



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

Versão 1.0  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

## **GRUPO -VIII**

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

#### **REALIDADE VIRTUAL NA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES E PCHS**

**Eng Marcos Baeta Miranda  
CEMIG Geração e Transmissão S.A**

## **RESUMO**

Este trabalho busca mostrar o uso das tecnologias em computação gráfica no espaço 3D, simulando em realidade virtual os ambientes das estações do sistema elétrico da Cemig.

O uso da realidade virtual surgiu da necessidade de repetir as ocorrências prováveis em uma subestação de maneira real e sem danos ao sistema elétrico, como manobras, abertura de chaves e disjuntores, análise de riscos, perturbações, faltas em linhas, arranjos e novas obras.

Hoje, através de ferramentas 3D podemos criar ambientes simulados por computador praticamente idênticos aos da vida real. O uso de simuladores tem origem na indústria aeroespacial e hoje esta em nossas casas em plataformas de games modernos e inteligentes que interagem com o usuário em tempo real, por isso o objetivo do uso de ferramentas 3D é facilitar a visualização e o entendimento das pessoas envolvidas no processo de liberação de equipamentos da Cemig, durante a análise de riscos, sobre o equipamento manobrado e os que serão mantencionados, pontos de aterramento e condições de energização de equipamentos adjacentes ou correlatos

Ao se utilizar a realidade virtual, um grande salto é proporcionado para a empresa. Os projetistas podem ver seus trabalhos saírem do papel para a realidade sem ter sido usado nenhum recurso financeiro em obras e a interação aos objetos da cena são feitos através da adição de comportamento autônomo e reativo.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Ambiente 3D, Realidade virtual, Simulação , Operação, Subestações

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A necessidade na operação de subestações da CEMIG de introduzir soluções inovadoras que permitam melhorar o desempenho das suas instalações e pessoal técnico é cada vez maior dada as exigências do mercado, dos consumidores e dos órgãos reguladores.

A utilização eficaz das potencialidades que a tecnologia oferece constitui um objetivo base em cada empresa, independentemente do setor de atividade a que pertence buscando diminuir os tempos de aprendizagem associados ao mesmo.

Desta forma, a pesquisa e investigação de ferramentas tecnológicas são capazes de otimizar e simplificar a operação e manutenção de subestações e conseqüentemente diminuir o seu tempo e custos associados. Neste cenário, a realidade virtual surge como uma das várias apostas tecnológicas identificadas.

A operação e manutenção de subestações sente particularmente este problema devido à grande dependência da prática e relatos de ocorrências para criar mão de obra qualificada. Neste caso uma possível solução é a utilização de ferramentas 3D em um cenário virtual que simule exatamente as condições de trabalho e o funcionamento dos equipamentos em tempo real reproduzindo e respondendo realisticamente em função da interação do operador ao equipamento propriamente dito a exemplos dos atuais jogos eletrônicos.

A vantagem do uso de tal tecnologia mostra-se quando podemos operar os equipamentos sem danos ao sistema elétrico ou interrupção de consumidores ou desgastes de equipamentos. Uma grande vantagem é que no simulador o erro pode ser explorado de uma maneira mais produtiva e repetitiva.

A Simulação Visual é uma ferramenta poderosa em estudos desta natureza, já que oferece meios para reflexão sobre vários pontos importantes, como: as condições operativas, a distribuição de material e alocação de recursos humanos. O software usado neste trabalho para representação visual foi 3DS MAX.

A Realidade Virtual é uma tecnologia que permite interagir ou explorar um ambiente tridimensional através do computador. Com o uso de dispositivos não-convencionais que estimulem mais de um órgão sensorial (visão, tato, audição, etc.), ela permite aos usuários realizar uma interação natural e intuitiva com o ambiente virtual e seus componentes. A percepção da realidade em RV é uma ferramenta usada em vários campos e oferece diversas aplicações profissionais como: engenharia, arquitetura, medicina, geografia, recreação, etc.

Assim, um modelo em Realidade Virtual, dotado com as características de um sistema complexo como em uma subestação, pode apresentar de um modo claro e objetivo o resultado da simulação realizada.

