

# Visualização Qualitativa em Engenharia Utilizando Realidade Virtual

Klaus de Geus<sup>1,2</sup>  
José Henrique Dometerco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Copel – Companhia Paranaense de Energia

klaus@copel.com  
dometerc@copel.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná

klaus@inf.ufpr.br

**Resumo:** A ampla compreensão da natureza qualitativa de fenômenos complexos é muitas vezes comprometida devido à enorme quantidade de dados por eles produzidos. Técnicas tradicionais têm seu foco voltado à exatidão da informação, fornecendo subsídios importantes para a percepção quantitativa. O desenvolvimento de técnicas avançadas de visualização e realidade virtual, por sua vez, tem proporcionado um mecanismo eficiente e intuitivo na compreensão da natureza qualitativa de dados complexos, agilizando sua interpretação e fornecendo real apoio no domínio da decisão em aplicações de diversas áreas, incluindo a engenharia. O objetivo deste trabalho é demonstrar, de maneira abrangente, potenciais aplicações de visualização e de realidade virtual no estudo de aplicações de engenharia elétrica. Além disso, é descrita uma aplicação de engenharia que utiliza um ambiente de realidade virtual de uso geral.

**Palavras-chave:** Visualização científica, visualização de informação, realidade virtual.

## 1 Introdução

A operação de um sistema de energia elétrica constitui uma tarefa complexa que envolve muitos parâmetros, e pode, segundo Anderson et al. [Ande93], ser comparada com um sistema de controle de tráfego aéreo. Um grande número de variáveis, distribuídas sobre uma larga região geográfica, deve ser monitorado para

assegurar uma operação confiável. A confiabilidade e a segurança na operação de sistemas interconectados requerem a resolução de problemas complexos por meio da análise de grandes quantidades de dados processados.

Os operadores de sistemas de energia trabalham em um ambiente de monitoração computacional e em sistemas de controle denominados “sistemas de gerência de energia” (*EMS – energy management systems*), Seu trabalho consiste em tomar medidas corretivas quando limites são violados, quando equipamentos apresentam falhas e quando outras contingências ocorrem no sistema.

Uma questão muito importante nesse cenário é a apresentação de informações referentes a sistemas de potência. A informação que o operador necessita em um determinado instante deve ser representada de modo a prover eficiência na tomada de decisões corretivas.

Tanto a simulação quanto a visualização são atividades necessárias em todos os campos da gerência de sistemas de potência. Entretanto, algumas das funcionalidades requeridas nestas atividades dependem de seus propósitos em cada campo.

Interação em simulações, por exemplo, é necessária na criação de modelos de sistemas de potência e nas alterações de parâmetros elétricos. Na área de visualização, combinações de representações topológicas e gráficas são efetivas na compreensão humana do comportamento de sistemas de potência [Ohas97].

A análise de sistemas de potência de grande escala requer a inspeção de uma grande quantidade de dados multivariados. Em sistemas que contêm dezenas de milhares de nós elétricos, um desafio chave é apresentar os dados de maneira a permitir que o usuário avalie o estado do sistema de um modo rápido e intuitivo. De particular importância são, neste contexto, a análise de relacionamento entre fluxos de potência na rede, entre fluxos de potência programados e a análise da capacidade de transmissão do sistema [Over00].

A desregulamentação do mercado de energia tem causado um impacto significativo no projeto de software para análise e operação de sistemas de potência. O novo modelo de mercado, no Brasil, levará, como levou em outros países, à criação de mercados bem maiores sob o controle de um operador de sistema independente.

A entrada de novos concorrentes no mercado e a intensificação de transferência de energia resultarão em novos estudos de engenharia e em mais dados a serem gerenciados [Over03].

Além disso, as decisões de operadores e engenheiros terão grande importância, pois poderão ter impactos substanciais no tocante a mercado e finanças. Respostas precisas a perguntas bastante complexas devem ser providas rapidamente, normalmente em questão de horas ou minutos, em contraste com o modelo anterior, em que as respostas poderiam demorar semanas ou até meses.

Software de análise e engenharia e sistemas de gestão de energia terão que ser modificados sob diversos aspectos, para que esses novos desafios sejam enfrentados. Um desses desafios diz respeito à maneira com que informações do sistema são apresentadas ao usuário.

Com o aumento da competitividade no mercado de energia elétrica, o conhecimento concernente à capacidade, às limitações e à confiabilidade de um sistema elétrico se tornará uma *commodity* de grande valor.

