



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

GAT - 02
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO IV
GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT**

**FERRAMENTA INTEGRANDO O PROGRAMA DE FLUXO DE POTÊNCIA A UMA BASE DE DADOS COMUM
AOS SISTEMAS DE PLANEJAMENTO, DE OBRAS, DE MANUTENÇÃO E DA OPERAÇÃO DO SISTEMA
ELÉTRICO DE TRANSMISSÃO**

Teófilo Y. Taguti* Flávio F. Vosgerau Nataniel G. de Oliveira Heinz A. Niederheitmann Jr

COPEL TRANSMISSÃO COPEL TRANSMISSÃO COPEL TRANSMISSÃO UFPR

RESUMO

O objetivo deste trabalho é mostrar uma ferramenta desenvolvida na COPEL para auxiliar nos estudos de planejamento da operação e da expansão do sistema de transmissão de energia elétrica, integrada ao programa de fluxo de potência e a uma base de dados comuns aos sistemas de planejamento, obras, manutenção e da operação do sistema elétrico. Esta ferramenta facilita e aumenta a confiabilidade na montagem dos casos de fluxo de potência, proporcionando maior segurança nas decisões e nas recomendações dos profissionais responsáveis pelas análises do sistema elétrico de transmissão.

PALAVRAS-CHAVE

Fluxo de Potência, Operação, Planejamento, Transmissão.

1.0 - INTRODUÇÃO

A ferramenta que foi desenvolvida na COPEL para auxiliar no processo de elaboração dos estudos de planejamento da operação e da expansão do sistema de transmissão de energia elétrica, utiliza a base de dados do sistema de "Gerência da Operação e Planejamento da Transmissão" (GOP) que contém informações sobre:

- A configuração elétrica atual;
- As modificações previstas no programa de obras de expansão da rede;
- Os desligamentos programados pela manutenção.

Com isto, é possível a recuperação da configuração elétrica para qualquer data futura, a partir da definição do período do estudo e da escolha dos desligamentos programados e das obras de expansão a serem considerados. Para a definição das cargas utiliza a base de dados da "Projeção do Mercado de Energia e Demanda" (MEE), a qual disponibiliza 3 curvas típicas de carga horária projetadas para cada um dos meses no horizonte de até 30 anos. Nos estudos de curto prazo, permite a confrontação dos dados de carga obtidos do tempo real com os produzidos pelo sistema de "Projeção do Mercado de Energia e de Demanda", evidenciando as diferenças para que se possam definir os valores das cargas a serem utilizados. Quando da alteração de qualquer data de entrada ou de saída de operação de equipamentos, são identificados os estudos de desligamentos que possam ser afetados e nestes casos são avisadas as equipes responsáveis pela liberação dos desligamentos. Também quando da alteração de qualquer data prevista para a conclusão de obras, são identificados os estudos de expansão de médio e longo prazo que possam ser afetados e nestes casos são também avisadas as equipes responsáveis por estes estudos. A ferramenta possibilita a escolha dos limites de carregamento em função da

*Rua Padre Agostinho, 2600 - CEP 80710-000 - Curitiba - PR - BRASIL
Tel.: (041) 331-3128 - Fax: (041) 331-3702 - e-mail: teofilo.taguti@copel.com

temperatura ambiente e contemplando as eventuais restrições nos equipamentos terminais (por exemplo: transformador de corrente limitando o carregamento de linhas de transmissão). Considerando que existem diversos grupos de trabalho, com horizontes de estudos de curto, médio e longo prazo, e que existem numerações de barras diferentes entre esses grupos, a ferramenta desenvolvida administra estas várias numerações em atendimento às necessidades próprias da empresa e do seu relacionamento com outras entidades ou grupos externos. A ferramenta importa para a base de dados as configurações ao longo do tempo (inclusive cargas e gerações) do sistema elétrico externo ao sistema da empresa e também exporta as modificações na configuração da empresa para ser enviado para os grupos de trabalho. Para facilitar a convergência dos casos, é permitida a manutenção de “casos convergidos” provenientes dos estudos de simulação. Faz o gerenciamento da emissão dos pareceres técnicos e das solicitações de estudo. Utiliza interface de natureza gráfica para a visualização de resultados das simulações. Permite nos estudos de configuração, o cálculo das potências de curto-circuito para que se possa confrontá-las com as capacidades de curto-circuito dos equipamentos e das instalações. Dispõe de parâmetros típicos para equipamentos e instalações, facilitando na definição dos parâmetros elétricos dos equipamentos e instalações futuras.

