



**XXI SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS DA MANUTENÇÃO- GMI

GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS TRIDIMENSIONAIS

**Adrian E. Osorio Paredes (*)
ITAIPU BINACIONAL**

**José A. Bogarín G.
ITAIPU BINACIONAL**

**Sidney Viana
UNIFACS**

**Judith Pavón
UNIFACS**

RESUMO

As diretrizes e procedimentos de manutenção de equipamentos da Itaipu são documentados de forma textual por meio de um sistema centralizado. O acúmulo de conhecimento e experiência dos profissionais requer o manuseio de informações volumosas, comprometendo a assimilação e exigindo treinamento e aperfeiçoamento freqüentes.

As TIC's permitem gerar produtos de comunicação visual provendo movimentos a objetos virtuais e permitem a efetiva retenção de conhecimentos. O projeto busca potencializar o aprendizado de tarefas complexas com praticidade e portabilidade, catalisando a transferência de conhecimentos e inclusão digital, visando uma futura integração com o sistema SOM para fortalecer e aperfeiçoar recursos técnicos utilizados.

PALAVRAS-CHAVE

Manutenção Virtual, Gestão do Conhecimento, Ambiente Virtual, Tecnologia de Informação e Comunicação, Equipamentos de Alta Tensão.

1.0 - INTRODUÇÃO

O SOM (Sistema de Operação e Manutenção) é um sistema integrado utilizado por profissionais encarregados do funcionamento da usina hidrelétrica, e onde são documentados os registros, ajustes e procedimentos a serem executados, tanto pelas equipes de Manutenção como as de Operação. O manual que descreve o SOM – Sistema de Operação e Manutenção tem por finalidade apresentar filosofias, objetivos, conceitos básicos, funcionamento e estrutura adotada para a implantação e desenvolvimento deste sistema na Itaipu Binacional. Esta estrutura está composta por dois vetores que são os manuais do SOM e os Sistemas e Subsistemas do SOM, os quais direcionam as atividades e determinam limites para todos os equipamentos instalados na usina. Na Figura 1 pode ser observado de forma parcial o modelo atual do sistema SOM e algumas de suas funções.

(*) Central Hidroeléctrica de Itaipu - Supercarretera, s/n° – Edifício de Producción – 3er. Piso, Hernandarias,
Alto Paraná, – Paraguay
Tel: (+595 61) 599-2697 – Fax: (+595 61) 599-2475 – Email: aerop@itaipu.gov.py

