provê informações mais completas para os proprietários de instalações mais complexas.

Além daquilo já citado, alguns benefícios do BIM são os seguintes [1]-[3]:

- Ajudar com escopo durante a licitação e compra;
- Determinar os fatores críticos de execução e de custos na fase inicial de planejamento, possibilitando melhores tomadas de decisão no processo de projeto;
- Capacidade de identificação de interferências (por exemplo, a identificação de instalações colidindo com elementos estruturais);
- Aumento da qualidade dos projetos, além da integração e replicação dos dados entre todas as fases do processo;
- Elaboração automática de listas de materiais consistentes para, por exemplo, levantamento de custos;
- Geração de desenhos 2D precisos associados ao modelo 3D;
- Controle e gerenciamento de alterações de vários milhares de objetos em grandes projetos tornam-se possível e confortável, uma vez que toda as informações estão num mesmo modelo de informação;
- Demonstração de aproximações do projeto durante as apresentações de marketing, com a capacidade de visualizar o que vai a ser construído num ambiente simulado.

Com isso, a filosofia BIM é útil e deve ser aplicada ao processo de projeto de subestações, de forma que se torna necessário o desenvolvimento de uma aplicação especializada para dar suporte à modelagem de informações no projeto de subestações.

Para o caso específico de grandes subestações elétricas, o processo BIM pode ser acelerado ainda mais se a ferramenta BIM permitir o uso de componentes, estruturas e montagens padronizadas, e também pelo reuso destes conjuntos nos projetos [4].

### 2.3 Desafios para o desenvolvimento de um software baseado em BIM para projeto de subestações

É importante ressaltar que, ao adotar a metodologia BIM de modelagem e utilizá-la para produzir, comunicar e analisar soluções de projeto de subestações, visando os benefícios em projeto citados anteriormente, a prática consequentemente se transforma. Dessa forma, um primeiro desafio no desenvolvimento de um software baseado em BIM para o projeto de subestações é enxergar a mudança da metodologia de trabalho.

Um desafio é, a partir das especificações já estabelecidas para o processo de projeto e gerenciamento do ciclo de vida de construções, estabelecer as especificações BIM para o processo de projeto de subestações. Nesse sentido, as questões que surgem são as seguintes: Como o modelo de informações aplicado para subestações deve se parecer? Como é possível contemplar isso em um software BIM aplicado para subestações? Isto significa, por um lado, analisar os processos e objetos BIM atuais em vista de usá-los no processo de projeto de subestação (O que pode ser usado? O que pode ser adaptado? o que precisa ser criado?) e, por outro lado, estruturar o modelo de informação a ser aplicado para o processo de subestações.

O modelo de informações tem de ser estruturado para as necessidades especiais dos projetistas e de todas as pessoas envolvidas no processo de projeto de subestações como um todo. Ele não deve ser apenas um modelo em CAD 3D, mas sim conter definições de metadados de objetos e regras adicionais, e links entre objetos, incluindo até mesmo links entre objetos que podem ser localizados em diferentes arquivos CAD.

Outro ponto importante é que se torna fundamental também o desenvolvimento de uma biblioteca padrão de objetos inteligentes abrangente voltada para a área de sistemas elétricos de potência. Uma biblioteca BIM traz como principais vantagens todos os desenhos já modelados em três dimensões, além é claro das especificações técnicas de um determinado equipamento. Ali estão inseridas as principais informações para a elaboração dos diversos projetos, assim como para o orçamento e a execução do empreendimento. Além disso, os componentes em uma biblioteca podem servir de base para a elaboração de novos modelos.

Isso tudo significa que devemos ser capazes de gerenciar e armazenar em um banco de dados confortavelmente um modelo de informações que inclua todos os dados de objetos, como sua geometria e seus atributos, bem como seus links e interfaces com os demais objetos. O projeto de software tem de ser robusto, mas também flexível, a fim de atender exigências e especificações variáveis do processo BIM. Dessa forma, um último desafio é gerenciar toda a complexidade das informações do modelo, mantendo o software fácil de usar e atendendo o curso do processo de desenvolvimento do processo BIM.