2.0 - ESTRUTURA DE FUNCIONAMENTO DA ÁREA DE PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO E EXPANSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DE TRANSMISSÃO DA COPEL

A área de “Planejamento e Estudos do Sistema Elétrico” (PLSE) da COPEL, foi estruturada visando dar maior dinamismo na execução das suas atividades. Essa área foi subdividida de acordo com o período da análise do estudo e características do trabalho, definindo claramente as suas atribuições e responsabilidades. Pelas características das atividades desenvolvidas pela área de planejamento (PLSE), há necessidade de uma forte interação desta área com as áreas de construção, manutenção, operação dos sistemas elétricos de transmissão, mercado de energia e de geração de energia elétrica. Dentro desse contexto a COPEL vem trabalhando para melhorar o resultado da empresa, aperfeiçoando essa integração e procurando criar sinergia nas atividades desenvolvidas pelas diversas áreas. Para viabilizar essa interação envolvendo dados de diversas áreas da Copel, tem sido vital o apoio e a infra-estrutura da sua área de informática e também de consultoria externa. A Figura 1 mostra a estrutura organizacional dessa área (PLSE) e aquelas com as quais tem intensa interação.

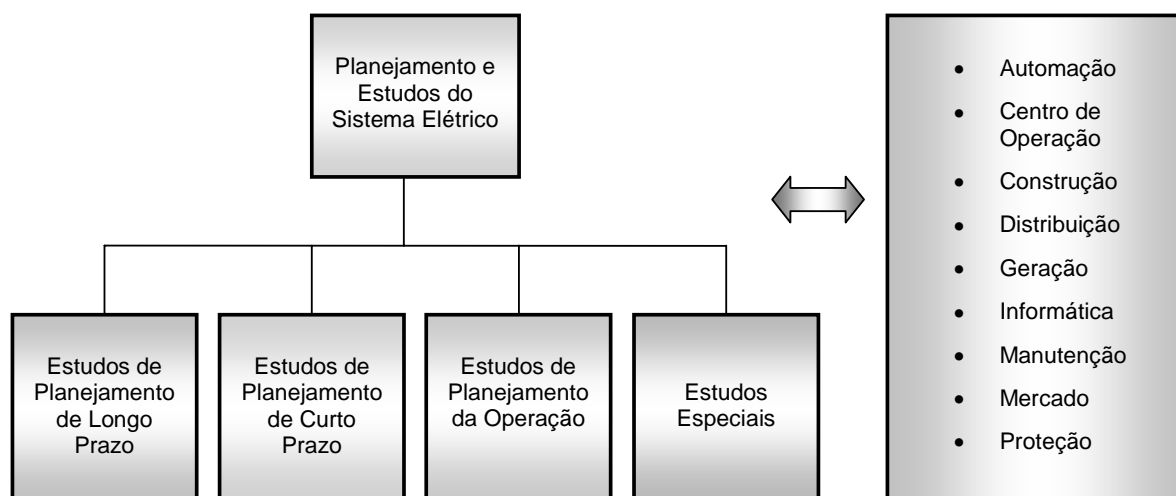


FIGURA 1 – Organograma da área de “Planejamento e Estudos do Sistema Elétrico” da COPEL

3.0 - INTERAÇÕES NA TRANSMISSÃO ENTRE OPERAÇÃO, PLANEJAMENTO, CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO

As interações na COPEL, envolvendo as áreas da transmissão responsáveis pela operação, planejamento, construção e manutenção, vem sendo gradualmente apoiadas em uma base de dados comum. Estas interações estão resumidamente esquematizadas na Figura 2 a seguir. Portanto, o planejamento com o seu programa de obras para a expansão do sistema elétrico, define a topologia futura da rede e as características elétricas dos novos equipamentos e instalações. A área de engenharia de construção ajusta as datas de liberação das obras alterando a topologia da rede ao longo do tempo, com reflexos diretos nos recursos que a operação poderá dispor no futuro. A manutenção, com o seu programa de recepção de equipamentos e de obras, altera as datas previstas de entrada em operação destes e conseqüentemente afeta a topologia futura da rede, assim como a programação de desligamentos e de movimentações de equipamentos. Na medida em que os projetos das linhas de transmissão são encerrados e os equipamentos são recepcionados e ensaiados, os seus valores típicos são

substituídos pelos seus valores finais. Estas informações e dados são parte dos necessários para a montagem facilitada e confiável dos casos de fluxo de potência em apoio aos estudos de planejamento da operação e da expansão do sistema de transmissão de energia elétrica. A partir desta base de dados é possível definir a configuração elétrica do sistema de transmissão da COPEL para qualquer data futura, com base na configuração elétrica atual e nas modificações futuras previstas no programa de obras de expansão da rede e no programa de manutenções. Além disso, esta base de dados permite que na montagem dos casos de fluxo de potência para os estudos de curto prazo, considere os dados de carga obtidos do tempo real.

