

Ambiente de Simulação Virtual para Capacitação e Treinamento na Manutenção de Disjuntores de Subestações de Energia Elétrica

Prof. Dr. Lineu Belico dos Reis
EPUSP

Eng. José Flávio Silva
CTEEP

Resumo: O informe técnico apresenta a possibilidade de aplicação da técnica de simulação em realidade virtual no treinamento de equipes de manutenção de uma empresa de transmissão de energia elétrica manutenção.

Palavras-chave: Simulação Virtual; Disjuntor; Manutenção.

I. INTRODUÇÃO

O projeto “Ambiente de Simulação Virtual para Capacitação e Treinamento na Manutenção de Disjuntores de Subestações de Energia Elétrica”, desenvolvido pela CTEEP e a FUSP no âmbito dos programas de P&D do setor elétrico brasileiro, ciclo 2003, teve como objetivos principais:

- Desenvolver um sistema de simulação e capacitação de manutenção na área de transmissão de energia elétrica, alicerçado na utilização de técnicas de Inteligência Artificial e Realidade Virtual. Nesse caso, um sistema de manutenção de disjuntores.
- Implementar um sistema Piloto, na Caverna Virtual da Universidade de São Paulo, para utilização do sistema desenvolvido, num ambiente interativo onde há representação das atividades de manutenção.

Para atendimento destes objetivos foram desenvolvidas as seguintes atividades principais:

- Levantamento do Estado da Arte da manutenção na CTEEP;
- Levantamento do Estado da Arte das Interfaces da Operação com a Manutenção na CTEEP;
- Especificação das Funções a Serem Simuladas;
- Especificação do sistema modelado no ambiente de realidade virtual;
- Desenvolvimento do sistema especialista para avaliação do processo de treinamento;
- Implementação do modelo no ambiente de realidade virtual.

Essas atividades, assim como considerações gerais de interesse sobre o projeto e as principais conclusões e recomendações são apresentadas a seguir.

II. LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE DA MANUTENÇÃO NA CTEEP

O levantamento do Estado da Arte foi efetuado com vistas a estabelecer uma base de dados e informações para o projeto de simulação em realidade virtual e, ao mesmo tempo, servir de referência para integrar a equipe envolvida no projeto, caracterizada por profissionais de áreas bem heterogêneas: sistemas de potência e modelagem em realidade virtual.

Foi levantado inicialmente o cenário geral de manutenção de linhas de transmissão, com foco nas práticas da CTEEP e, em seguida, particularmente a manutenção do disjuntor Delle Alsthom tipo PK.

O referido disjuntor foi escolhido como resultado de curso e "workshops", ocorridos em 2002, dos quais participaram especialistas da USP e engenheiros e técnicos da CTEEP. Nestes eventos foram discutidas as diversas possibilidades e alternativas de utilização da Realidade Virtual para Capacitação e Treinamento em Sistemas de Transmissão. Embora alternativas interessantes, não só na área de Manutenção, também tivessem sido aventadas, acabou-se por eleger a manutenção de disjuntores como um tema mais adequado para início de desenvolvimento desta nova aplicação tecnológica, com base em diversos argumentos, dentre os quais a simplicidade de simulação, o número de ocorrência de trabalhos deste tipo no dia a dia da empresa, e até mesmo a maior facilidade para desenvolvimento de um sistema especialista de avaliação do treinamento. Foi definido que o projeto seria dirigido para Manutenção Preventiva do disjuntor Delle Alsthom Tipo PK, que é aquele existente em maior número na empresa e que requer trabalhos de manutenção preventiva praticamente o tempo todo, incluindo atividades no campo (subestações) e em laboratório.

Com base na análise efetuada dos documentos e manuais coletados foi possível, então, elaborar o diagrama de blocos apresentado a seguir, contendo os principais conjuntos de atividades do processo de manutenção preventiva do disjuntor Delle Alsthom Tipo PK e que serviu como árvore básica para o "story board" para modelagem na realidade virtual e sistema especialista.

III. LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE DAS INTERFACES DA OPERAÇÃO COM A MANUTENÇÃO NA CTEEP

Neste levantamento foram enfocados os procedimentos operacionais associados à execução adequada dos trabalhos de manutenção.