## 3.0 - FERRAMENTA BIM PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE SUBESTAÇÕES

Este item descreve as soluções adotadas no desenvolvimento de um pacote BIM para o processo de projeto de grandes subestações.

### 3.1 Abordagem utilizada para a modelagem BIM de subestações

O ponto de partida para o desenvolvimento da ferramenta foi analisar o aspecto do ciclo de vida e fluxo de trabalho do processo de projeto de subestações com base no processo BIM existente para construções. Olhando para todas as fases normalmente seguidas em um empreendimento, o primeiro passo relativo ao modelo da subestação foi identificado como sendo o primeiro esboço da subestação. Esse esboço normalmente é feito pela engenharia do cliente e, a partir desse primeiro esboço, é elaborada a documentação para solicitação de propostas, incluindo um diagrama unifilar e algum esboço do layout.

Na etapa de elaboração de propostas, o modelo BIM da subestação pode ser utilizado para estimar e otimizar os fatores relevantes para o valor do empreendimento. Esse processo é conduzido através de um maior detalhamento partindo-se do esboço da subestação. Nesse momento o projetista tem a capacidade de determinar os fatores críticos de execução e de custos, e utilizar a ferramenta BIM para otimizar o layout da subestação.

A proposta contendo o modelo de dados completo da subestação, e não apenas um conjunto 2D de desenhos, pode ser entregue ao cliente solicitante. A partir do modelo recebido, o solicitante pode checar a qualidade do projeto e os preços da proposta. Nas etapas seguintes do projeto, o projetista pode usar novamente o modelo de dados BIM da subestação para detalhar ainda mais e melhorar a especificação da subestação.

Portanto, todas as etapas do empreendimento da subestação – proposta, detalhamento, planejamento de implementação, suprimento, construção & montagem e manutenção, entre outras possíveis – podem ser realizadas dentro do ambiente da ferramenta BIM. Nela pode ser gerada toda a documentação necessária, como lista de materiais e conjunto de desenhos (cortes, elevações e plantas), podendo essa metodologia ser aplicada tanto no processo de subestações novas como em ampliações ou melhorias em subestações existentes.

Como resultado final obtém-se um modelo completo, detalhado e consistente, juntamente com toda a documentação necessária, para o trabalho de construção. Baseado nesse mesmo modelo de subestação, o banco de dados pode ser atualizado e ajustado para elaboração da documentação de *as-built*.

### 3.2 Características da ferramenta BIM desenvolvida

Conforme apresentado anteriormente, BIM significa contemplar em um único modelo de dados todas as disciplinas envolvidas em um processo de projeto. Algumas disciplinas envolvidas no processo de projeto de uma subestação e que podem ser incorporadas no modelo de informação são apresentadas na Figura 2.

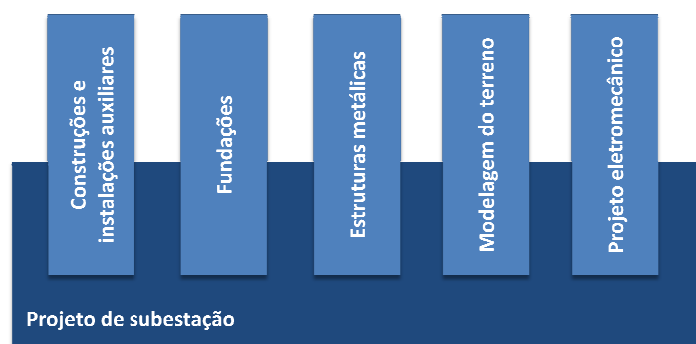


FIGURA 2 – Disciplinas envolvidas num projeto de subestação.

Além disso, as seguintes características foram trabalhadas na ferramenta BIM:

- (1) Modelos 3D paramétricos com informações associadas;
- (2) Biblioteca de modelos;
- (3) Estruturação e organização do banco de dados em sistemas, construções, etc;
- (4) Produção de documentação técnica (desenhos, vistas, plantas, cortes);
- (5) Extração de tabelas, listas e quantitativos de materiais;
- (6) Interoperabilidade e interface IFC para troca de dados;
- (7) Ferramentas de cálculo adicionais específicas para projeto de subestações.