É muito importante para uma empresa que tem por objetivo se manter no topo da competitividade entender as implicações dessas mudanças antes dos concorrentes, para que adquira uma vantagem competitiva importante.

Em tal contexto, a gestão e a visualização de informações pertinentes ao mercado de energia e a sistemas de potência têm um papel importantíssimo.

## 2 Realidade Virtual em Engenharia

Especificamente no que diz respeito à engenharia, alguns trabalhos descrevem aplicações interessantes, as quais fazem uso de técnicas relacionadas à visualização e à realidade virtual. Arroyo e Los Arcos [Arro99],

por exemplo, descrevem um sistema chamado SRV – *Virtual Reality System*, que tem como objetivo treinar pessoal que lida com a operação manual de equipamentos de subestações elétricas. O sistema provê três funções principais, as quais permitem ao operador aprender:

- a) A aparência de equipamentos elétricos, sua topologia e sua localização física na subestação: o sistema provê uma maneira de navegar ao redor de qualquer subestação virtualmente, permitindo que o usuário se mova facilmente para visualizar a real aparência dos equipamentos de chaveamento, assim como seus instrumentos. É possível também consultar vídeos digitalizados para mostrar como um especialista desempenha as operações mais comuns.
- b) Como operar localmente e remotamente o equipamento de chaveamento: o usuário pode operar com os elementos da subestação desempenhando as operações reais como se ele estivesse lá. Os elementos que podem ser operados são transformadores, chaveamentos e disjuntores. O usuário pode também clicar sobre um elemento para selecioná-lo e movê-lo.
- c) Como operar uma subestação e ver os efeitos em um simulador para que os procedimentos de operação estabelecidos possam ser corretamente seguidos: o usuário pode operar com o simulador e ver os efeitos na ferramenta SRV e vice-versa. Esta parte é muito importante no processo de aprendizagem, e tem como objetivo ensinar o operador a agir em uma subestação elétrica e informá-lo sobre as manobras que devem ser feitas, além de mostrar os passos errados que foram tomados.

Garant et al [Gara95] apresentam um protótipo de simulador de treinamento em realidade virtual desenvolvido para uma empresa de energia. O simulador recebeu o nome de ESOPE-VR, e foi baseado em um simulador desenvolvido pela Hydro-Quebec, chamado ESOPE – *Expert-System for*

*OPerations Environment*. O ESOPE inclui um editor *single-line-diagram* que pode ser usado para especificar a topologia de uma rede elétrica. Contempla também uma *knowledge-based engine* que valida as ações do usuário e age como um guia no decorrer do processo de operação de chaveamento.

O ESOPE-VR demonstra que a integração de sistemas de apoio à decisão, reconhecimento de voz, *feedback* verbal, som ambiente e as tecnologias de interfaces visuais 3D têm um grande valor na área de treinamento de operação.

Dentre as aplicações de realidade virtual descritas por Breen e Scott [Bree95] está a emulação de painéis de sala de controle em usinas de força (energia). O objetivo é reduzir custos e aumentar a produtividade no treinamento de pessoal na área de transmissão e distribuição de energia, especialmente em atividades de alto risco, como é o caso de manutenção de linhas ativas.

A realidade virtual também pode ser usada com o objetivo de reduzir custos de projeto, construção e manutenção de instalações tais como usinas de força, subestações e linhas de transmissão.

### **3 Uma Aplicação em Redes de Distribuição**

O potencial da realidade virtual pode ser demonstrado por meio de uma aplicação simples que, acessada por meio da *world wide web*, faz buscas em bancos de dados, prepara os dados e os transmite utilizando padrões tais como XML (*eXtended Markup Language*) e, por fim, apresenta ao usuário uma cena modelada em um ambiente virtual.

A motivação para o desenvolvimento dessa aplicação é fornecer ao usuário de geoprocessamento de uma empresa de energia uma alternativa visual de caráter qualitativo, que possa permitir-lhe de forma intuitiva chegar rapidamente a conclusões a respeito da situação geral do sistema que está sendo analisado.

Um sistema de geoprocessamento no contexto de uma empresa de energia provê informações importantes para diversas tarefas, entre elas, a monitoração do sistema de energia elétrica. É possível, por exemplo,

visualizar um alimentador de energia elétrica, com todas as suas ramificações e os níveis de tensão em cada um de seus pontos.

No caso estudado neste trabalho, o sistema de geoprocessamento provê informações geográficas bidimensionais. Não há informação a respeito de relevo e, portanto, os mapas gerados a partir dessas informações são bidimensionais.