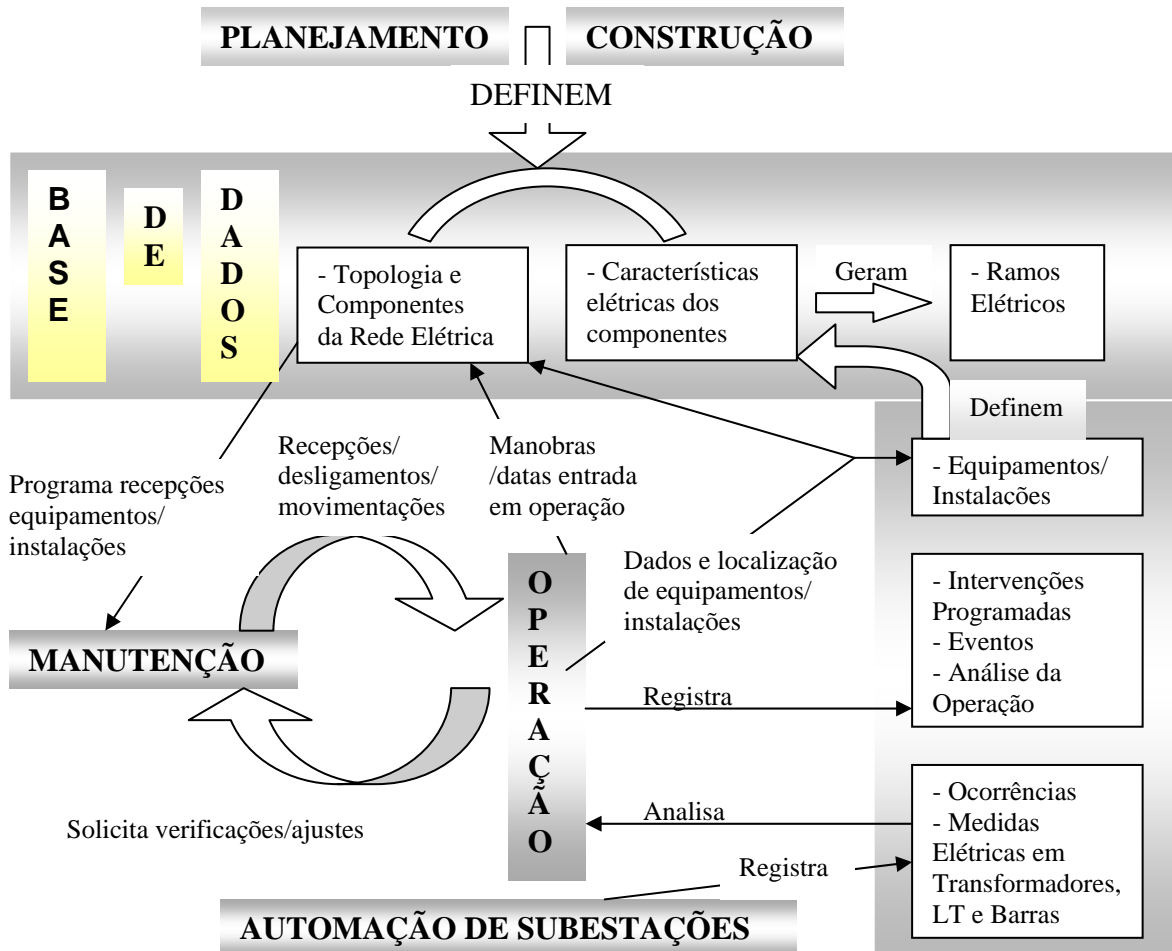


FIGURA 2 – Interações entre operação, planejamento, construção e manutenção.