A seguir, cada um dos itens indicados é comentado separadamente.

#### 3.2.1 Modelos 3D paramétricos com informações associadas

A modelagem paramétrica é uma representação computacional orientada a objetos na qual são inseridos atributos fixos e variáveis aos mesmos. Estes atributos são informações relativas às diversas características dos objetos [3]. Os softwares BIM definem os objetos parametricamente, isto é, eles são definidos em termos de parâmetros e de

relações com outros objetos, de forma que se um parâmetro de um objeto é alterado, todos os parâmetros dependentes são automaticamente atualizados.

No caso da ferramenta BIM para projetos de subestações tem-se:

- Equipamentos de alta tensão, como disjuntores, cabos, isoladores, etc., com metadados específicos para cada tipo de equipamento (vide exemplo da Figura 3);
- Objetos inteligentes paramétricos, como fundações, estruturas metálicas, cabos, barramentos tubulares, etc.

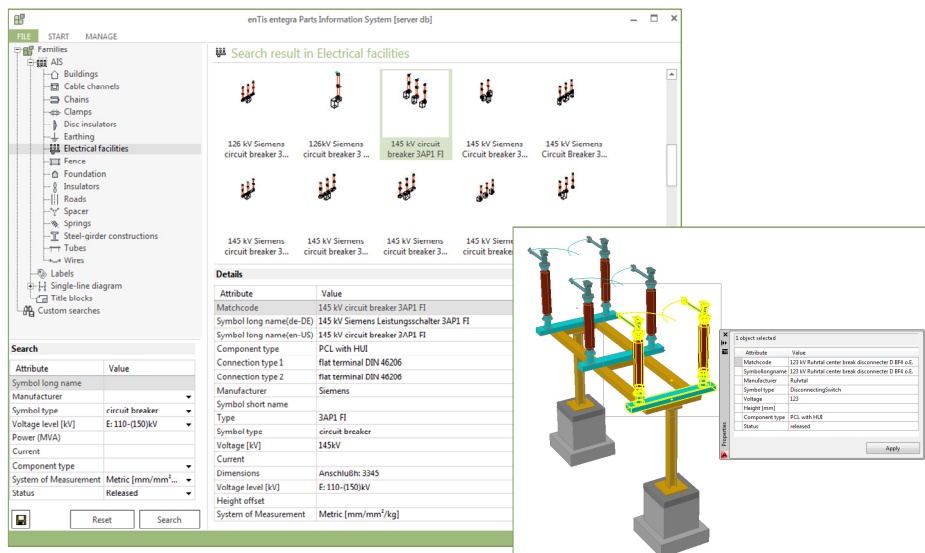


FIGURA 3 – Objetos inteligentes 3D.

### 3.2.2 Biblioteca de modelos

Para o caso específico de grandes subestações elétricas, o processo BIM pode acelerar ainda mais o projeto se a ferramenta em questão permitir a reutilização de componentes, estruturas e montagens padronizadas, bem como o conjunto desses equipamentos (por exemplo, um bay de transformador).

A ferramenta BIM desenvolvida para o processo de subestações já conta com cerca de 2000 elementos específicos para o projeto de subestações de alta tensão. Essa biblioteca é composta de modelos de componentes, como transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, isoladores de pedestal, cabos, estruturas metálicas, etc. Novos elementos podem ser inseridos nessa biblioteca, de tal forma que pode ser expandida livremente pelo usuário.

### 3.2.3 Estruturação e organização do banco de dados em sistemas, construções, etc

O maior benefício da utilização da metodologia BIM no processo de projeto de subestações é a possibilidade manipular e gerenciar centenas de milhares de objetos e modelos centralmente. Para tanto, foi desenvolvido um gerenciador do banco de dados organizado e estruturado de forma a atender as necessidades do processo de projeto de subestações.