A falta de terceira dimensão, apesar de ser desvantajosa sob um certo ponto de vista, permite que se faça mapeamentos de outras grandezas ou informações relevantes no domínio espacial.

A realidade virtual lida com 4 dimensões: 3 espaciais e 1 temporal. Com isso, no caso estudado, podem-se gerar simulações que enfatizem uma certa grandeza, mapeando-a na terceira dimensão espacial, além de outras informações importantes, que podem ser representadas por meio de cores, transparência, ícones, textos e glifos.

Uma rede de distribuição de energia é constituída de um conjunto de alimentadores. Estes, por sua vez, são constituídos de trechos, os quais ligam pontos que fisicamente representam postes. É possível, portanto, realizar a leitura dos níveis de tensão em um determinado instante em cada ponto de um alimentador.

Mapeando-se os níveis de tensão no terceiro eixo espacial, pode-se obter uma visualização qualitativa que permita a rápida percepção da situação atual do sistema como um todo. Trata-se, portanto, de uma ferramenta complementar, de caráter qualitativo e com o objetivo de fornecer *insight* ao usuário final.

Sendo uma ferramenta 4D, ou seja, que lida com as 3 dimensões espaciais e também a dimensão temporal, e tendo como base a plataforma VRML (*Virtual Reality Modelling Language*), ela provê o usuário de muitas funcionalidades de análise e exploração da cena gerada. A figura 2 apresenta uma cena relativa ao nível de tensão em alimentadores gerada dentro do aplicativo aqui descrito.

#### **3.1 Modelagem por meio de VRML**

A principal contribuição da aplicação aqui descrita é a modelagem da cena. Um

ambiente de VRML contempla em sua arquitetura um mecanismo de representação gráfica, o qual exige o cientista de desempenhar essa tarefa. A linguagem dispõe de um mecanismo para a descrição da cena, e programas feitos para ler VRML fornecem a funcionalidade de computação gráfica necessária para que a cena descrita seja representada adequadamente. Não apenas isso: esses programas provêm o usuário de um ambiente de interação, por meio do qual ele pode navegar pela cena, ou seja, rotar, aproximar, distanciar, transladar. Todos esses tipos de interação são executados por meio de uma interface intuitiva, fazendo uso do mouse.

Em VRML, a cena é definida por uma árvore, como a ilustrada na figura 1. Esta estrutura é bastante adequada ao contexto, permitindo a manipulação de primitivas de maneira simples. Por exemplo, se uma transformação geométrica, como uma translação ou uma rotação, for aplicada ao objeto modelado no nó 1.2 da figura 1, ela será propagada para todos os nós descendentes desse nó, ou seja, aos objetos definidos nos nós 1.2.1 e 1.2.2.

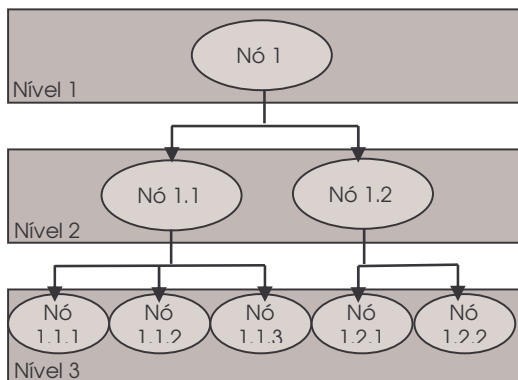


Figura 1: Estrutura de uma cena descrita em VRML.

### 3.2 Integração por meio de XML

Este tipo de ferramenta deve estar inserido em um ambiente em que a interface de usuário seja a mais amigável possível. O especialista em análise de níveis de tensão não deve se preocupar com mecanismos computacionais, saber como acessar por computador dados relativos a um elemento de rede, e tarefas semelhantes. Ele deve, sim, se concentrar em realizar a sua tarefa

específica. Resta à própria ferramenta computacional prover os requisitos para essa tarefa da maneira mais transparente possível.

O conjunto de equipamentos e software que compõem o ambiente computacional de uma corporação é hoje, na grande maioria dos casos, extremamente heterogêneo, com soluções providas por diversos fornecedores e prestadores de serviço. Esse cenário heterogêneo gerou uma frente tecnológica de integração, com o objetivo de tornar os sistemas, cada um com sua própria linguagem, comunicáveis entre si. Não apenas isso: além de tornar a comunicação possível, tornou-se necessário que ela ocorresse de forma automática e transparente, sem a necessidade de intervenções, operações e conhecimento humano.