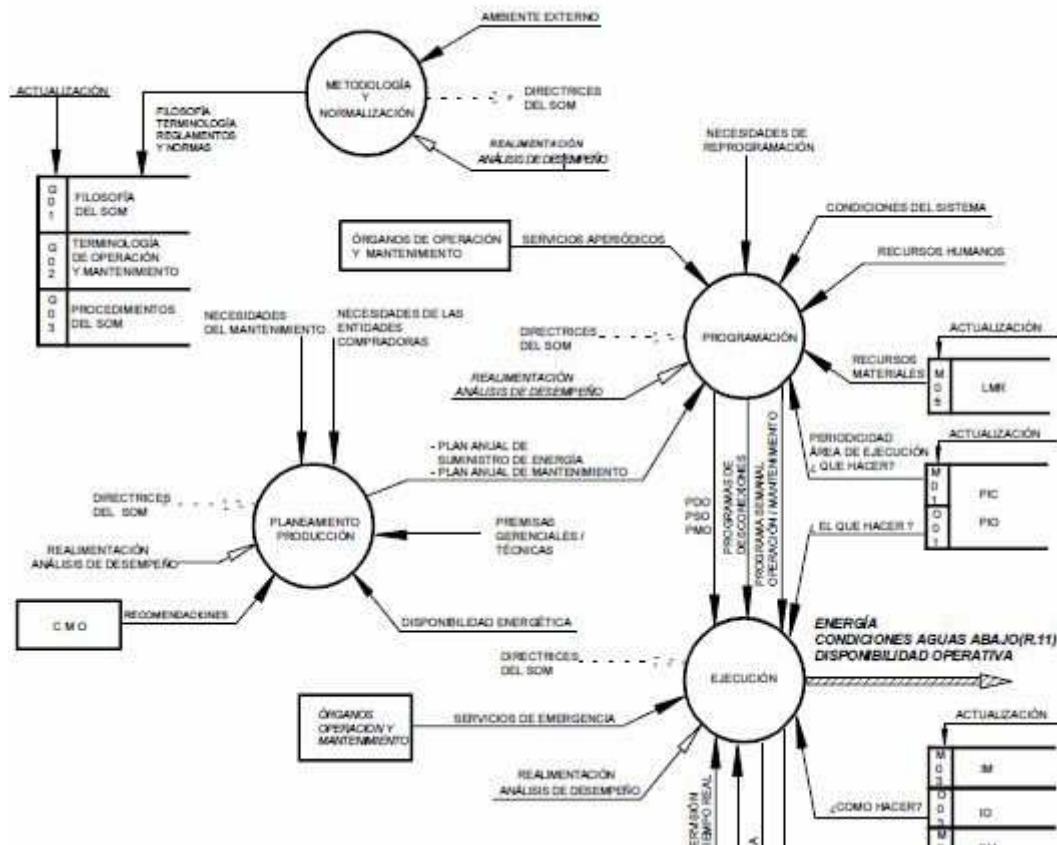


FIGURA 1 – Vista parcial do Modelo de gestão do sistema SOM e algumas funções

Para as tarefas de manutenção de equipamentos, o pessoal da Execução de Manutenção recorre a vários documentos em sua maioria textuais adicionados de desenhos bidimensionais que refletem de forma parcial e objetiva as atividades e parâmetros a serem registrados e/ou obtidos durante estas atividades. Os principais documentos específicos para cada sistema ou equipamento são denominados pelas suas siglas: IM – Instrução de Manutenção, PIC – Planilhas de Inspeção e Controle e IDM – Instrução de Desmontagem e Montagem.

Por um lado, como fator agravante associado às tarefas de manutenção encontra-se a iminente aposentadoria de especialistas na área, o que trará consigo uma inevitável “amnésia” empresarial específica do setor. Em contrapartida, torna-se inviável que técnicos recém contratados absorvam mais de 30 anos de atividades acumuladas e que são refletidas em documentos impressos e cursos básicos de capacitação sem ter uma amostra prévia das atividades específicas de montagem ou desmontagem das unidades geradoras de energia pelos técnicos mais experientes. Faz-se necessário uma abordagem de Gestão de Conhecimento para suprir estas lacunas.

Por outro lado, o custo de manter um volume considerável de documentos em arquivos físicos (alguns com mais de 30 anos), contraria as limitações de tempo existentes para a transferência de conhecimento e aprendizado do pessoal técnico. Soma-se a este fato a falta de visualização clara e objetiva de partes internas, simples ou complexas dos equipamentos.

O modelo proposto discute uma estratégia de comunicação visual em ambientes virtuais, baseado em modelos tridimensionais de objetos com o apoio de ferramentas tipo CAD (*Computer-Aided Design*) e escâner 3D a laser. Além disso, adicionam-se animações, e Realidade Virtual. O ambiente “não físico” é utilizado nas atividades de rotina da área de Manutenção por meio da virtualização das instruções de manutenção (IM), instruções de desmontagem e montagem (IDM) e cursos básicos de treinamento, e que futuramente poderá ter um vínculo por meio de uma interface com a base de dados do sistema SOM.

2.0 - DEMANDAS DA SUBESTAÇÃO BLINDADA A GÁS SF₆ DA ITAIPU BINACIONAL

A Subestação Blindada e Isolada a Gás SF₆ da Itaipu Binacional, constitui-se em um nexu importante entre a geração e a transmissão da hidrelétrica, de forma a garantir a passagem de forma mais irrestrita possível, do fluxo de energia elétrica para os mercados consumidores do Brasil e do Paraguai.