A estrutura de organização do modelo de informação foi pensada de forma a reduzir a redundância de dados e de forma a permitir que usuários diferentes, inclusive de disciplinas diferentes, possam trabalhar rapidamente e facilmente em “subestruturas” (subconjuntos de uma estrutura maior que é a subestação como um todo), como, por exemplo, na parte da subestação de um determinado nível de tensão ou dentro de um determinado bay, mas sempre com acesso ao modelo como um todo. Isso permite que os usuários se concentrem apenas nas partes relevantes das suas atividades. Esse método de estruturação do modelo de dados permite a colaboração de vários usuários em um mesmo modelo, de forma simples e transparente.

Algumas características da organização modelo de informações da ferramenta de projeto:

- Exibição da estrutura subestação de acordo com os níveis de tensão e bays (vide exemplo da Figura 4);
- Construções, arquitetura, infraestrutura e subestação podem ser editados em diferentes modelos;
- Referência inteligente: objeto usado repetidamente no modelo existe somente uma vez no banco de dados, de forma que uma definição feita uma vez será utilizada em todas as partes do modelo.

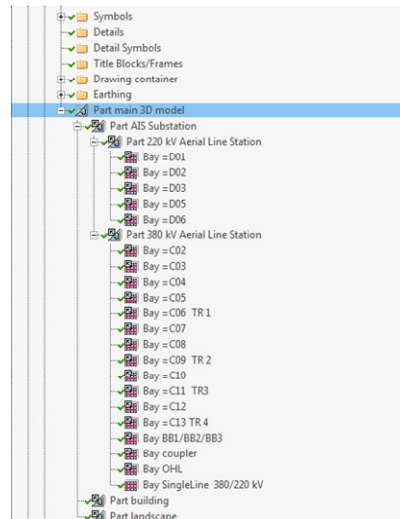


FIGURA 4 – Estruturação do modelo de informação do projeto da subestação.

#### 3.2.4 Produção de documentação técnica (desenhos, vistas, plantas, cortes)

As ferramentas de projeto baseadas no BIM permitem, por exemplo, a extração de diferentes vistas para a produção de desenhos, que são automaticamente consistentes entre si, pois partem da mesma base de dados. Uma informação alterada no modelo 3D será automaticamente atualizada em plantas, elevações, ou cortes, e também no banco de dados. Exemplo, uma vez alterada a posição de um disjuntor no pátio da subestação, os desenhos do projeto nos quais tal equipamento está presente serão automaticamente atualizados.

Por se tratar de um protótipo, o arquivo BIM e o recurso de gerar desenhos a partir do modelo de informações poupa tempo que seria destinado à execução destes desenhos e elimina inconsistências entre eles, pois se tratam de desenhos gerados a partir de um mesmo modelo.

#### 3.2.5 Extração de tabelas, listas e quantitativos de materiais

Da mesma forma que para a elaboração de desenhos, as ferramentas de projeto baseadas no BIM permitem a geração automática de listas de materiais, que são consistentes com o restante do projeto, pois partem da mesma base de dados. A Figura 5 apresenta um exemplo de lista obtida na ferramenta.

No caso da ferramenta para projeto de subestações, tem-se as seguintes características:

- Listas de materiais e quantitativos incluindo todas as partes da subestação, desde equipamentos principais (disjuntores, seccionadoras, etc) até partes pequenas (porcas, parafusos, anilhas)
- Tabelas elaboradas de acordo com as partes da subestação (por exemplo, materiais de um determinado bay);
- Materiais de mesma classe agrupados logicamente (por exemplo: equipamentos elétricos, cabos, fundações, tubos, clamps, etc);
- Materiais relacionados à infraestrutura também são contados (fundações, dutos de cabos, ruas, cercas, etc).

#### 3.2.6 Interoperabilidade e interface IFC para troca de dados

A interoperabilidade visa facilitar a criação de padrões que permitam o intercâmbio de dados entre diferentes aplicativos, mantendo o sentido existente nos objetos e a integridade das informações. Quando se trabalha com diferentes aplicativos, não é viável nem desejável que somente uma solução suporte todas as questões ao longo do ciclo de vida da instalação [5].