Este trabalho permitiu a criação de uma interface gráfica que auxilia o usuário final a observar o resultado da simulação gerada, através de um modelo 3D. As etapas de formulação, simulação discreta e interface entre simulação discreta e simulação visual foram criadas semelhantes aos equipamentos da Cemig, a simulação visual e sua conversão para um ambiente em VRML foram acrescentadas neste trabalho.

## 2.0 - SIMULAÇÃO VISUAL

Uma das áreas mais importantes da tecnologia atual é a visualização. A computação gráfica permite transformar o simbólico no geométrico, facilitando aos investigadores observar visualmente suas simulações. Possibilita também, que os modelos sejam observados por seus usuários de um modo mais significativo, e porque não dizer, mais elegante. Uma animação possui a habilidade de comunicar a essência de um modelo de simulação [1] e possui características, como:

- Aprimoramento de um programa de simulação;
- Mostrar que um modelo de simulação pode ser válido;
- Auxiliar na sugestão de melhorias no procedimento operacional ou controle lógico do sistema
- Possibilitar o treinamento operacional de pessoal.
- Construir os cenários idênticos aos reais

Ainda assim, uma animação não é completa e definitiva. Em particular, ela não substitui a análise estatística cuidadosa de uma saída de dados necessários a uma simulação. Neste caso, é necessário que o sistema inteiro seja considerado como válido. As mudanças na lógica do problema não são interativas, é necessário que haja uma correspondência completa entre os elementos do modelo e os

elementos descritos visualmente na tela do computador. Simulação Visual 3D é uma forma mais elegante de visualizar o problema estudado, porque facilita ao usuário ver os resultados de um modo mais realista.

- Reação em tempo real entre os objetos e o usuário

Figura 1 – Vista Superior Completa da Cena em 3D

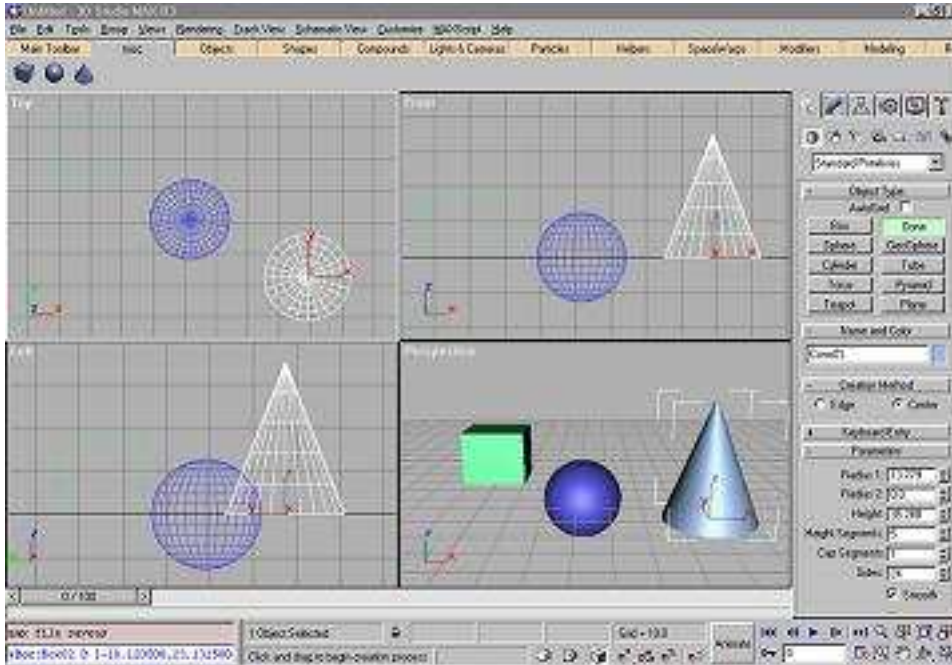


FIGURA 1 – Vista Completa de uma Cena em 3D usando um modelador 3D

### 3.0 - REALIDADE VIRTUAL

Definir Realidade Virtual não é uma tarefa muito simples, pois a quantidade de definições disponíveis são inúmeras. Isto se deve à grande expectativa gerada pelas pessoas em relação a este tema, que mesmo sem saber ao certo o seu significado, já ouviram falar do termo. Pelos mesmos motivos, também encontramos diversos sinônimos para ela na literatura, como:

Ambientes Sintéticos, Ciber-espaço, Realidade Artificial, Ambiente Virtual ou Virtual Environment, Tecnologia de simulação, entre outros tantos. De todas as designações citadas, RV foi a escolhida pois além de dispensar explicações, foi o termo que chamou mais a atenção da mídia.[...]

O termo "Realidade Virtual" refere-se à experiência de interagir com sistemas de computação que apresentam um "mundo virtual" de sinais e sons simulados. Um mundo virtual, ou seja, um ambiente tridimensional sintetizado em computador, é criado a partir de gráficos tridimensionais e elementos de áudio. As técnicas de RV permitem a criação de aplicações onde uma pessoa pode estar imersa em um ambiente tridimensional experimentando o problema "real"[5] e tendo uma sensação muito próxima da que teria se estivesse na situação real. Um mundo virtual não é "gravado" previamente; é gerado em tempo real à medida que o usuário navega e interage com ele. A representação da imagem reage de acordo com as ações que lhe são aplicadas: para onde se olha, em que direção se desloca, qual objeto se manipula. As experiências mais eficientes com a RV aproximam o usuário dos dados de tal forma que a identificação com o mundo real é imediata [6].

Através das técnicas de Realidade Virtual tenta-se minimizar a barreira entre a simulação e o usuário. Existe nestas aplicações, a "liberdade de passeio", onde o usuário pode escolher o ângulo (uma posição melhor para

observar o sistema) não se restringindo apenas a alguns pontos de vista pré-definidos [7]. Além disto, colocar um usuário num ambiente simulado é, normalmente, bem mais econômico do que colocá-lo no ambiente físico real [8].

Realidade virtual é o nome genérico sob o qual estão sendo agrupados todos os meios pelos quais os usuários podem livremente explorar, examinar, manipular e interagir com computadores e informações extremamente complexas em um mundo virtual e em tempo real [9].

#### 4.0 - VRML: UM PADRÃO ISO PARA A MODELAGEM DE MUNDOS VIRTUAIS NA INTERNET

VRML[10] é a abreviação do padrão 3D desenvolvido para trabalhar na Internet e significa Virtual Reality Modeling Language, ou Linguagem para Modelagem em Realidade Virtual.

Segundo Kirner [11], o VRML é uma linguagem independente de plataforma que permite a criação de cenários 3D, por onde se pode passear, visualizar objetos sob diversos ângulos e ainda interagir com eles. A linguagem foi concebida para descrever simulações interativas de múltiplos participantes, em mundos virtuais disponibilizados na Internet e ligados com a World Wide Web.

Este ambiente de RV para a Internet pode mostrar o quão fácil pode se tornar a interface com o usuário, motivo pelo qual se deve a sua rápida aceitação e utilização. Na história da Internet, este padrão foi o que mais rapidamente surgiu e evoluiu, pois grandes empresas e universidades do mundo inteiro investiram e continuam a investir nele. E este investimento se dá, principalmente, porque a Internet se mostrou um grande mercado a ser conquistado.

Para se poder navegar em mundos virtuais usando o padrão VRML, precisa-se de um visualizador (browser ou plugin), o padrão WRV2002/A212 (compliant), deve ser capaz de trazer a "sensação de imersão", pois esta tecnologia no estágio atual ainda não permite a imersão. Esta diversidade de formas e técnicas de interface implementadas nestes visualizadores impulsionou o desenvolvimento de inúmeras soluções criativas para o foco desta questão crucial - a interface; fator decisivo para a aprovação do melhor e mais bem aceito visualizador pela comunidade do VRML.