4.0 - FILOSOFIA DE FUNCIONAMENTO DA GERÊNCIA DA OPERAÇÃO E DO PLANEJAMENTO DA TRANSMISSÃO (GOP)

A base de dados comuns utilizadas pelas áreas de operação, planejamento, construção e manutenção dos sistemas elétricos da transmissão, faz parte do sistema de "Gerência da Operação e do Planejamento da Transmissão" denominado simplesmente como GOP. O GOP é um sistema para a gestão integrada de informações da operação e do planejamento do sistema de transmissão de energia elétrica da COPEL e reúne, portanto, informações necessárias:

- À administração das intervenções programadas;
- Ao gerenciamento dos carregamentos em transformadores e em linhas de transmissão;
- À análise da conformidade das tensões nas barras;
- Ao registro dos eventos operacionais;
- À análise das intervenções, dos eventos operacionais e da atuação da proteção;
- À administração das ordens de proteção;
- À análise dos limites de carregamento em equipamentos e linhas de transmissão;
- Ao cálculo dos parâmetros elétricos;

- À montagem de casos de fluxo de potência e de curto-circuito;
- À administração dos estudos de fluxo de potência e de curto-circuito;
- Ao acompanhamento do desempenho do sistema elétrico de transmissão;
- Ao treinamento de operadores.

Na administração das intervenções programadas, possibilita reuni-las, buscando a redução dos tempos das intervenções e o de exposição do sistema elétrico a riscos de interrupção no fornecimento de energia elétrica devidos à diminuição de confiabilidade nos instantes em que as intervenções estejam em andamento.

No gerenciamento da qualidade de entrega da energia elétrica e no de utilização do sistema de transmissão, o GOP comunica-se com o sistema de automação de subestações da COPEL. A gestão da conformidade dos níveis de tensão nas barras de entrega de energia, através do acompanhamento da eficácia da atuação dos softwares da automação de subestações no controle das tensões elétricas nas barras, permite inferir ações de correção em busca da manutenção das tensões nos seus níveis de conformidade. Do mesmo modo, o monitoramento do carregamento e do desempenho de equipamentos e instalações do sistema de transmissão frente a contingências, geram alertas e ações em busca de um melhor aproveitamento dos equipamentos e instalações do sistema de transmissão de energia elétrica.

Como as informações sobre a topologia atual e futura da rede elétrica de transmissão e as características elétricas de equipamentos e instalações que compõem ou irão compor o sistema elétrico da transmissão são necessárias à operação e ao planejamento, há que administrá-las desde a fase de planejamento até o de operação. Neste processo de transição do planejamento à operação, topologia, equipamentos, instalações, cargas e gerações devem estar refletindo a cada momento a sua situação de fato para que as tomadas de decisão sejam apoiadas em informações fidedignas da situação que está sendo analisada. Portanto, a integração com os processos de construção e de manutenção do sistema elétrico e com o de mercado de energia e de geração, tornam-se necessários. Logo, a abordagem formulada para o GOP é ditada de tal forma que está integrada aos processos e sistemas de construção e manutenção da transmissão e com os de mercado de energia e de geração, refletindo as alterações recentes, planejadas e programadas da topologia, instalações, equipamentos, cargas e gerações que surgem no decorrer do tempo. Em resumo, o escopo do GOP está voltado ao atendimento:

- Do planejamento do sistema elétrico da transmissão;
- Da operação do sistema elétrico da transmissão.