Com o advento das tecnologias de integração, tanto de aplicativos computacionais como de informação, este assunto tornou-se estratégico no ambiente corporativo. A agilidade no manuseio da informação é hoje um fator decisivo e crítico no que concerne à sobrevivência da empresa no mercado. Uma empresa ágil nesse contexto tem seus custos, tanto administrativos como técnicos, reduzidos, permitindo-lhe atuar com uma margem de lucro adequada e, em tempos adversos, agir com flexibilidade para contornar a situação.

Muitas tecnologias proprietárias foram disponibilizadas no mercado, prometendo a liberdade das empresas em relação a seus fornecedores. Entretanto, muitas delas acabavam por sacramentar a dependência da corporação relativamente a um determinado fornecedor, a saber, esse mesmo que lhe prometeu a independência. Isso se deve ao fato de que o produto utilizado com o objetivo de eliminar dependências e agilizar a comunicação entre diferentes sistemas de forma transparente tem, por si mesmo, a natureza proprietária.

Esta tendência, felizmente, começou a ser revertida por meio de iniciativas de caráter antioligopolista. Uma organização chamada *World Wide Web Consortium (W3C)* propôs um padrão de comunicação chamado XML (*eXtended Markup Language*), o qual obteve

grande aceitação por parte das grandes empresas da área computacional.

O padrão XML permite a comunicação de informações por meio de um mecanismo que fornece uma semântica aos dados. Sendo assim, equipamentos e ferramentas que “falam” esse idioma (o XML) podem se comunicar entre si de maneira transparente e ágil. Aqueles que não “falam” esse idioma provavelmente sucumbirão.

As corporações estão agora preparadas para desenvolver aplicações ágeis, as quais fazem uso de informações armazenadas em ambientes distintos e completamente diversos.

O aplicativo descrito aqui faz uso dessa tecnologia para prover o especialista da área de aplicação de uma ferramenta intuitiva que não exija conhecimentos específicos na compreensão de informações essenciais ao adequado funcionamento do sistema.

Esse especialista pode então acessar a ferramenta por meio de um *browser* internet, escolher o item que deseja analisar de maneira simples e amigável e produzir a cena virtual de maneira automática. Com isso, ele pode proceder à análise do sistema enfocando tanto aspectos quantitativos como qualitativos.

#### 4 Conclusão

Demonstrar a importância e o potencial da tecnologia de realidade virtual aplicada à área de sistemas de potência, incluindo a geração, a transmissão e a distribuição de energia, constitui o objetivo mais importante deste trabalho.

As descrições dos trabalhos que têm sido desenvolvidos em várias instituições tecnológicas no contexto mundial deixam clara a relevância dessa tecnologia, especialmente no que diz respeito à análise qualitativa de sistemas elétricos, sob diversos aspectos, e ao treinamento de pessoal em tarefas de missão crítica.

Para demonstrar o potencial da realidade virtual de maneira prática e simples, foi descrito um aplicativo da área de redes de distribuição, o qual objetiva a percepção qualitativa dos níveis de tensão nos pontos de um alimentador de energia.

Apesar de extremamente simples, esse aplicativo demonstra que a tecnologia tem grande potencial na área e que aplicativos desse tipo podem ser desenvolvidos com um baixo custo.

Deve-se considerar, entretanto, que aplicativos mais elaborados, tanto de visualização como de realidade virtual, têm demonstrado cada vez mais potencial em aplicações práticas da área de energia, alicerçados na evolução de equipamentos e tecnologias computacionais.

#### 5 Agradecimentos

Este trabalho contou com a contribuição de Cilas de Freitas, Flávio Milsztajn na definição arquitetural da aplicação de níveis de tensão em alimentadores. Agradecimentos também devem ser prestados a Cássio Augusto Rúbio e a outros profissionais da COPEL que de uma forma ou de outra contribuíram na realização deste trabalho.

#### 6 Referências

- [Ande93] M D Anderson, H J Pottinger, C M Schroeder, R Adapa. Advanced graphics zoom in on operations. IEEE – ISSN 0895-0156/93, April 1993.
- [Arro99] E Arroyo, J L Los Arcos. SRV: A Virtual Reality Application to Electrical Substations Operation Training. IEEE, 1999.
- [Bree95] P T Breen, W G Scott. Virtual Reality Applications in T&D Engineering. IEEE – ISSN 0-7803-2043-3/95, 1995.
- [Gara95] E Garant, A Daigle, P Desbiens, A Okapuu-von Veh, J C Rizzi, A Shaikh, R Gauthier, A S Malowany, R J Marceau. A Virtual Reality Training System for Power-Utility Personnel. IEEE, 1995.
- [Ohas97] T Ohashi, T Ono. Visualization and interactive simulation for power system operation. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM-97, Hong Kong, November, 1997.