O VRML tem um conjunto de características que tornam a sua utilização uma poderosa e eficiente ferramenta de visualização [6]. Dentre elas, as mais importantes que se pode destacar, são:

- Custo – existem ótimos browsers amplamente distribuídos gratuitamente na Internet;
- Portabilidade – pode-se criar um modelo VRML em qualquer ambiente computacional e em seguida portá-lo para qualquer outro sem nenhuma alteração no seu código, para os sistemas operacionais mais difundidos (UNIX, MS Windows 95/98/NT, Linux, etc);
- Hiperlink – pode-se associar um conjunto de informações (vrml, html, som, imagem, etc) a qualquer elemento 3D do modelo em RV, à semelhança de um hipertexto, o que permite associar os elementos a qualquer base de dados no modelo 3D criado com o VRML;
- Usabilidade – não requer experiência prévia em computação gráfica para sua utilização, além de incorporar outras facilidades programáveis que facilitam ainda mais a sua utilização, como: tours guiados, sinalizações etc;
- Disseminação – um modelo VRML pode ser distribuído pela Internet e vários usuários podem acessá-lo simultaneamente, como se fosse uma página html;
- Cooperação – pode-se usar o conceito de Realidade Virtual Distribuída, onde vários usuários compartilham um mesmo “mundo virtual” e se vêem, falam e interagem com o mundo;
- A interface dos browsers é extremamente amigável;
- Permite completa interatividade (manipulação, interação) com o modelo, não se restringindo apenas à observação
- Amplo suporte de manutenção e desenvolvimento que abrange tanto a comunidade acadêmica (universidades) quanto a comunidade da área comercial (empresas), o que tende a garantir a sua continuidade e compatibilidade.

## 5.0 - METODOLOGIA

Há vários métodos que podem ser utilizados para executar uma simulação discreta. Porém o uso de um programa na etapa de formulação e simulação possibilita um rápido desenvolvimento, através de uma estrutura padrão definida. Neste trabalho, as etapas de formulação, simulação discreta e interface entre simulação discreta e simulação visual foram reunidas das condições operacionais dos equipamentos da subestação Valadares 2 da Cemig. A simulação visual e sua conversão para um ambiente em VRML foram acrescentadas neste trabalho.

As seguintes condições foram assumidas para o desenvolvimento do problema:

- Objetivo: Simular a operação de equipamentos das instalações da Cemig;
- Ambiente: Casa de controle de uma subestação, Pátio de uma SE com barramento, chaves e disjuntores, transformadores e linhas de transmissão.
- Hipóteses: Ocorrências normais, surtos elétricos, manobras, retirada de operação de equipamentos, acidentes ecológicos.

## 6.0 - MODELO VISUAL 3D - FERRAMENTAS

A Modelagem, nesta etapa, é o processo de criação de objetos tridimensionais. Esta fase é considerada fundamental para uma boa imagem em 3D ou uma animação. É possível construir modelos tridimensionais, especificar cor, textura, posição das luzes, sombras, efeitos especiais (como neve, chuva, tipos de sombreamentos, fogo, etc.), bem como criar trajetórias para os objetos que compõem a cena, ou mesmo inserir som ao ambiente [15].

Uma vez realizada a simulação discreta e a geração de dados para a sua animação, construiu-se o modelo visual 3D, que representaram os resultados gerados. Nesta fase foi utilizado o software 3DS Max. A construção do protótipo da seção da Se Valadares 2 foi feita de acordo com as especificações advindas da planta e do ambiente considerado. Os passos realizados para a construção do modelo visual, foram:

- Criação e composição de objetos em uma cena;
- Inserção de luzes e câmeras;
- Aplicação de texturas;
- Render e
- Animação.