A interoperabilidade trabalha com a criação de normas para que esse processo de importação/ exportação ocorra de maneira a não gerar perda de informações. O IFC é o formato padrão internacional utilizado por todos os softwares da plataforma BIM para intercâmbio de arquivos entre eles [6]. No entanto, atualmente não existem definições IFC disponíveis para objetos voltados para componentes de alta tensão.

Um dos requisitos estabelecidos para a ferramenta BIM de projeto de subestações desenvolvida é que ela consiga trocar informações. Assim, ela possui funcionalidades para exportar e importar geometrias em 2D, 3D em .DXF, .DWG e .DGN, além de permitir troca de dados consistente entre projetos e usuários do programa (modelos completos, como toda uma subestação, bays, etc, ou componentes, estruturas e metadados).

Item no.	Description	Manufacturer	Type	Unit	Part 123 kV	Bay #ED1 transf. bay	Bay #ED2 area line	Bay #ED3 busbar	Bay #ED4 transf. bay	Bay #ED5 area line	Total
10	Foundations										
10	foundation - circuit breaker			Qty.		3,0	3,0		3,0	3,0	12,0
11	foundation - busbar disconnector			Qty.				4,0			4,0
12	foundation - busbar post insulator			Qty.				4,0			4,0
13	foundation - center break disconnector			Qty.		2,0	4,0		2,0	4,0	12,0
14	foundation - column			Qty.			4,0			4,0	8,0
15	foundation - current transformer			Qty.		2,0	3,0		2,0	3,0	10,0
16	foundation - lightning column			Qty.		1,0			1,0		2,0
17	foundation - surge arrester			Qty.		2,0	2,0		2,0	2,0	8,0
18	foundation - transformer			Qty.		1,0			1,0		2,0
19	foundation - voltage transformer			Qty.			3,0			3,0	6,0
100	Electrical facilities										
100	123 kV Siemens Circuit breaker 3AP1 FS	Siemens	3AP1 FS	Qty.		3,0	3,0		3,0	3,0	12,0
101	123 kV Siemens surge arrester SEP2 150-2PL2	Siemens	SEP2 150-2PL2	Qty.		3,0	3,0		3,0	3,0	12,0
102	123 kV Ruidtal center break disconnector D BR 4 s E	Ruidtal	D BR 4	Qty.		3,0	6,0		3,0	6,0	24,0
103	123 kV Trench current transformer KOSK 123	Trench Electric	KOSK 123	Qty.			3,0			3,0	6,0
104	123 kV Trench voltage transformer CVE 123	Trench Electric	CVE 123	Qty.			3,0			3,0	6,0
105	123 kV Trench current transformer KOSK 123	Trench Electric	KOSK 123	Qty.		3,0			3,0		6,0
106	123 kV Trato-Union transformer TSSN 1651	TR Union	TSSN 1651	Qty.		1,0			1,0		2,0
109	123 kV line trap 1000 A/0.17 mH	Trench Electric	1000A / 0.17 mH	Qty.			2,0			2,0	4,0
200	Chains										
200	suspension string single conductor		1 and 1	Qty.			2,0			2,0	4,0
201	tension string single conductor with turnbuckle			Qty.			3,0			3,0	6,0
202	tension string single conductor			Qty.			3,0			3,0	6,0
250	Insulators										
250	123 kV Siemens post insulator SPB 550	Siemens	SPB 550	Qty.				6,0			6,0
400	Wires										
400	Conductor ACSR 562-AL 149-ST1A EN 50182			m	74,4	18,5	104,5		18,5	104,5	320,4
401	Conductor lightning protection			m			40,0			40,0	80,1
450	Tubes										
451	tube d=100			m		33,0		63,0	33,0		129,0
2300	Clamps										
2300	Wire clamp 1 wire > 1 wire 1		Dwight = x	Qty.			8,0			8,0	16,0
2301	straight flat terminal com. bolted Typ 1		Typ 1 / A.D.E.H	Qty.			32,0			32,0	64,0
2302	Bolted clamp equipment > 1 wire 45°		Dwight = x	Qty.			3,0			3,0	6,0
2303	Flat terminal clamp equipment > 1 wire straight		Dwight = x	Qty.			4,0			4,0	8,0
2304	Tube end bell inside d=100		d=100	Qty.				12,0			12,0

FIGURA 5 – Lista de materiais.