- [Over00] T J Overbye, J D Weber. New Methods for the Visualization of Electric Power System Information. IEEE – ISSN 0-7695-0804-9/2000.
- [Over03] T J Overbye, D A Wiegmann, A M Rich, Y Sun. Human Factors Aspects of Power System Voltage Contour Visualizations. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 1, February, 2003.

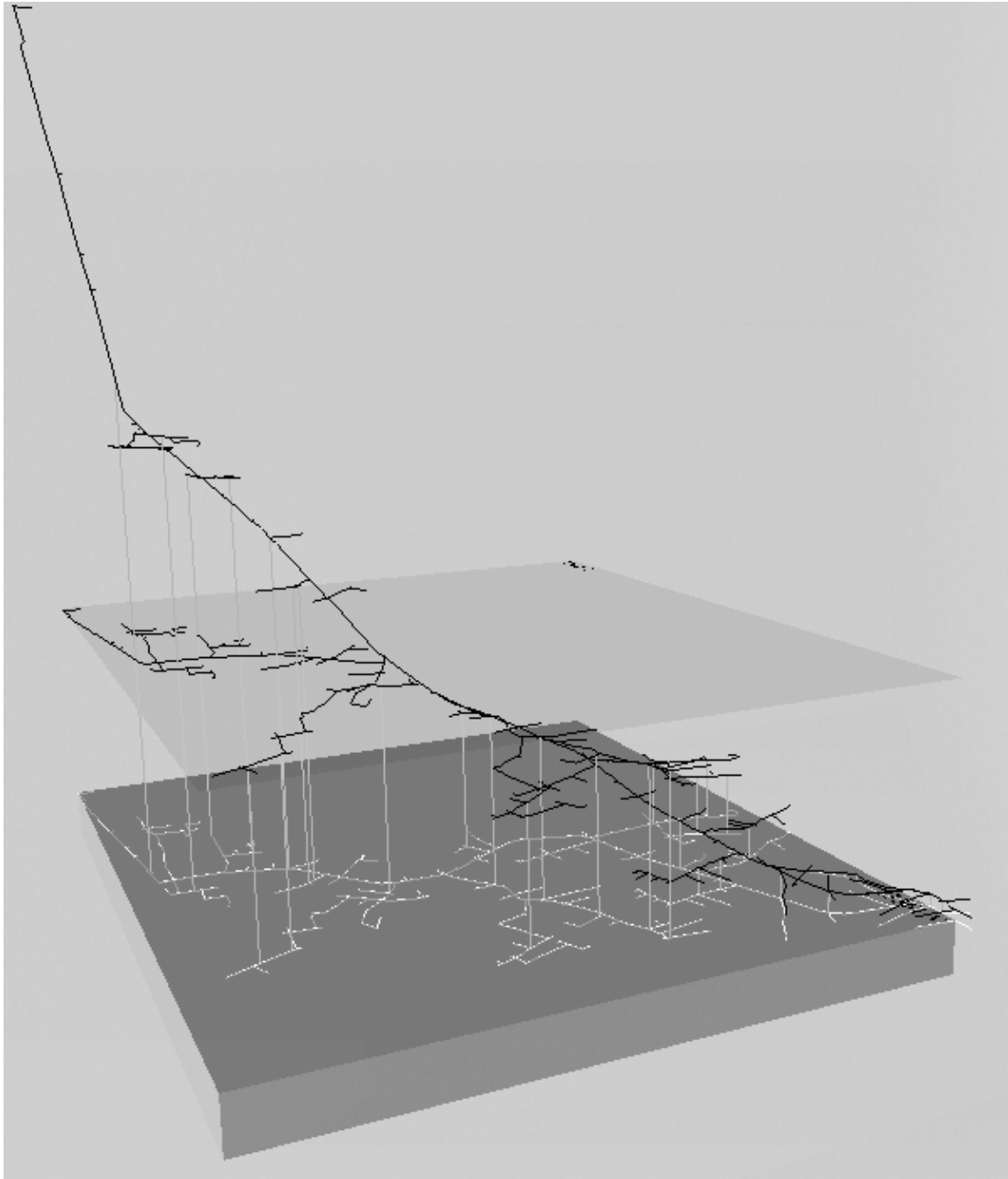


Figura 2: Modelagem de um alimentador de energia em rede de distribuição em ambiente de realidade virtual. Um dos eixos espaciais representa o nível de tensão em cada ponto.