



**XV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GOP / 08

**17 a 22 de Outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

**GRUPO IX
OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS (GOP)**

**SARESTA – SISTEMA DE RESTABELECIMENTO INTEGRADO AO
SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DISTRIBUÍDO DA CEMIG**

Maria Inês Murta Vale
Marcelo Soares Lameiras
Marcus Vinícius de C. Lobato

Maria Helena Murta Vale *

CEMIG

Companhia Energética de Minas Gerais

UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

Este trabalho apresenta a atuação do pacote computacional *SARESTA (Sistema de Apoio ao Restabelecimento)* no controle restaurativo do sistema elétrico da CEMIG. Este aplicativo, desenvolvido em projeto cooperativo entre a CEMIG e a UFMG, está integrado ao *Sistema de Supervisão e Controle Distribuído* da empresa. Neste artigo, é apresentada a versão atual do aplicativo, mostrando a sua utilização na operação do sistema elétrico, tanto no restabelecimento da rede, quanto no treinamento de operadores.

Uma vez ocorrido algum desligamento no SEE, ações de *controle restaurativo* devem ser estabelecidas, com o objetivo de se religar o sistema. Conforme salientado em (1), o controle restaurativo de sistemas elétricos constitui-se em uma das tarefas mais complexas executadas durante a operação dos mesmos. Sendo assim, o desenvolvimento de ferramentas computacionais de apoio ao operador, para auxiliá-lo nas ações de restabelecimento, torna-se extremamente importante. Dentro desta perspectiva, as equipes da CEMIG e da UFMG investiram no desenvolvimento do aplicativo denominado *SARESTA (Sistema de Apoio ao Restabelecimento)*.

PALAVRAS-CHAVE

Operação - Tempo Real - Restabelecimento

1.0 - INTRODUÇÃO

A condição dos *Sistemas de Energia Elétrica (SEE)*, caracterizada pela operação próxima a seus limites, tem resultado em uma maior complexidade no controle dos mesmos. Tal complexidade se apresenta não apenas em condições de anormalidade, como também no controle do SEE no estado normal.

Diante deste quadro, eleva-se o risco de desligamentos da rede elétrica decorrentes de alguma contingência no SEE. Várias vezes, para se conter uma condição de operação crítica, são efetuadas manobras no sistema, a fim de se conter a anormalidade. Caso não existam controles de emergência previamente elaborados, os desligamentos podem tomar grandes proporções, caracterizando os tão indesejados “*blackouts*”.

Os aspectos relativos ao desenvolvimento do *SARESTA* foram apresentados em trabalhos anteriores dos autores (2,3,4,5). Nestes estão indicadas em detalhes a filosofia de controle restaurativo adotada pelo pacote, as características computacionais específicas (linguagem utilizada, composição das regras de inferência, bancos de dados etc.) e a justificativa das escolhas feitas durante a execução do projeto. Apesar destes trabalhos já terem apresentado o pacote computacional, eles não chegaram a abordar a sua efetiva aplicação na operação do SEE. Atualmente, o *SARESTA* já se encontra efetivamente integrado ao *SSCD (Sistema de Supervisão e Controle Distribuído)* da empresa, compondo o quadro de aplicativos principais.

Este artigo, dando continuidade aos trabalhos, tem como objetivo mostrar a aplicação do *SARESTA* na operação do sistema elétrico da CEMIG. Neste sentido, o texto aborda a integração do aplicativo às atividades do *COS (Centro de Operação do Sistema)* da empresa e procura caracterizar o seu importante papel no treinamento dos operadores.

2.0 – A INTEGRAÇÃO DO SARESTA À OPERAÇÃO DO SEE

2.1 O processo de restabelecimento

Uma vez ocorrido algum desligamento no SEE, o despachante dará início ao processo de restabelecimento do sistema. Este processo compreende uma série de procedimentos.

A primeira atitude do despachante, antes mesmo de solicitar a atuação do SARESTA, é preparar uma ou mais subestações do sistema, através da execução do *Sistema Automático de Preparação de Subestações* (SAPRE) (6).

Posteriormente à execução do SAPRE, o despachante ativa o SARESTA, através do Menu Principal do SSCD, ilustrado na Figura 1.