Localizadas na cota 128 (em relação ao nível do mar), encontram-se instaladas as subestações blindadas, uma em 50 Hz e outra em 60 Hz compostas por vários equipamentos, dentre os quais se destacam: 54 Disjuntores de 500 kV (In de 4000 A, Icc de 63 kA), 128 Chaves Seccionadoras (In de 4000 A), 154 Chaves de Aterramento, 414 Transformadores de Corrente, 24 Transformadores de Potencial, 132 Pára-raios de Óxido de Zinco, mais de 7,5 quilômetros de barras, e mais de 110 toneladas de gás Hexa-fluoreto de Enxofre, ou mais conhecido como gás SF₆. A razão pela qual foi adotado este tipo de instalação, para a aplicação neste projeto, foi a considerável redução de espaço físico. Uma amostra de um vão típico de unidades geradoras é apresentada na Figura 2.



FIGURA 2 – Vista parcial de um bay típico da GIS

O objetivo deste projeto é aperfeiçoar o modelo utilizado atualmente nas tarefas cotidianas de manutenção de equipamentos da GIS, e que por sua vez servirá de base para futuras implementações em outros setores diferentes desta instalação, cujo foco principal é o uso de ambientes virtuais, e desta forma obter a Modernização e/ou Atualização Tecnológica da Itaipu no aspecto relativo ao sistema SOM, a Gestão do Conhecimento na área de Manutenção, e a obtenção de um modelo relevante de Gestão da Manutenção em ambientes virtuais independente da ferramenta utilizada neste projeto.

3.0 - ARQUITETURA DO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO TRIDIMENSIONAL

Para os protótipos do modelo de Gestão da Manutenção a ser proposto, uma das ferramentas a ser utilizada é um aplicativo denominado Cortona3D. O ambiente propicia o uso de técnicas de prototipagem rápida, destacando as seguintes funcionalidades: (a) Não requer experiência em sistemas CAD ou modelagem 3D, (b) Utiliza padrão ISO abertos e produtos modulares, (c) Arquivos resultantes podem ser deliberados via Web em tamanho reduzido (extensão HTML), (d) Proteção sobre a Propriedade Intelectual, (e) Integrável dentro de estruturas existentes, (f) Dinâmica de mudanças são atualizadas de forma mais acelerada.

Dentre os principais benefícios que estes resultados trazem apontam-se os seguintes: (a) Produção de documentos de Manutenção baseados em desenhos existentes, (b) Transferência de conhecimento de sistemas complexos através de visualização e simulação, (c) Redução de custos de produtos para manutenção e treinamento ao longo do ciclo de vida do equipamento, (d) Realimentação de informações do usuário final, (e) Aumento de produtividade e eficiência da mão-de-obra, (f) Amplo alcance para processos e sistemas da usina.

O modelo da Gestão da Manutenção em Ambientes Virtuais de equipamentos a ser proposto, tem por objetivo independer de uma ferramenta específica e constituir-se apenas em um elemento do conjunto como um todo. Este modelo visa fornecer outras características além das oferecidas pela ferramenta comercial, e consta de uma arquitetura modular, tal como pode ser observada na Figura 3, que consta de duas partes, a primeira delas consiste de um fluxograma resumido do processo de geração dos módulos de interesse (ver Figura 3 – (a)), e a segunda Figura 3 – (b) indica onde seria a possível integração com o sistema SOM.