Foi efetuado breve reconhecimento dos centros de operação e alistados os documentos de controle, delineando assim, os procedimentos operacionais aos quais as equipes de manutenção deverão se ajustar para ter acesso e trabalhar nos equipamentos com a devida segurança.

Estes procedimentos são parte importante do processo de capacitação e treinamento de equipes de manutenção. Embora possam ser de grande importância em outros projetos de simulação em Realidade Virtual,

neste projeto sua influência no modelo se deu apenas através da ação final de abertura das chaves, isolando o equipamento para manutenção.

IV. ESPECIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES A SEREM SIMULADAS

Esta especificação envolveu a análise das funções envolvidas no processo de manutenção do disjuntor, tanto no campo, quanto na oficina, para escolha daquelas que deveriam ser simuladas no modelo virtual.

A partir desta escolha foram especificadas as características básicas e estabelecidos os recursos e sistemas da modelagem na realidade virtual.

As funções escolhidas constam do diagrama do Processo de Manutenção dos Disjuntores PK, apresentado anteriormente e compreendem: a) no campo: desligamento do circuito e

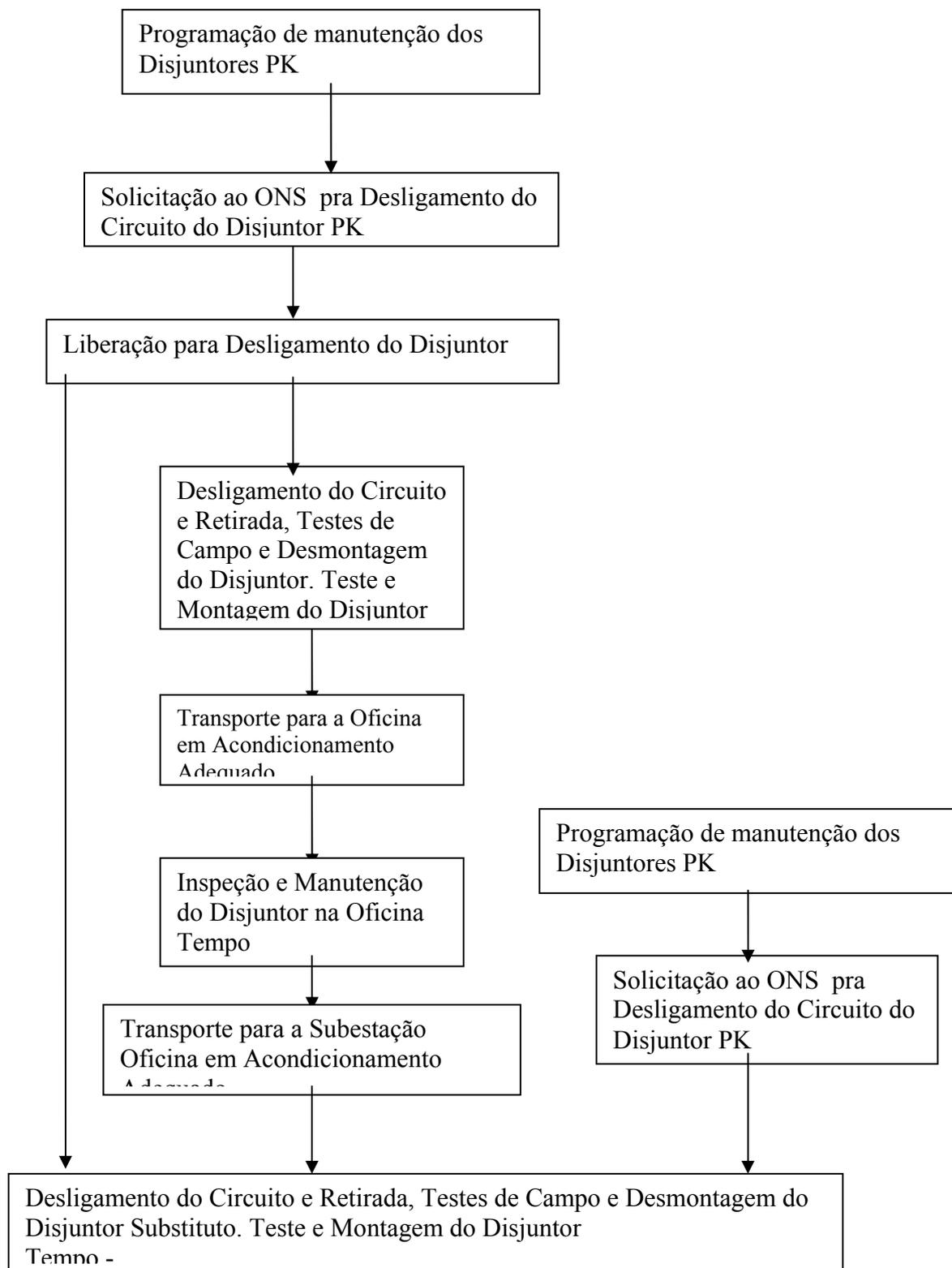


Figura 1 - Fluxograma do Processo de Manutenção dos Disjuntores PK

retirada, testes de campo e desmontagem do disjuntor, assim como teste e montagem do disjuntor substituto; b) na oficina: inspeção e manutenção do disjuntor.

Na modelagem de campo o sistema permite visualizar uma subestação com os disjuntores e interagir com o processo de desmontagem do equipamento passo a passo e também do processo de montagem do equipamento substituto. É possível visualizar de modo interativo os procedimentos necessários para iniciar a desmontagem e os análogos para a montagem do equipamento substituto.