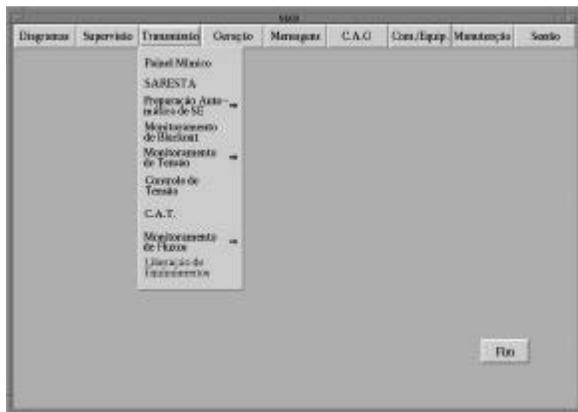


FIGURA 1

Menu principal do SSCD, mostrando a forma de chamada do SARESTA

Uma vez ativado, o SARESTA identifica as condições do SEE e indica a seqüência de ações a serem executadas, através de uma tela específica da aplicação. Esta tela, ilustrada na Figura 2, além de apresentar as ações de controle, permite toda uma interação do despachante com o processo. Para melhor identificar esta interação, a seguir são apresentadas as possibilidades de atuação nas funções disponíveis na interface.

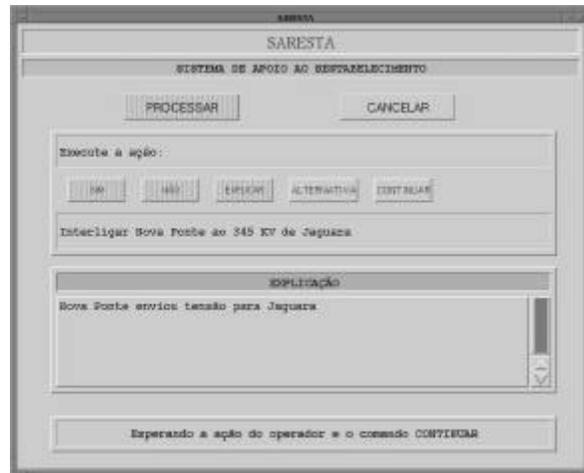


FIGURA 2
Tela do SARESTA no SSCD

As funções (botões) apresentadas na tela tornam-se habilitadas/deshabilitadas, conforme as necessidades ou possibilidades do momento corrente do restabelecimento.

O despachante poderá **cancelar** o SARESTA a qualquer momento. O próprio aplicativo poderá *decidir* que não mais poderá prosseguir no apoio ao restabelecimento, caso alguma ação essencial, executada anteriormente, falhe e não exista uma ação alternativa.

A solicitação de **explicação** está sempre habilitada, permitindo ao despachante identificar as condições do SEE que levaram o SARESTA a indicar a ação corrente.

Nos casos onde informações necessárias ao processo não estão disponíveis no SSCD, ou quando há indicação de falha de telemedição, o SARESTA solicita a intervenção do despachante, para que o restabelecimento possa ter continuidade. Acionando os botões **Sim/Não**, o despachante confirma se uma premissa é verdadeira ou não, ou se uma ação já foi executada.

À medida em que as ações vão sendo apresentadas na tela, o operador vai efetivamente efetuando o processo de religamento do SEE, utilizando as ferramentas disponíveis no SSCD, para o telecontrole das estações. Na Figura 2, por exemplo, está indicada a seguinte ação:

“Interligar Nova Ponte ao 345 kV de Jaguará”

Após a execução da ação indicada, o despachante deve informar ao SARESTA que ele pode **continuar** seu processamento e, neste instante, o aplicativo verifica se ação foi realmente feita; caso contrário, é repetida a solicitação para se executar a ação. Se a ação corrente não puder ser efetuada, por alguma condição do SEE, o

despachante poderá solicitar a ação **alternativa**, possibilitando que o plano de restabelecimento siga caminhos alternativos.

O despachante acompanha o processo de restabelecimento, através do *Painel Mímico Dinâmico*, presente na sala do COS, e da *Tela Painel Mímico*, disponível no SSCD. Para todas as interações do despachante com o SARESTA, são enviados eventos para a *Tela de Eventos*, bem como para o *Banco de Dados Histórico*. Através da seqüência de eventos, é possível acompanhar em tempo real os passos seguidos e analisar, posteriormente, todo o processo de restabelecimento.

A Figura 3 mostra um exemplo deste histórico de eventos.