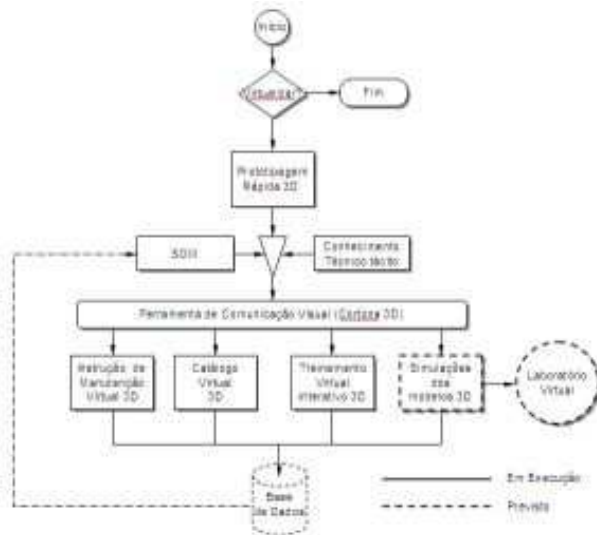


FIGURA 3 - (a) Fluxograma resumido

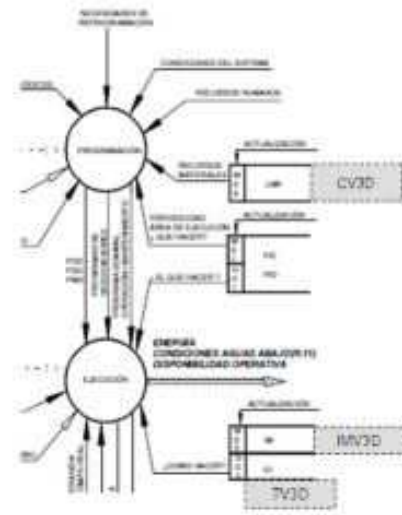


FIGURA 3 - (b) Interação com o SOM

FIGURA 3 – Proposta do modelo de Gestão da Manutenção em Ambientes Virtuais e interação com o SOM

3.1 Estrutura modular e perfis característicos

A Fundação Parque Tecnológico Itaipu Paraguay (FPTI-PY), adquiriu licenças acadêmicas, adicionadas de uma licença comercial de três módulos interativos (Manual, Catálogo e Treinamento) de um aplicativo comercial, que se adotados pela Itaipu serão denominados de Instrução de Manutenção Virtual Tridimensional (IMV3D), Catálogo Virtual Tridimensional (CV3D) e Treinamento Interativo Virtual Tridimensional (TIV3D), os quais são descritos seguidamente.

3.1.1 Manuais virtuais – características e vantagens.

Os Manuais Virtuais partem do modelo tridimensional do equipamento, e permitem a partir de funções pré-determinadas, a montagem e desmontagem do objeto tridimensional, além de possuir outras funcionalidades tais como: Reutilização de dados existentes ou importados, animações baseadas em linguagem sincronizada e intuitiva, reutilização de textos tipos XML/SGML, autoria baseada em passos da ferramenta, Compatibilidade com arquivos de especificações do tipo S1000D/ATA/DITA, não requer experiência em desenhos CAD, adicionalmente permite enlaces com o módulo do Catálogo Virtual, resultando em manuais interativos com enfoque específico para atividades de manutenção.

3.1.2 Catálogo virtual – integração com o sistema LMR

Similarmente ao módulo anterior, se utiliza o mesmo modelo tridimensional do equipamento relacionando cada um dos componentes a uma Lista de Materiais específica, além destas funções: Conciliação automática entre o desenho CAD e Lista de Materiais, tabelas configuráveis, compatibilidade com especificações do tipo S1000D/ATA, autoria de páginas intuitiva, vistas tridimensionais, explosões 3D configuráveis de partes do objeto, ilustrações 2D, integração possível com manuais existentes de manutenção e aplicativo de planilhas.

3.1.3 Treinamento virtual – retenção do conhecimento e avaliação.

Estes treinamentos virtuais servem para compilar em um único documento todas as informações e recursos necessários para o aprendizado relativo a um equipamento ou sistema. Algumas de suas principais características são: reutilização de dados importados, reutilização de animações em manuais virtuais existentes, suporte para cenários de treinamentos, integrável com lista de materiais, compatibilidade com o padrão SCORM, não requer experiência em sistemas CAD, possui três modos de uso: Demonstração, Estudo e Prova, facilitando a familiarização do usuário com o equipamento ou com o sistema em questão. Na Figura 4 são apresentados estes módulos.