Na modelagem da oficina o sistema permite visualização do processo de desmontagem de um sub-sistema específico do disjuntor, a válvula de abertura, de maneira interativa. Também é possível acompanhar de maneira interativa a remontagem deste sub-sistema do disjuntor.

O processo de implementação das funções na realidade virtual pode ser dividido em duas categorias, sendo uma categoria de implementações a respeito do procedimento lógico (procedimento de operação) e outra a respeito de implementações do procedimento mecânico (funcionamento do disjuntor/encaixe de peças). descritas a seguir.

A implementação lógica diz respeito ao procedimento lógico de operação para o trabalho nas redes. Ela consiste em três etapas: a) desmontagem do disjuntor no campo, b) remontagem (ou substituição) do disjuntor e c) procedimento de manutenção em oficina. Tais etapas são definidas através de uma lógica de funcionamento de uma rede elétrica e da estrutura do disjuntor. Sua viabilização se deu através da codificação de verificação dos processos através de uma linguagem de scripting, cujo sistema foi acoplado ao sistema de visualização, o que permite flexibilidade em possíveis

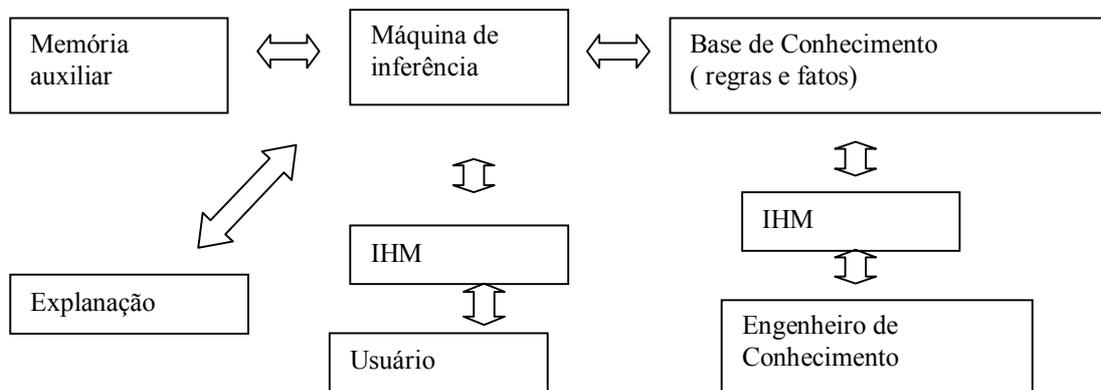


Figura 2 – Diagrama Esquemático de um Sistema Especialista Típico

correções e na extensão do sistema de maneira a aumentar suas funcionalidades. Além do sistema de controle lógico por meio de linguagens de scripting, o processo lógico necessita de interação com os objetos virtuais.

A implementação mecânica diz respeito à simulação física de desmontagem e montagem do disjuntor e também do funcionamento mecânico do disjuntor para fins de teste. Esse procedimento tem os seguintes procedimentos básicos: determinação posicional e de orientação; determinação de graus de liberdade; limitação de graus de liberdade e sistema de visualização.