### 3.2.7 Ferramentas de cálculo adicionais específicas para projeto de subestações.

Algumas ferramentas de cálculo também foram desenvolvidas e incorporadas na ferramenta BIM para projetos de subestações, aproveitando o fato de todas as informações do projeto estarem concentradas num mesmo banco de dados. Duas delas bastante úteis para projeto de subestações isoladas a ar são apresentadas a seguir.

- *Verificação das distâncias de segurança e ocorrência de interferências*

Uma vez tendo em mãos o modelo 3D da subestação, bem como o conjunto de dados a ele associado, uma tarefa de grande importância é verificação das distâncias de segurança e ocorrência de interferências. Para tanto, uma funcionalidade de cálculo automático foi desenvolvida dentro da ferramenta BIM. A Figura 6 apresenta uma avaliação feita na ferramenta desenvolvida.

As subestações isoladas a ar possuem requisitos para as distâncias mínimas de segurança entre partes vivas e entre partes vivas e aterradas – necessidades de coordenação de isolamento, circulação de pessoas, circulação de veículos, execução de manutenções, etc. São verificadas automaticamente distâncias entre fases, entre fase e terra, entre fases e ruas, entre fases e cercas, etc.

Além disso, essa funcionalidade permite a verificação de interferências na subestação, tarefa essa que pode exigir um grande esforço quando da utilização a metodologia de desenhos 2D no projeto.

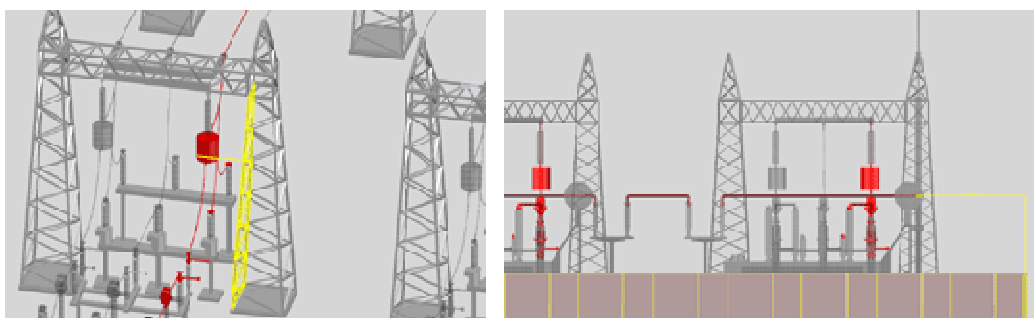


FIGURA 6 – Cálculo das distâncias de segurança.

- *Cálculo e análise do sistema de proteção contra descargas atmosféricas*

Outra ferramenta útil em projetos de subestações isoladas a ar e que foi incorporada na ferramenta BIM desenvolvida é uma funcionalidade de cálculo e análise do sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Essa funcionalidade implementa os métodos convencionais de cálculo de SPDA, como, por exemplo, o método



das esferas rolantes. Com o uso de hastes e cabos como captadores, a ferramenta cria os volumes e as áreas protegidas, permitindo uma rápida visualização da instalação protegida e facilitando alterações no projeto do SPDA (realocação de hastes e cabos) (4). A Figura 7 apresenta volumes de proteção obtidas na ferramenta BIM desenvolvida.