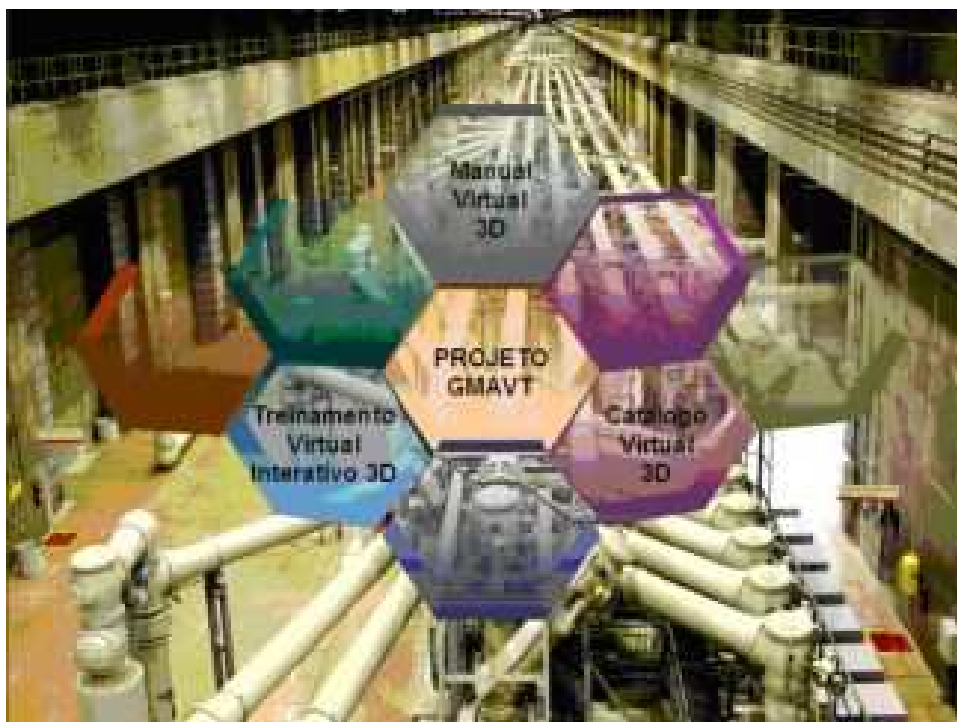


FIGURA 4 – Estrutura modular do projeto GMAVT

4.0 - PROJETO DE INOVAÇÃO PARA A GIS

O projeto de inovação denominado de Gestão da Manutenção em Ambientes Virtuais Tridimensionais (GMAVT) foi proposto para ser aplicado na subestação, e juntamente com o patrocínio da Universidade Corporativa Itaipu (UCI) conseguiu a aprovação da Diretoria Técnica, onde posteriormente ganhou o status de projeto, o qual começou a ser executado em parceria com a Fundação Parque Tecnológico Itaipu Paraguay–FPTI-PY e com o intuito de alcançar os seguintes objetivos:

- Propor uma nova abordagem para a área de Manutenção baseada em formalismos de representação tridimensional;
- Contribuir com processos existentes relativos à Gestão do Conhecimento na empresa;
- Motivar especialistas para que contribuam em propor e desenhar soluções baseadas em novos paradigmas e tecnologias;
- Resolver aspectos de enlaces e de conectividade com sistemas existentes, como o próprio SOM;
- Avaliar custos da implementação.

Para validar o modelo proposto, foram selecionados dentre os vários equipamentos da Subestação Blindada, uma Bucha de dupla densidade, e uma Chave Seccionadora encapsulada e de acionamento motorizado, os quais serão objeto de aplicação dos três módulos mencionados do aplicativo e a serem apresentados neste trabalho.

4.1 Instrução de manutenção tridimensional (IM3D)

Os manuais dos equipamentos mencionados se baseiam em instruções existentes que contêm procedimentos, indicações e recomendações necessários para sua execução, assim como outras atividades inerentes a manutenção. A Figura 5 apresenta o protótipo da Instrução de Manutenção Virtual tridimensional resultante para a Bucha de Saída de Linha. A Instrução de Manutenção Virtual 3D em dupla densidade de gás SF₆ está contemplada no projeto, mas sem representação gráfica no presente trabalho.