Os recursos utilizados foram: Renderizador: Jynx; Sistema Operacional: Linux; Agregado de Computadores (Clusters); Biblioteca Gráfica: OpenGL; Linguagem de Programação: C/C++; Linguagem de Scripting: Lua; Representação de dados: X3D

A metodologia incluiu modelagem: UML e modelo: Espiral

A interação é realizada através de um objeto do tipo “apontador”, onde o usuário aponta para o objeto a realizar a ação e, ao pressionar um botão, engatilha o mecanismo de verificação lógica da aplicação. Extensões para utilização de luvas ou dispositivos mais sofisticados serão adicionadas futuramente.

V. ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA MODELADO NO AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL

Esta especificação constou do detalhamento, em termos de filmagens, fotos, desenhos, guias e manuais de procedimento e processos de treinamento e capacitação, das funções escolhidas para simulação no ambiente de realidade virtual.

De certa forma, essa especificação estabelece os passos, enfatiza os detalhes e orienta, passo a passo, a

construção do modelo.

Neste projeto, ela foi elaborada com base nos resultados das atividades anteriores e interação entre as equipes da CTEEP e da FUSP e se encontram consubstanciadas no sistema implementado, o qual é descrito mais adiante.

VI. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ESPECIALISTA PARA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE TREINAMENTO

A figura abaixo mostra um diagrama esquemático de um sistema especialista.

Nesta estrutura aparecem as duas interfaces homem máquina, IHM, cujo desenvolvimento é fundamental para esse projeto.

A primeira IHM se refere à própria caverna virtual, e deve ter a capacidade de traduzir em informações adequadas à Máquina de Inferência, as respostas (quaisquer sejam seus tipos: oral, posicional, etc.) do usuário aos estímulos recebidos nas interações com o modelo virtual simulado. No caso de aplicação de sistemas especialistas para monitorar e avaliar um processo de aprendizado utilizando ferramentas de Realidade Virtual é necessário que a alimentação dos dados seja feita pelo próprio sistema de realidade virtual ou através de um software que extrai todas atividades interativas feitas pelo treinando no ambiente virtual, ou seja, todos os procedimentos interativos entre o usuário e os objetos modelados virtualmente, no caso do projeto, com o disjuntor como um todo ou com partes

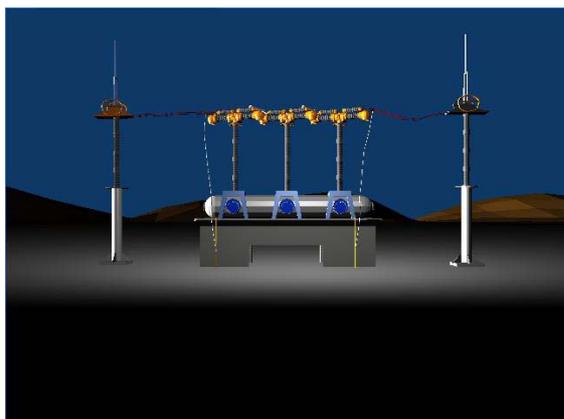
deste disjuntor (sub-conjuntos, peças, etc). Nesse projeto, o software de Realidade Virtual utilizado foi elaborado com a possibilidade de criar um arquivo de Log com todas as atividades realizadas em um formato legível por um software de sistemas especialistas.

Assim, o módulo de interação com o usuário, mostrado na figura, será substituído por um módulo que importa um arquivo em um formato específico do software de Realidade Virtual com a seqüência de interações do treinando com os objetos virtuais modelados. Em uma primeira implementação esta alimentação do sistema especialista deverá ser feita manualmente.

A outra interface homem máquina, IHM, entre o engenheiro e a base do conhecimento, no projeto, constituiu-se dos diversos manuais e práticas de treinamento e capacitação utilizados na empresa. Essa IHM permitirá a verificação do acerto ou não de qualquer ação do treinando, em função da solicitação efetuada pelo sistema de realidade virtual.

O sistema especialista no caso do projeto, utilizando o arquivo criado pelo modelo de realidade virtual e a base de conhecimento da CTEEP, é capaz de verificar se a seqüência de atividades realizada para a desmontagem e a montagem do disjuntor em campo foi realizada corretamente e se a desmontagem e montagem da válvula de abertura foi executada corretamente no ambiente da oficina. A resposta do sistema é uma sinalização se o treinando realizou corretamente a seqüência das operações ou não. Se não realizou, sinaliza onde ocorreu ou ocorreram os erros.