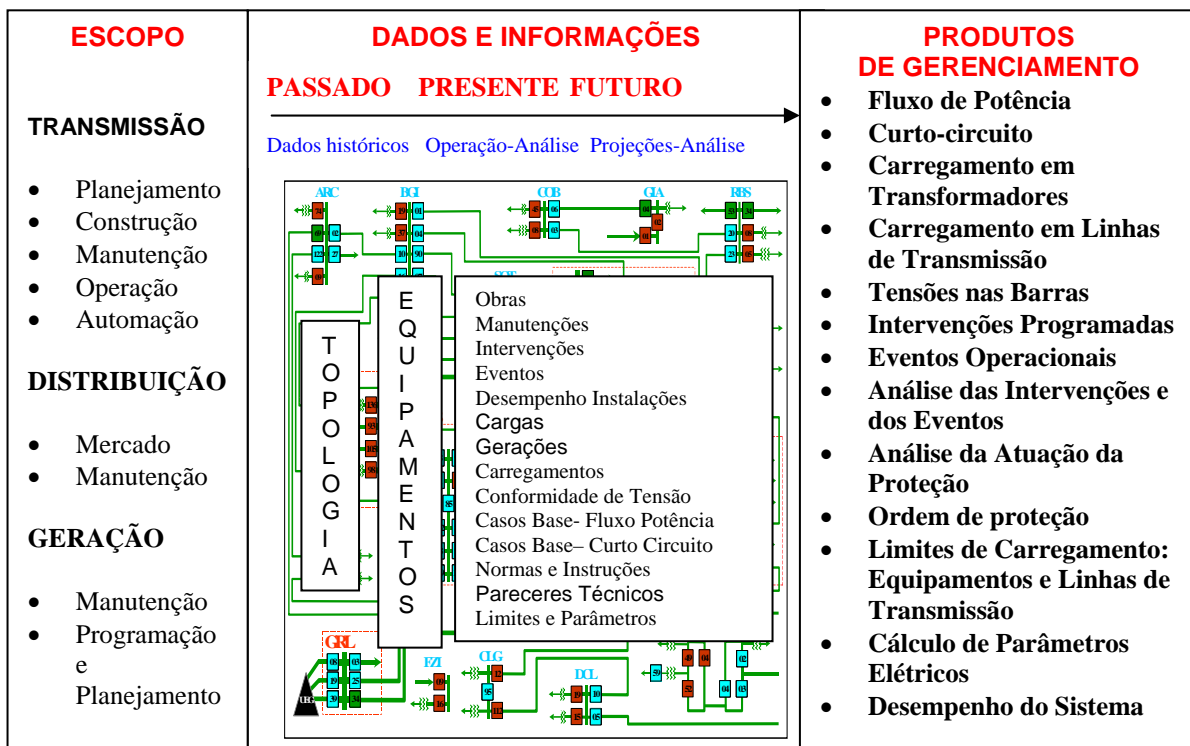


FIGURA 3 – GOP – Gerência da Operação e do Planejamento da Transmissão

No entanto para o GOP atender a contento ao planejamento e à operação do sistema elétrico da transmissão, inclui no seu escopo a integração com os seguintes sistemas de informação:

- Na transmissão:
 - De manutenção, de projeto e construção de obras;
 - De automação de subestações;
- Na distribuição:
 - De manutenção e de mercado de energia;
- Na geração:
 - De manutenção, de programação e planejamento.

5.0 - CONCEPÇÃO DO CONFIGURADOR DE CASOS DE FLUXO DE POTÊNCIA

A montagem de casos de fluxo de potência é uma das etapas fundamentais para a realização dos estudos elétricos, e deve reproduzir de forma o mais fiel possível o cenário elétrico a ser analisado. Para ter um bom desempenho na realização dos estudos elétricos é fundamental o profissional ter o acesso de forma rápida e confiável a esses casos de fluxo de potência, para efetuar as análises. Para isso, o profissional responsável pela montagem dos casos de fluxo de potência e elaboração dos estudos elétricos deverá ter o acesso de forma rápida e eficiente, das informações e dados do sistema elétrico para a execução das suas atividades. Apresenta-se a seguir um resumo comparativo ilustrando como os casos de fluxo de potência são montados de uma forma tradicional e como são atualmente pela nova concepção do configurador de casos.

5.1. Montagem dos casos de fluxo de potência pelo procedimento tradicional

Pelo procedimento tradicional, a montagem dos casos de fluxo de potência é feita da seguinte forma:

- A partir da definição do período desejado para a realização do estudo (ano, trimestre, mês), o profissional escolhe o caso base de fluxo de potência mais conveniente, para servir de referência inicial para a montagem do caso de fluxo de potência a ser utilizado;
- As seguintes alterações são realizadas de forma manual:
 - Alterações na topologia da rede em função do programa de obras e das manutenções;
 - Alterações dos parâmetros e das capacidades e limites dos equipamentos;
 - Representação das gerações e cargas nas barras;
 - Representação dos capacitores e reatores nas barras;
- Normalmente a execução destes processos são feitos utilizando arquivos de dados dissociados, gerando dificuldades na obtenção de informações confiáveis devido ao excesso de intervenções manuais que são exigidos para tornar compatíveis os dados provenientes de diversas fontes.
- As cargas nas barras são calculadas através de um programa computacional, que leva em consideração a projeção do mercado de carga, o patamar de carga desejado, fator de potência, fator de sazonalidade, fator de diversificação no sistema ou entre as barras de carga e as impedâncias dos transformadores de carga, porém as transferências dos dados de carga para os casos de fluxo de potência são feitas de forma manual.

5.2. Montagem dos casos de fluxo de potência através do configurador de caso base de fluxo de potência:

Pela concepção do novo configurador de casos de fluxo de potência, a montagem desses casos é feita da seguinte forma:

- O caso base de fluxo de potência de referência será buscado automaticamente, a partir da definição das seguintes informações:
 - Escolha do período para a realização da análise (ano, trimestre, mês);
 - Escolha do patamar de carga desejado (pesada, intermediária, leve e mínima);
- Como o GOP contém informações sobre a configuração elétrica atual e futura, em função do programa de obras de expansão da rede e do programa de manutenção, permite a recuperação da configuração elétrica para qualquer data futura, a partir da definição do período do estudo e da escolha dos desligamentos programados e das obras de expansão a serem considerados.
- Quando da alteração de qualquer data de entrada ou de saída de operação de equipamentos, são identificados os estudos de desligamentos que possam ser afetados e nestes casos são avisadas as equipes responsáveis pela liberação dos desligamentos. Também quando da alteração de qualquer data prevista para a conclusão de obras, são identificados os estudos de expansão de médio e longo prazo que possam ser afetados e nestes casos são avisadas as equipes responsáveis por estes estudos.