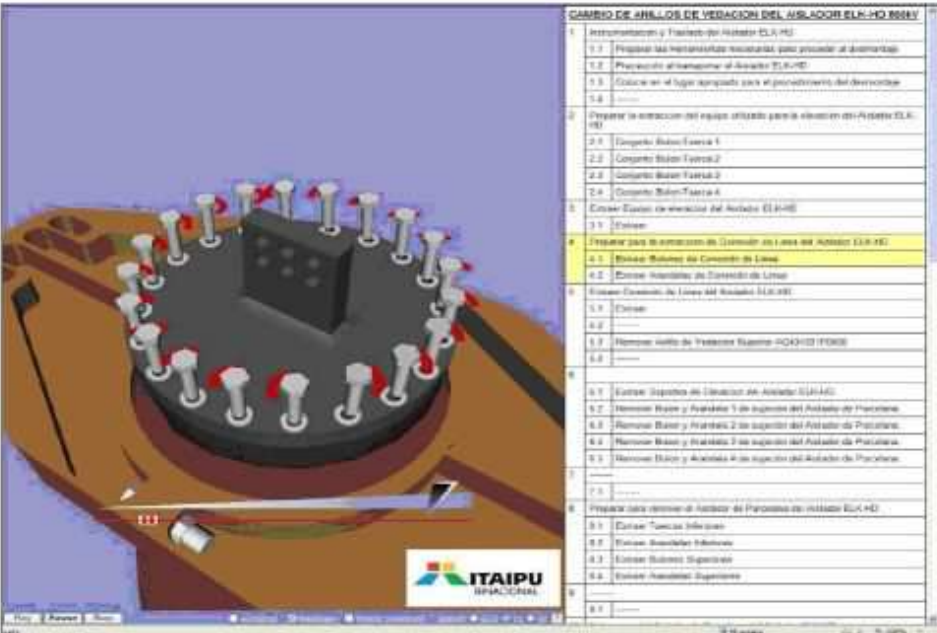


FIGURA 5 – Protótipo de IMV3D para uma Bucha de Saída de Linha da GIS

A intenção de utilizar o Manual Virtual 3D destes equipamentos é a de converter instruções textuais em imagens tal qual são realizadas em campo, e complementá-las com informações adicionais objetivas dos técnicos da Manutenção, de modo a facilitar o entendimento dos procedimentos evitando subjetividades principalmente daqueles que estão iniciando a carreira profissional.

Um elemento adicional que pode ser embutido nestes manuais, além do conhecimento tácito do pessoal técnico mais experiente, consiste na possibilidade de poder variar outras formas possíveis de manutenção e tentar reduzir algum tempo que estes procedimentos levam em campo, fato que nem sempre é permissível em um equipamento real.

4.2 Catálogo virtual 3D

Este catálogo virtual da bucha servirá como suporte a localização mais rápida de elementos componentes do equipamento, assim como sua respectiva visualização. Este módulo relaciona o objeto tridimensional a uma Lista de Material que é configurável e de acordo com as necessidades do usuário final. A Figura 6 apresenta o protótipo do Catálogo Virtual 3D (CV3D) da Chave Seccionadora motorizada com seus respectivos componentes indicados à direita. A Bucha de Saída de Linha possui um catálogo similar não representado neste trabalho.

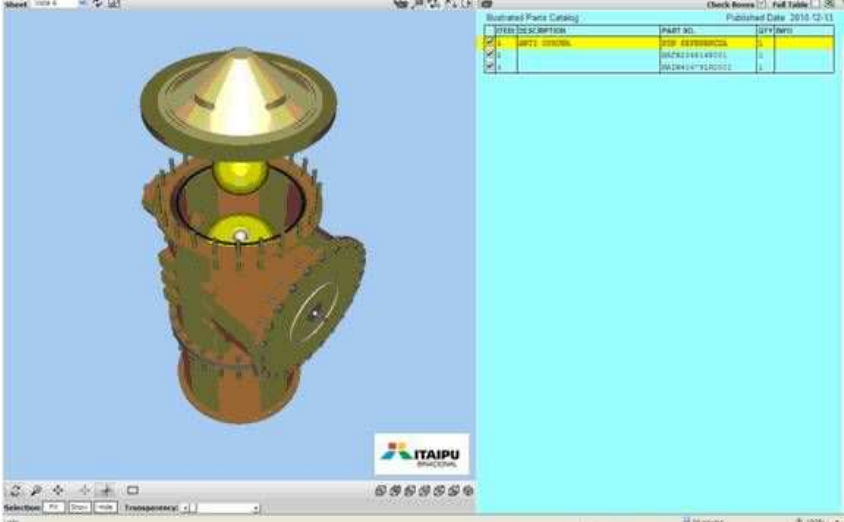


FIGURA 6 – Protótipos de CV3D com vista explodida para a seccionadora

Assim como no caso anterior, é necessário um consenso entre os usuários finais, principalmente sobre as informações que devem estar disponíveis nesta tabela.