VII. Implementação do modelo no ambiente de realidade virtual.



Na figura 3 é mostrada uma vista frontal do conjunto de disjuntores na Subestação

Figura 3 - Figura com o conjunto de disjuntores na SE

A figura 4 mostra o disjuntor parcialmente desmontado no campo.



Figura 4 - Figura com o conjunto de disjuntores na SE parcialmente desmontados

A figura 5 mostra os conectores dos disjuntores abertos.

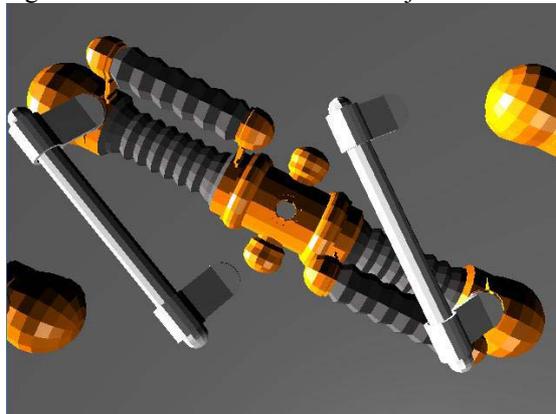


Figura 5 - Conjunto de conectores dos disjuntores abertos

VIII. CONSIDERAÇÕES GERAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

Este projeto, por ser inovador em termos de utilização da tecnologia de ponta da realidade virtual em sistemas de potência, tanto nacional como internacionalmente, apresentou uma série de dificuldades na sua execução, como por exemplo:

- Demanda maior de tempo, com relação ao previsto, para integração da equipe multidisciplinar, principalmente quanto à falta de experiência da equipe de modelagem e desenvolvimento (engenheiros e técnicos de desenvolvimento de softwares) com o setor de Energia, mas também quanto à falta de experiência do pessoal do setor de energia com os softwares de Realidade Virtual, os quais são mais complexos do que aqueles usuais no Setor;
- Necessidade de delimitação das funções a serem simuladas, pois a manutenção de disjuntores como um todo se mostrou bastante complexa para essa primeira aplicação de Realidade Virtual. O disjuntor se compõe de muitos sub-sistemas e peças, o que dificulta a modelagem e a parte de interação e animação;
- Dificuldades de modelagem mais detalhada da interação (ferramentas e procedimentos) com as peças e componentes do disjuntor, que também se refletiu em

dificuldades de estabelecer os limites de modelagem, num cenário de macro e micro procedimentos.

Apesar destas dificuldades, no entanto, o projeto foi ajustado e acabou num bom termo, embora alguns menores ajustes e aperfeiçoamentos tivessem que ser adiados para implementação durante a futura utilização no processo de capacitação e treinamento de profissionais da CTEEP.

IX. BIBLIOGRAFIA

- [1] CESP - Manutenção de Disjuntor Delle Alsthom Tipo PK –Instrução TM/026/79 - 1979
- [2]Silva, José Flavio – CTEEP – Disjuntores de Alta Tensão e Extra-Alta Tensão – Relatório para Revisão Geral no Campo – Divisão de Subestações – 2003.
- [3] Silva, José Flavio – CTEEP – Disjuntores de Alta Tensão e Extra-Alta Tensão – Relatório para Revisão Geral em Duplas Câmaras em Oficina – Divisão de Subestações – 2003.
- [4] EPTE - Procedimentos Básicos para Impedimento de Equipamentos ou Instalações para Execução de Serviços - Instrução IO/TO/103 – 2001.
- [5] EPTE - Segurança do Trabalho em Instalações do Sistema - Instrução IO/TO/104 – 2001
- [6] CESP - Manutenção do Disjuntor PK da Delle Alsthom - Instrução TR 064/97 – 1997
- [7] Rocha da Silva, Vera Cristina; "Planejamento do Sistema de Gestão Ambiental de Linhas de Transmissão Aéreas Localizadas em Área Serrana com Unidade de Conservação", Tese de Doutorado, EPUSP, 2002
- [8] CTEEP/FUSP – Plano de Trabalho do projeto de P&D: "Ambiente de Simulação Virtual para Capacitação e Treinamento na Manutenção de Disjuntores de Subestações de Energia Elétrica ", Ciclo 2002/2003