- A ferramenta possibilita a escolha dos limites de carregamento em função da temperatura ambiente e contemplando as eventuais restrições nos equipamentos terminais (por exemplo: transformador de corrente limitando o carregamento de linhas de transmissão);
- Para a definição das cargas utiliza a base de dados da “Projeção do Mercado de Energia e Demanda”, a qual disponibiliza 3 curvas típicas de carga horária projetadas (dias úteis, sábados, domingos e feriados) para cada um dos meses no horizonte de até 30 anos. A partir da definição do período, do dia típico e do horário de carga e com base nos dados de “Projeção do Mercado de Energia e Demanda”, obtém-se a carga ativa nas barras de 13,8 kV e 34,5 kV. Utilizando-se os fatores de potência históricos são definidas as cargas reativas nestas barras. As cargas nos primários dos transformadores de carga são obtidas destes valores de carga ativa e reativa e levando-se em consideração as impedâncias dos transformadores e a compensação reativa instalada nas barras de baixa tensão. Nos estudos de curto prazo, permite a confrontação dos dados de carga obtidos do tempo real com os produzidos pelo sistema de “Projeção do Mercado de Energia e de Demanda”, evidenciando as diferenças para que se possam definir os valores das cargas a serem utilizados;
- Permite considerar ou não a representação dos capacitores e reatores nas barras, existentes ou previstos no programa de obras;
- A ferramenta importa para a base de dados configurações ao longo do tempo (inclusive cargas e gerações) do sistema elétrico externo ao sistema da empresa e também exporta as modificações na configuração da empresa para ser enviado para os grupos de trabalho.