Como valores agregados para este módulo podem ser citados suas possíveis conexões com outros aplicativos tais como o SAP (Systems, Applications and Products), ou o próprio LMR (Lista de Materiais de Reserva) da Itaipu, os quais estão em fase de experimentação, apenas por mencionar alguns dos possíveis enlaces.

4.3 Treinamento interativo virtual 3D

O módulo de Treinamento Virtual possui três modos de operação como mencionado anteriormente, deve reunir um conjunto de informações a ser consideradas pelo instrutor, ou pelos instrutores, para que o usuário final em caráter de aluno possa receber as instruções, recomendações e cuidados requeridos para o manuseio do equipamento sob objeto de análise, podendo observar, estudar e posteriormente realizar uma prova com nível de acertos e erros. No modo de prova, o acesso a todas as informações fornecidas nos modos Demonstração e Estudo são restringidas, mas o objetivo final é próprio aluno faça uma auto-análise do nível de conhecimento e aprendizado que tem acumulado. A Figura 7 mostra um exemplo do protótipo de treinamentos para equipamentos a Chave Seccionadora motorizada da GIS. Similarmente considerou-se um protótipo de treinamento virtual para a Bucha de Saída de Linha o qual não possui representação gráfica.

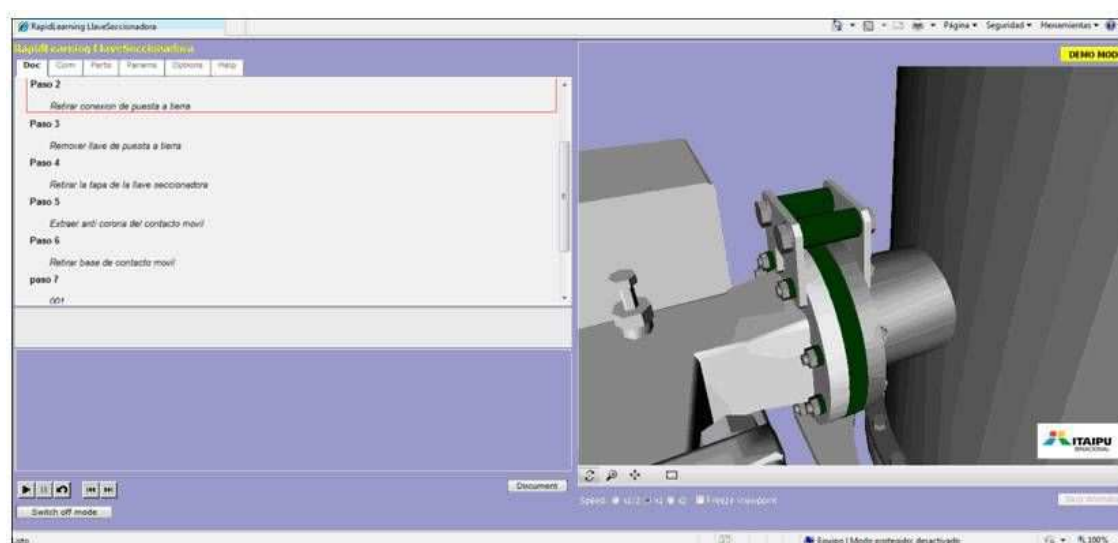


FIGURA 7 – Protótipo do TIV3D da chave seccionadora

Um elemento importante a ser observado neste módulo, e que pode ser considerado como relevante, é o fato de realizar uma estatística que elimina subjetividades na avaliação do próprio pessoal de manutenção, além de constituir-se em um desafio diferenciado e disponível de forma permanente para aqueles interessados no aprendizado e ávidos de conhecimento.

5.0 - CONCLUSÕES

A necessidade de catalisar o aprendizado de determinadas tarefas, além da própria ferramenta utilizada para este propósito, traz consigo como plataforma o uso de ferramentas como as TIC's (Tecnologias de Informação e Comunicação), que neste caso permitem a interação entre o mundo virtual e o usuário através de um formato por ele conhecido tal como é uma página de internet. Pode também se mencionar a usabilidade que o resultado final pode oferecer em termos de facilidade de uso, redução de tempo e aprendizado.