DD-MM-YY	HH	MM-SS	Descrição
22-04-99	11	22:00:42	Entrando a SARESTA
22-04-99	11	22:00:49	Atenuação pelo sensor 1 no ponto de 100% tensão
22-04-99	11	22:01:24	Solicitar tensão no barramento de 100% tensão através de 100%
22-04-99	11	22:01:22	Restabelecimento de tensão 100% tensão
22-04-99	11	22:01:49	Atenuação pelo sensor 2 no ponto de 100%
22-04-99	11	22:01:52	Restabelecimento apenas um CT de tensão elétrica
22-04-99	11	22:02:22	Restabelecimento a tensão máxima 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:37	Restabelecimento transferência 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:46	A operação 100% de 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:46	Operação 100% de 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:47	Restabelecimento a tensão 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:49	Opção alternativa selecionada pelo operador
22-04-99	11	22:02:52	Restabelecimento CT elétrica-tensão
22-04-99	11	22:02:52	Restabelecimento CT elétrica-tensão
22-04-99	11	22:02:52	Restabelecimento CT elétrica-tensão
22-04-99	11	22:02:52	Restabelecimento transferência 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:52	Restabelecimento CT elétrica-tensão
22-04-99	11	22:02:52	Solicitar a tensão a nível de tensão no CT para tensão
22-04-99	11	22:02:52	A operação 100% de 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:52	Solicitar a tensão a nível de tensão no CT para tensão
22-04-99	11	22:02:52	A operação 100% de 100% de 100%
22-04-99	11	22:02:52	A operação 100% de 100% de 100%

FIGURA 3
Histórico de eventos

2.2 Importância do SARESTA no treinamento dos despachantes

Durante a operação em tempo real do SEE, a experiência dos operadores é elemento fundamental para a seleção sobre quais ações de controle devem ser efetuadas. No entanto, é natural que tal experiência se traduza de forma mais eficiente nas situações de controle mais rotineiras. Em outras palavras, em estados de operação críticos, a experiência adquirida pelo operador pouco vale, pois tais situações não se enquadram dentro da rotina de controle efetuada pelo mesmo. Essas condições são normalmente caracterizadas por elevada tensão/pressão emocional, fato que dificulta ainda mais o processo de tomada de decisão.

Para se evitar ou, pelo menos, minimizar o quadro exposto acima, torna-se extremamente importante o **treinamento dos operadores**. Atuando neste sentido, o SARESTA vem sendo utilizado no treinamento dos despachantes, de forma a prepará-los para situações de restabelecimento do sistema elétrico.

A configuração de *hardware*, baseada em redes computacionais, e a arquitetura de *software* cliente-servidor do SSCD permitem que uma das consoles de operação do COS seja conectada a uma máquina dedicada ao treinamento. Este ambiente de treinamento é configurado de tal forma a disponibilizar os mesmos recursos de interface homem-máquina da operação em tempo real, ao treinamento dos despachantes. Este fato caracteriza um grande potencial do aplicativo, pois pouco valeria o treinamento dos operadores se, em situações reais de religamento, as condições fossem diferentes daquelas nas quais estes foram preparados.

Para simular as condições de desligamentos, são elaborados *cenários* que procuram caracterizar diferentes estados operativos do SEE. Desta forma, através do SARESTA, o despachante pode simular o processo de restabelecimento, percorrendo as diversas alternativas possíveis.

A utilização do SARESTA, no treinamento dos operadores, tem trazido ganhos, não apenas para o desempenho dos despachantes em si, mas também para todo o processo de restabelecimento. O uso da ferramenta tem estimulado os questionamentos, sobre os procedimentos ditados pelas instruções de operação (expressos nas regras do aplicativo), aumentando o interesse nas discussões sobre o controle. Muitas vezes, são discutidas possibilidade de novas alternativas para as ações de controle; o controle restaurativo, desta forma, tornou-se objeto presente na operação.

3.0 - A ATUALIZAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTOS

A lógica utilizada pelo programa, para a escolha da ação proposta, se dá através da busca em uma árvore de decisões (traduzidas em *Regras de Inferência*) preparada pelas equipes de estudo, com base nas *Instruções de Operação* (IO's) da empresa (3,4,5). As regras de inferência formam a *Base de Conhecimento*, sendo modeladas e armazenadas no *Banco de Dados em Disco* do SSCD.

A *Base de Conhecimento* do aplicativo é composta por dois tipos de regras. Um conjunto de regras, denominado *Regras Principais*, que reflete as instruções de operação para o restabelecimento do SEE. O outro conjunto é constituído por *Regras de*

Referência que traduzem condições a serem verificadas ou executadas pelas *Regras Principais*.

Quando ocorre alguma alteração no sistema elétricos e/ou nas IO's, o *Banco de Dados* do SARESTA deve ser imediatamente alterado.