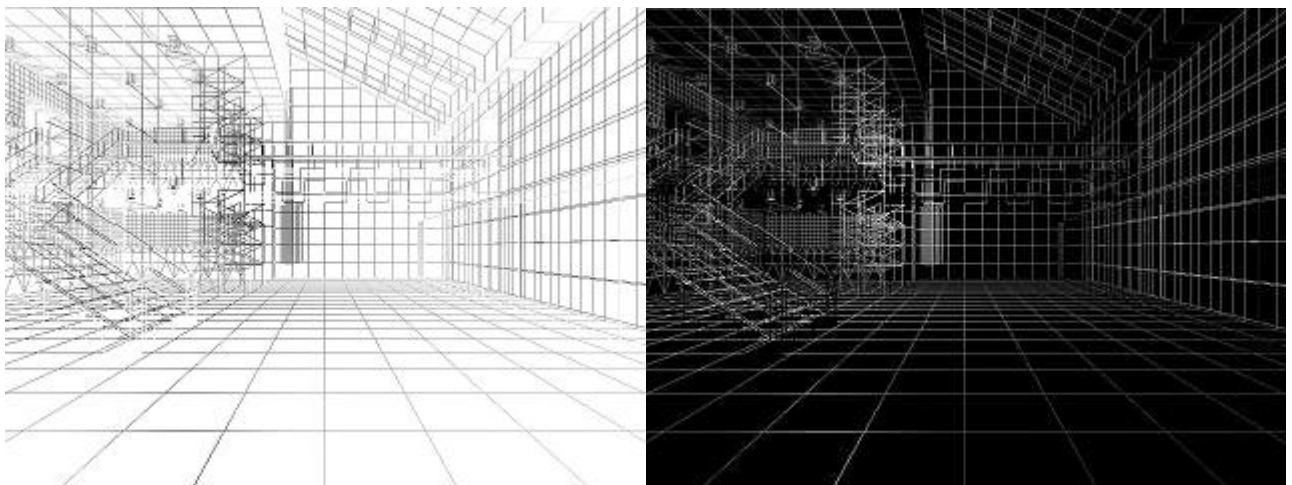


FIGURA 2 – Vista de frente Completa da Cena em 3D da casa de controle em arame

Os objetos tridimensionais são formados por linhas e por polígonos e podem ser modelados de acordo com o deslocamento ou supressão de pontos, de faces ou de vértices que o compõem. Um aumento do número de polígonos que formam um objeto permite torná-lo mais realístico, pois está relacionado a um maior nível de detalhamento do mesmo. Porém, aumenta significativamente o tamanho final do arquivo gerado pelo software.

A inserção de luzes (que podem ser de vários tipos) é escolhida a critério de quem constrói a cena. As câmeras que também podem ser de tipos diferentes, apresentam pontos de vista diversos e específicos, além da possibilidade de serem animadas.

Possuindo comandos e ferramentas que possibilitam, mesmo após a criação do objeto, aplicar comandos de edição que modifiquem a sua estrutura, o software permite um maior refinamento, e conseqüentemente acabamento de suas cenas. Uma questão importante é definir qual é o nível de detalhamento desejado para a cena. Pois um detalhamento adequado ao objetivo do trabalho pode significar um ganho de tempo no processo de render e na montagem da cena. O importante é que cada cena seja pensada segundo a sua utilização. Tais aspectos devem ser levados em consideração durante o processo de modelagem



FIGURA 3 – Vista de frente da Cena em 3D da casa de controle texturizada, iluminada e com o painel de controle completo

Ao longo do processo de confecção da cena, além dos objetos construídos com os recursos próprios do software, foram utilizados alguns objetos originados de outras bibliotecas [16,17]. Nas figuras 02 à 05 são mostrados alguns detalhes da Simulação realizada, tais como:

Casa de controle, pátio de manobras, disjuntores, painéis, medidores, transformadores, barramentos, TPs e TCs, etc. A animação foi realizada com 750 frames e depois convertida para um ambiente em VRML.