Este projeto visa contribuir com uma visão diferenciada, construtiva e atualizada com os produtos resultantes de uma ferramenta computacional de tecnologia moderna, cuja viabilidade técnica e financeira, permitirá reter o conhecimento das atividades de manutenção em equipamentos de transmissão e manobra da Subestação Blindada e Isolada a Gás SF6 da Itaipu, além de ser possível sua utilização em outros setores da empresa.

Dentre algumas das desvantagens podemos contabilizar o gargalo de tempo na modelagem tridimensional dos equipamentos, que sem as ferramentas ou tecnologias adequadas, demanda um tempo consumido considerável em sua elaboração e de acordo com o volume ou detalhes necessários para a construção dos protótipos. Este problema poderá ser largamente amenizado com a utilização de um escâner tridimensional, o qual reduzirá

aproximadamente em 20 vezes ou mais o tempo gasto no processo atual, sem mencionar a inserção do erro humano no procedimento.

Como proposta de implementação futura, poderá ser utilizado um banco de imagens 3D interativas digitalizadas ao longo do projeto atual, para o desenvolvimento de sistemas ONLINE de monitoramento e diagnóstico de falhas de unidades geradoras, constituindo-se como base de interfase gráfica, ativando algoritmos, alarmes, avisos e diagnósticos diretamente nos objetos e componentes gráficos do sistema.

Como resultados marginais, se destacam os seguintes pontos positivos: Valorização da experiência do pessoal especializado (principalmente a tácita) nas atividades de manutenção de equipamentos da subestação, Captação do conhecimento, e no conjunto a materialização virtual desta experiência. Cabe ressaltar a pró-atividade e boa disposição de todo o pessoal da GIS da Itaipu nas sessões plenárias realizadas durante todas as etapas de elaboração do projeto, tanto dos usuários, gerentes e outros colaboradores, assim como o aproveitamento de jovens profissionais da região para a realização deste projeto por parte da FPTI-PY.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Itaipu Binacional. Manual G01 – Descripción General del SOM. Central Hidroeléctrica de Itaipu, Hernandarias, Rev. 06, Marzo 1995.

(2) ABB. Estación de Maniobra Encapsuladas e aislada por gas SF6. Descripción de la instalación, Publicación código CHA-A 561 316 S / AB02, 2001.

(3) Cortona3D. Automating Technical Communications. Company Overview. Disponible en el sitio de Internet <<http://www.cortona3d.com/Company/overview.aspx>>

(4) Mantenimiento y Adiestramiento Interactivo vía Visualización de Modelos de Equipamentos en 3D. División de Ingeniería de Mantenimiento Eléctrico – SMIE.DT - Itaipu Binacional, Paraguay, 2009.

(5) Executive Summary Overview. Cortona3D Automated Visual Communications, Ireland, 2010, Páginas 01 – 23.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Adrian Enrique Osorio Paredes

Nasceu em Assunção – Paraguai, em Abril de 1.971, onde realizou seus estudos primários e secundários, e inclusive cursou o primeiro ano de Engenharia Eletromecânica na UNA – Universidad Nacional de Asunción.

Cursou seus estudos universitários na EFEI (Escola Federal de Engenharia de Itajubá, atualmente UNIFEI) localizada no sul de Minas Gerais, onde se graduou no curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrotécnica no ano de 1.998, onde posteriormente realizou nesta mesma universidade seu Mestrado em Automação de Sistemas Elétricos e Industriais culminando no ano de 2.002. Realizou recentemente dois cursos de Especialização, um na área de Automação e Controle baseado na norma IEC 61850 (UNIOESTE, 2009 - 2010), e outro na Gestão Estratégica da Inovação Tecnológica do Setor Elétrico (UNICAMP, 2009 - 2011)

Trabalhou nas seguintes empresas Alstom Steam Power Turbines (Taubaté - SP, 2001 - 2002), Alstom PCH (Taubaté – SP, 2002 - 2003), GE Bently Nevada (2004 - 2006). Desde o ano 2006 e até a atualidade trabalha na Itaipu Binacional no setor de Engenharia de Manutenção Elétrica (SMIE.DT), especificamente no setor de Subestação Blindada e Isolada a Gás SF₆.