Para facilitar esta tarefa, foi desenvolvido um *Editor de Regras*, escrito em ACCESS, que acessa diretamente o banco de dados do SSCD. Através deste editor pode-se incluir, alterar e excluir regras, premissas e ações, alterar as concatenações das regras, bem como apresentar e imprimir relatórios de regras cadastradas. A Figura 4 mostra o *Menu Principal* desta aplicação.



FIGURA 4
Menu principal do Editor de Regras

Esta ferramenta foi desenvolvida para os usuários da área de Gerenciamento da Operação do Sistema da Empresa, encarregados de atualizar os procedimentos da operação do COS. Desta forma, o *Editor de Regras* possui um conjunto de formulários com uma interface bastante amigável, não exigindo nenhum conhecimento da modelagem dos dados do SARESTA, apenas do formato das Regras de Inferência.

Até o momento, o SARESTA atua para os casos de desligamento total do sistema. Para que o aplicativo atue para outras situações de desligamentos, basta que sua *Base de Conhecimento* seja alimentada com as regras principais correspondentes a cada condição. Procedimentos nesta direção já estão sendo elaborados, tendo em vista o impacto positivo que o aplicativo tem trazido para a operação do sistema.

4.0 - CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a utilização do pacote computacional SARESTA (*Sistema de Apoio ao Restabelecimento*) na operação do sistema elétrico da CEMIG. Este aplicativo resulta de desenvolvimentos conjuntos, entre as equipes da UFMG e da CEMIG, relativos ao Controle Restaurativo de sistemas elétricos.

Procurou-se salientar a importância do SARESTA, para o processo de restabelecimento. A atuação do aplicativo no treinamento dos operadores foi enfatizada, em decorrência do seu impacto positivo para o todo o processo de restabelecimento, não apenas para o aprendizado dos despachantes. Esta experiência positiva serve de exemplo para os próximos desenvolvimentos.

Analisando as características do pacote computacional SARESTA, pode-se perceber que a filosofia adotada em seu desenvolvimento permite sua utilização em outros centros de controle, não ficando restrito ao COS da CEMIG.

BIBLIOGRAFIA

- (1) MUNDIM, M. V. Sistema Inteligente de Apoio ao Restabelecimento. (Tese de Mestrado CPGEE /UFMG). Belo Horizonte. Agosto 1996.
- (2) LAMEIRAS, M. S., MASCI, H. M., RIBEIRO, G. M., PENA, H. S. Restabelecimento Sistêmico Inteligente – Desenvolvimento de Um Sistema de Apoio ao Despachante. (II SIMPASE). Belo Horizonte. 1994.
- (3) VALE, M.H.M., VISACRO, S., LOBATO, M.V.C., MUNDIM, M.V., LAMEIRAS, M. Sistema Inteligente de Apoio ao Restabelecimento – SAR. (III SIMPASE). Rio de Janeiro. Setembro 1996.
- (4) VALE, M.H.M., VISACRO, S., LOBATO, M.V.C., MUNDIM, M.V., LAMEIRAS, M., VALE, M.I.M. Desenvolvimento de um Sistema Especialista de Apoio ao Restabelecimento. (VII ERLAC). Puerto Iguazú. Argentina. Maio 1997.
- (5) VALE, M.H.M., VISACRO, S., LOBATO, M.V.C., MUNDIM, M.V., LAMEIRAS, M., VALE, M.I.M. SAR - Sistema Especialista de Apoio ao Restabelecimento. (XIV SNPTEE). Belém. Outubro 1997.
- (6) FERREIRA, D. G., RIBEIRO, G. M., LAMEIRAS, M. S., MASCI, H. M.,

REZENDE, A. B. Sistema Automático de Preparação de Subestações de EAT Para o Restabelecimento Sistêmico Inteligente - Experiência do Desenvolvimento e Implantação na CEMIG. (4º EDAO).

- (7) VALE, M.I.M., VALE, M.H.M.V., LAMEIRAS, M., LOBATO, M.V.C. CAT – Controle Automático de Tensão – SARESTA – Sistema de Apoio ao Restabelecimento- Pacotes Computacionais Integrados ao SSCD da CEMIG. (VIII ERLAC). Paraguai. 1999.
- (8) SILVA, M.V., VALE, M.I.M. O Sistema de Supervisão e Controle Distribuído da CEMIG. (VII ERLAC). Puerto Iguazú. Maio 1997.