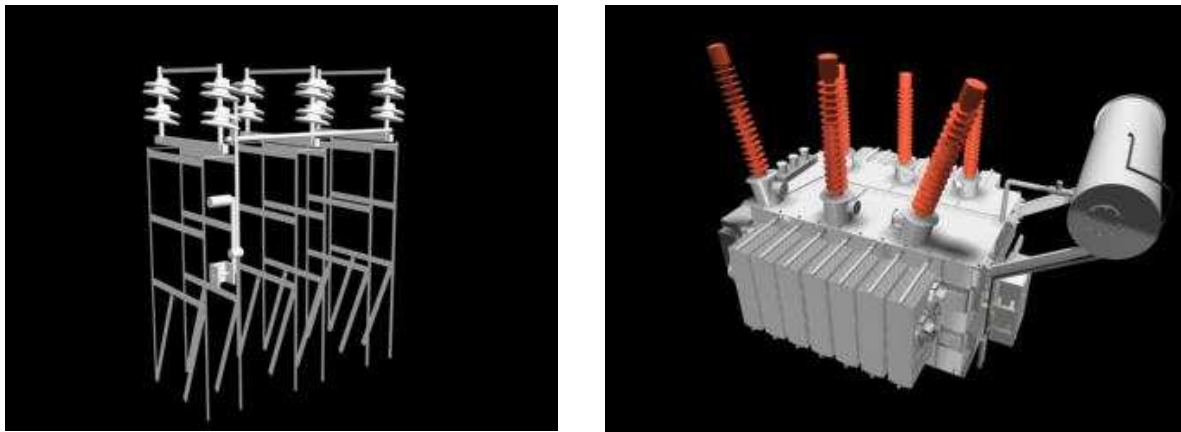


FIGURA 4 – Vista da cena em 3D do pátio com uma chave tripolar e um trafo em realidade virtual

Pode-se acrescentar algumas das vantagens obtidas com a construção deste modelo em RV:

- Apresentação de facilidades para o usuário de PO na interface e navegação no ambiente simulado.
- Mudança de ponto de vista livremente
- Aumento do realismo do ambiente
- Compreensão em 3D do espaço físico e suas limitações durante a simulação
- Possibilidade de distribuir o modelo em grupos de estudo na Internet (VRML): possibilitando assim, uma maior divulgação da simulação realizada.

## 7.0 - CONCLUSÃO

A CEMIG ao buscar soluções inovadoras que permitam melhorar o desempenho das suas instalações e pessoal técnico, busca cada vez mais a utilização eficaz das potencialidades que a tecnologia de realidade Virtual oferece para diminuir os tempos de aprendizagem associados ao mesmo.

Desta forma, a pesquisa e investigação de ferramentas tecnológicas são capazes de otimizar e simplificar a operação e manutenção de subestações e diminuir o seu tempo e custos associados. neste cenário, a realidade virtual surge como uma das várias apostas tecnológicas identificadas.

A operação e manutenção de instalações sente particularmente este problema devido à grande dependência da prática e relatos de ocorrências para criar mão de obra qualificada. Neste caso uma possível solução é a utilização de ferramentas 3D em um cenário virtual que simule exatamente as condições de trabalho e o funcionamento dos equipamentos em tempo real reproduzindo e respondendo realisticamente em função da interação do operador ao equipamento propriamente dito pela simulação digital em tempo real.

A vantagem do uso de tal tecnologia mostra-se quando podemos operar os equipamentos sem danos ao sistema elétrico ou interrupção de consumidores ou desgastes de equipamentos. Uma grande vantagem é que no simulador o erro pode ser explorado de uma maneira mais produtiva e repetitiva.

A Simulação Visual é uma ferramenta poderosa em estudos desta natureza, já que oferece meios para reflexão sobre vários pontos importantes, como: as condições operativas, a distribuição de material e alocação de recursos humanos. A Realidade Virtual é uma tecnologia que permite interagir ou explorar um ambiente tridimensional através do computador. Com o uso de dispositivos não-convencionais que estimulem mais de um órgão sensorial (visão, tato, audição, etc.), ela permite aos usuários realizar uma interação natural e intuitiva com o ambiente virtual e seus componentes. A percepção da realidade em RV é uma ferramenta usada em vários campos e oferece diversas aplicações profissionais como: engenharia, arquitetura, medicina, geografia, recreação, etc.

Assim, um modelo em Realidade Virtual, dotado com as características de um sistema complexo como em uma subestação, pode apresentar de um modo claro e objetivo o resultado da simulação realizada.