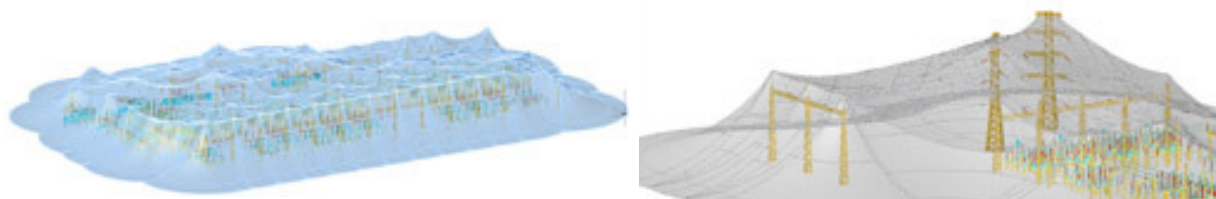


FIGURA 7 – Resultado do cálculo de SPDA na ferramenta de projeto.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Este artigo descreve as soluções adotadas no desenvolvimento de um pacote BIM para o processo de projeto de subestações de energia elétrica. Uma solução nesse sentido se faz necessária principalmente devido ao aumento da complexidade e do tamanho dos empreendimentos, ao mesmo tempo que a qualidade da engenharia deve ser garantida.

Foram apresentados diversos benefícios que tal metodologia pode trazer para a engenharia de subestações, como, por exemplo, gerenciamento de todo o ciclo de vida do processo, determinação de fatores críticos de execução e de custos na fase inicial de planejamento, capacidade de identificação de interferências, elaboração automática de listas de materiais, geração automática de desenhos 2D associados ao modelo 3D, entre outros. No entanto, a adoção de uma solução baseada em BIM implica em uma mudança na prática convencional baseada em desenhos 2D, uma vez que BIM significa contemplar em um único modelo de dados todas as disciplinas envolvidas em um processo de projeto.

Diversas características da ferramenta BIM desenvolvida são apresentadas, como a utilização de modelos 3D paramétricos com informações associadas, biblioteca de modelos e funcionalidades para colaboração de vários usuários em um mesmo projeto. Além disso, é apresentada a possibilidade de desenvolvimento de ferramentas de cálculo adicionais específicas para projeto de subestações, como cálculo de SPDA e cálculo de distâncias de segurança.

Dessa forma, a partir da solução desenvolvida, entende-se que uma ferramenta baseada na metodologia BIM tem total capacidade de atender satisfatoriamente e gerenciar a complexidade de empreendimentos de grandes subestações.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) THE NATIONAL BIM STANDARD. Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States™. Disponível em <<http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1>>. Acesso em Março de 2015.
- (2) BIM Task Group UK. Frequently Asked Questions. Disponível em <<http://www.bimtaskgroup.org/bim-faqs/>>. Acesso em Março de 2015.
- (3) EASTMAN, Chuck et al. Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p. Revisão técnica: Eduardo Toledo Santos. Tradução de: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al..
- (4) PRIMTECH 3D. primtech - Primary Technology CAE System for CAD Design of High-Voltage Switchgear. Disponível em <<http://www.primtech.com/pages/usuk/product.php>>. Acesso em Março de 2015.
- (5) CHECCUCCI, E. S. et al. Colaboração e Interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM). In: XV CONGRESSO SIGRADI. Santa Fé, Argentina, 2011.
- (6) BUILDINGSMART. Disponível em <<http://www.buildingsmart.org/>>. Acesso em Março de 2015.



## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Alexandre S. De Vasconcellos nasceu em São Paulo/SP, Brasil, em 1972. Engenheiro eletricista graduado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) em 1994, desenvolveu dentre outras atividades vários estudos de sistemas de proteção para diversos setores. Os principais tópicos de interesse são o comportamento dinâmico de sistemas de potência e sistemas de proteção e controle de equipamentos elétricos. É Diretor da área de Sistemas de Potência da FIGENER Engenheiros Associados Ltda.

Leonardo Hernandes nasceu em Neves Paulista/SP, Brasil, em 1987. Engenheiro eletricista graduado pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo em 2009. Em 2010 se juntou à FIGENER Engenheiros Associados, Brasil, atuando desde então como Engenheiro Eletricista, desenvolvendo estudos e projetos com foco em sistemas elétricos de potência para diversos setores. Os principais tópicos de interesse são sistemas de proteção e controle, qualidade de energia e geração distribuída.