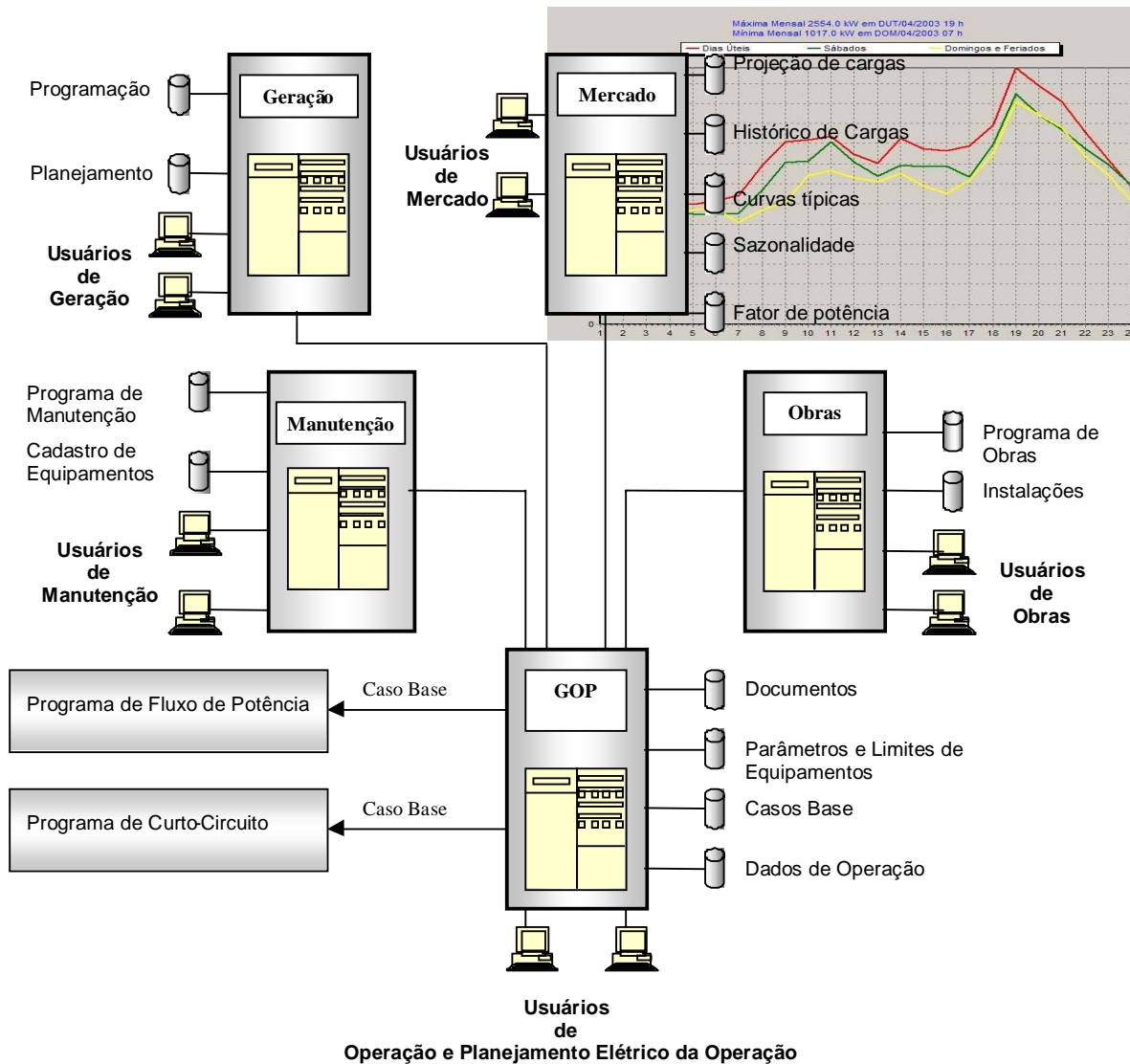


FIGURA 4 – Estrutura do configurador de caso de fluxo de potência

Considerando que os diversos grupos de trabalho de médio e longo prazo, do setor elétrico brasileiro, utilizam numeração de barras diferente, administra estas várias numerações em atendimento às necessidades próprias da empresa e do seu relacionamento com outras entidades ou grupos externos.

Como a execução destes processos são feitos utilizando arquivos de dados associados a uma base de dados comum, evita-se as dificuldades na obtenção de informações confiáveis, reduzindo drasticamente as intervenções manuais para tornar compatíveis os dados provenientes de diversas fontes.

O uso dessa ferramenta facilita e torna mais rápida e confiáveis a montagem dos casos de fluxo de potência, proporcionando ganhos significativos sob o ponto de vista da qualidade, produtividade e segurança na realização das análises elétricas pela área de "Planejamento e Estudos do Sistema Elétrico" (PLSE).

A Figura 4 ilustra de uma forma resumida as principais interações de informações entre as diversas áreas, através do sistema GOP.

6.0 - INTEGRAÇÃO DO PROGRAMA DE FLUXO DE POTÊNCIA NO SISTEMA GOP

A COPEL integrou ao sistema GOP o programa para análise de fluxo de potência denominado ANAREDE. Esta integração faz parte de um projeto, que envolve a mudança na filosofia de trabalho da COPEL. As análises dos resultados das simulações dos casos de fluxo de potência podem ser feitas através de uma interface de natureza gráfica (1), para visualização dos resultados por meio de diagramas unifilares e relatórios. Nas duas opções, tanto as violações elétricas quanto os pontos críticos podem ser facilmente identificados de forma flexível e de acordo com a necessidade, através do uso de filtros aplicados sobre os resultados das simulações de casos de fluxo de potência, visando facilitar os seguintes tipos de análises: equipamentos com carregamento acima de um percentual do seu limite, barras com tensões fora da faixa admissível, gerações das usinas, fluxo de potência em equipamentos, elementos *shunts* conectados, dados de cargas, seleção de áreas de interesse e de outros relatórios gerados através de comandos do ANAREDE (3).

A integração do programa de fluxo de potência no sistema GOP é benéfica ao usuário, pois através desse sistema terá à sua disposição os seguintes recursos:

- Acesso e gerenciamento das solicitações de estudos elétricos;
- Facilidades para executar e analisar os resultados das simulações de fluxo de potência;
- Facilidade para a montagem dos casos base de fluxo de potência;
- Manter disponibilizado na rede o resultado das simulações de fluxo de potência;
- Facilidades para emitir e controlar os estudos elétricos elaborados;

Portanto, esses recursos proporcionam ganhos significativos sob o ponto de vista da produtividade e segurança na realização das análises elétricas. Além disso, tornam acessíveis as consultas aos resultados das simulações e quais foram os recursos utilizados, proporcionando maior transparência dos trabalhos realizados para as diversas áreas de operação e de planejamento.