Ao se usar a realidade virtual para permitir interações virtuais com espaço e o tempo e também com critérios de decisão, no caso das infraestruturas, materiais a utilizar e respectiva vida útil, tipo de ligação existente entre eles, tipo de ações de conservação e planos de manutenção a implementar. As interações dentro do modelo virtual são efetuadas através de informação visual, no entanto, é possível a ligação do modelo virtual a algoritmos de cálculo que poderão proporcionar opções mais avançadas de simulação. Neste sentido, a existência de uma ferramenta de simulação e análise, possibilita não só o controle visual da ocupação espacial da infra-estrutura, mas também o controle visual do seu estado físico e da relação entre os diferentes elementos que a constituem, que terão características próprias e que funcionarão ou não em conjunto com outros elementos de características possivelmente distintas.

A realidade virtual permite que a decisão seja baseada na possibilidade de visualização de toda a infra-estrutura, permitindo walkthroughs e variados tipos de interactividade visual, por forma a que, neste caso, a decisão de manutenção e conservação tenha uma componente visual bastante real e de fácil compreensão. Veja-se que, na prática, a decisão de substituição de um elemento poderá depender da sua situação no espaço (poderá ser de difícil acesso) ou até da existência de outros elementos com tempo de vida útil similar, que se situam juntos, e que por isso poderão ser substituídos ao mesmo tempo. Em qualquer das análises feitas a componente visual é decisiva. Na realidade virtual esta componente adquire uma potencialidade enorme pois a percepção da realidade é bastante simples e elucidativa, eliminando-se por exemplo as complexidades inerentes aos desenhos bidimensionais comuns.

## 8.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]LAW, A.M.; KELTON, W.D., Simulation Modeling and Analysis, Singapore, 2º Ed, MacGraw-Hill, 1991.
- [4]SANTOS, C. L. N., Ferramentas de Visualização Antropomórficas através do uso de Realidade Virtual aplicadas à Engenharia Offshore. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil, COPPE – UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasil), 2001.
- [5]BALAGUER, F., MANGUILI, A., Virtual Enviroments, New Trends in Animation and Visualization, Wiley, 1991.
- [6]SANTOS, C. L. N., Realidade Virtual na Vanguarda da Indústria do Petróleo, Prêmio RESPSOL/YPF de Qualidade Acadêmica 1999.
- [7]HOLLANDS, R. & MORT, N., The Use of VR for Enhanced Visualization in Systems Simulation, The First United Kingdon Virtual Reality -Special Interest Group Conference, Nottingham ,1994.  
WRV2002/A212
- [8]LOCKE, JOHN , Applying Virtual Reality. Monterey, CA: Naval PostGraduate School, 1995.
- [9]AUKSTAKALNIS, S. & BLATNER, D. Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality. Berkeley,CA: Peatchpit Press, 1992.
- [10]WEB3D Consortium, The VRML97 Especification, URL:<http://www.web3d.org>, 2002.
- [11]KIRNER, C., Sistemas de Realidade Virtual, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, tutorial on-line, URL:<http://www.dc.ufscar.br/~grv/tutrv.htm>, 1996.
- [12]DE OLIVEIRA, M.J.F., 3D Visual Simulation Platform for the Project of a New Hospital Facility, Monitoring, Evaluating, Planning Health Services: ORAHS'98, 39-52, Singapore, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1999.
- [13]SALIBY, E.; PIMENTEL, M., SIMUL: Um Sistema Computacional para a Simulação a Eventos Discretos em Turbo-Pascal, Relatório COPPEAD, Rio de Janeiro, 1991.
- [14]GASPAR, N.B., Representação Visual de Modelos de Fila de Espera, Tese de Mestrado, Programa de Engenharia Produção, COPPE – UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasil), 1998.
- [15]DA SILVA, J. C., 3DS MAX 4.2: Utilizando Totalmente, São Paulo, Ed. Érica, 2002.
- [16]Mister Collection CD-ROM - Modelos para 3D Studio, São Caetano do Sul, SP, nº6, Raven Multimídia.
- [17]Products of the Platinum Technology, inc., 1997, <http://www.platinum.com>.