7.0 - SISTEMA DE GERENCIAMENTO DOS ESTUDOS

O GOP reúne dados e informações relativos ao sistema elétrico de transmissão de energia elétrica, inclusive os produzidos pelos estudos do sistema elétrico de transmissão, permitindo desta forma, informar e apontar as prováveis conseqüências de decisões tomadas. O sistema foi concebido para permitir o gerenciamento dos estudos envolvendo desde as fases de solicitação, análise dos resultados das simulações de fluxo de potência e emissão dos estudos elétricos. Estes recursos proporcionam ganhos significativos sob o ponto de vista de produtividade e segurança na realização dos estudos elétricos, pois reduzem drasticamente a circulação e a necessidade de manutenção de documentos em papel nas pastas das áreas de trabalho, pois os documentos na forma de arquivos digitais são armazenados em uma base de dados comum nos servidores da rede. Esse procedimento otimiza o processo de tramitação e elimina o extravio de documentos.

Para atender esse objetivo foram estabelecidas as seguintes facilidades:

- Para os profissionais responsáveis pela solicitação dos estudos elétricos:
 - Permitir a emissão de forma fácil e rápida da solicitação dos estudos elétricos, sem a necessidade de tramitação de documentos em papel;
 - Facilitar o gerenciamento das solicitações de estudos;
 - Ter acesso às solicitações de estudos, aos resultados das simulações de fluxo de potência e aos estudos elétricos elaborados pela área de "Planejamento e Estudo do Sistema Elétrico" (PLSE).
- Para os profissionais responsáveis pela elaboração dos estudos elétricos:
 - Facilitar o gerenciamento das solicitações e emissões dos estudos elétricos;
 - Ter acesso às solicitações de estudos, aos resultados das simulações de fluxo de potência e aos estudos elétricos elaborados pela PLSE.

Ter um bom sistema de gerenciamento dos estudos proporciona benefícios para a empresa, pois através dele podemos controlar, identificar os pontos fortes e fracos da atividade, e priorizar as ações visando melhorar a produtividade e a qualidade dos trabalhos, e conseqüentemente refletindo em ganhos tanto para os profissionais envolvidos quanto para a empresa.

8.0 - CONCLUSÃO

A ferramenta computacional apresentada, integra o programa de fluxo de potência (ANAREDE) a uma base de dados comum aos sistemas de planejamento, de obras, de mercado de energia, de manutenção e da operação do sistema elétrico da transmissão. Esta ferramenta – fruto de intensa dedicação e interação entre os profissionais de diversas áreas da COPEL – permite ao responsável pela elaboração dos casos de fluxo de potência uma visão da topologia do sistema elétrico para o curto, médio e longo prazo, facilitando a montagem dos casos de fluxo de potência; permite o gerenciamento dos estudos desde a fase de solicitação até a de análise das simulações e de emissão dos estudos elétricos; identifica os estudos de desligamento e de expansão de médio e longo prazo que possam ser afetados pela alteração das datas de conclusão das obras; permite também a comparação entre dados históricos de carga e a carga prevista para determinado período através do acesso às informações do mercado de energia elétrica. A base integrada sobre a qual a ferramenta trabalha é responsável pela eliminação das intervenções manuais que eram necessárias para tornar compatíveis os dados provenientes de diversas fontes, facilitando e tornando mais rápido e confiável o processo de montagem dos casos de fluxo de potência.

Desta maneira, a COPEL passa a ter ganhos no desenvolvimento das atividades de planejamento da operação e da expansão do sistema elétrico de transmissão. Estes ganhos podem ser resumidos da seguinte maneira: facilidade em obter informações da operação e das instalações e equipamentos de transmissão; maior transparência na execução das suas atividades através do fácil acesso aos resultados e critérios utilizados nas análises e simulações; maior segurança nas decisões e nas recomendações dos profissionais responsáveis pelas análises do sistema elétrico; melhor aproveitamento do sistema de transmissão e maior qualidade no atendimento aos clientes. Outro aspecto importante a ser ressaltado é o fortalecimento do espírito de equipe e de comprometimento que resulta ao desenvolver uma ferramenta computacional envolvendo profissionais de diversas áreas.

9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Taguti, T. Y., Niederheitmann, H. A, Kowaltschuck, R., Alves, F. R. M., Henriques, R. M. DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL GRÁFICA E AMIGÁVEL, PARA FACILITAR E AGILIZAR AS SIMULAÇÕES E ANÁLISES DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA – XVII SNPTEE.
- (2) PFL – Estudos Elétricos – Integração GOP/MEE número 2004/0203 – Análise de Requisitos da Copel.
- (3) ANAREDE – Programa de Análise de Redes – V08-Jan03. Manual do Usuário – CEPEL – Brasil.