

Desenvolvimento de um Sistema para Conservação de Cargas no Estado do Espírito Santo

A. Bianco¹, M. Herdade, C.E.V.M. Lopes, R.P. de Magalhães, CEPEL e
A.C. Cortés², ESCELSA

RESUMO

Este projeto de pesquisa é o resultado do interesse da Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. – ESCELSA em investigar as características, necessidades e potencialidades associadas à implantação de um sistema especial de proteção com abrangência mais ampla em sua área de concessão. Esse sistema, se implantado, deverá responder às contingências extremas do Sistema Interligado Nacional que ofereçam risco efetivo de colapso à área Rio de Janeiro/Espírito Santo, assegurando a preservação de cargas no sistema da ESCELSA.

PALAVRAS-CHAVE

Ilhamento, Sistema Especial de Proteção, Sistemas de Potência

I. INTRODUÇÃO

Os sistemas elétricos de potência apresentam uma grande complexidade inerente associada às suas dimensões, continentais em alguns casos, à natureza dos fenômenos envolvidos e à diversidade de equipamentos que compõem sua infra-estrutura. Além do compromisso com a técnica, o planejamento dos sistemas é, de maneira inevitável, sujeito a critérios ambientais, econômicos e políticos que apresentam restrições múltiplas e que podem resultar em efeitos sobre a confiabilidade e a segurança.

A experiência dos últimos anos demonstrou que, devido a diversos fatores como o crescimento do nível de utilização das malhas de transmissão e à obsolescência de instalações e equipamentos, algumas perdas simples podem vir a resultar em desligamentos múltiplos e no conseqüente colapso no fornecimento de energia [1],[2],[3],[4],[5]. Ocorrências dessa natureza ressaltam a importância de um conceito mais amplo de proteção, aplicável na identificação e contenção controlada de situações especiais, previamente conhecidas e capazes de causar da-

nos significativos à continuidade de operação do sistema de potência. Esse conceito remete aos sistemas especiais de proteção [6],[7],[8], também conhecidos como esquemas de emergência que, de forma coordenada no âmbito sistêmico, podem compor a estrutura dos planos de defesa contra contingências extremas [9],[10],[11].

O objetivo desse trabalho é definir, para as situações críticas envolvendo grandes perturbações no Sistema Interligado Brasileiro (SIN), um conjunto de procedimentos e critérios a serem considerados pela ESCELSA, quando da realização de estudos específicos visando estratégias de conservação do suprimento às cargas no estado do Espírito Santo. São tratados a identificação dessas situações, suas conseqüências sobre o sistema ESCELSA e as propostas para conferir maior robustez ao atendimento das cargas no estado do Espírito Santo.

II. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ELÉTRICO

Devido à sua situação eletro-geográfica, o sistema elétrico do estado do Espírito Santo, apresentado na Figura 1, é especialmente sensível a grandes perturbações no SIN. A insuficiência de sua geração própria torna o estado importador de energia através de interligações pouco flexíveis da ESCELSA com os subsistemas vizinhos:

- a oeste, com o estado de Minas Gerais, através de um circuito em 230kV entre as subestações Mascarenhas (ESCELSA) e Conselheiro Pena (CEMIG) - Governador Valadares (CEMIG);
- ao sul, com o estado do Rio de Janeiro, através de dois circuitos em 138kV entre as subestações Cachoeiro (ESCELSA) e Campos (FURNAS);
- na região central, através de três circuitos curtos em 138kV entre as subestações Pitanga (ESCELSA) e Vitória (FURNAS). A transformação 345-138kV em Vitória possibilita a interligação com a subestação Campos, no estado do Rio de Janeiro, através de dois circuitos em 345kV.

1. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Caixa Postal 68007
CEP 21944-970, Rio de Janeiro – RJ (abianco@cepel.br)

2. Espírito Santo Centrais Elétricas S.A., Rodovia BR-101 Norte, km 9.5
CEP 29161-500, Carapina, Serra – ES (op-estudos@escelsa.com.br)

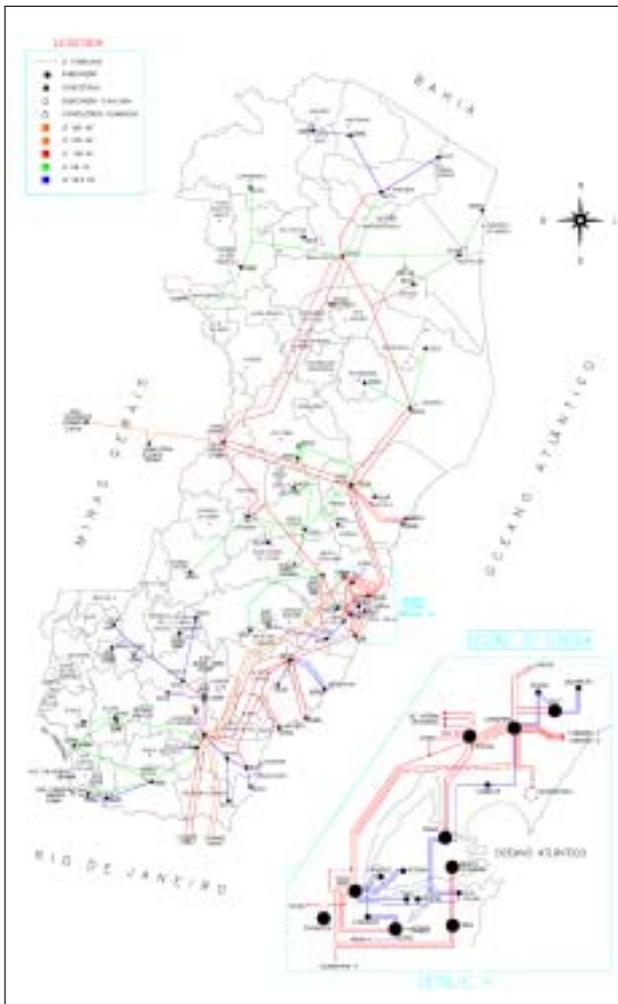


FIGURA 1. Sistema Elétrico do Estado do Espírito Santo

Estão em operação três sistemas especiais de proteção [12] associados ao corredor Adrianópolis–Macaé–Campos–Vitória, em 345kV. Dois desses esquemas comandam a abertura de circuitos para prevenir os efeitos de ferro-ressonância na transformação em Vitória. O terceiro esquema previne sobrecargas nos trechos Adrianópolis–Macaé e Macaé–Campos para a perda simples de um dos circuitos de 345kV, através de uma lógica sequencial envolvendo corte de geração nas usinas termoeletricas na subestação Macaé 345kV, e corte de carga na CERJ e na ESCELSA.

III. SISTEMA DE CONSERVAÇÃO DE CARGAS

Apesar de as características do sistema ESCELSA o tornarem vulnerável às perturbações críticas no SIN, sua situação eletro-geográfica e sua natureza importadora de energia podem ser propícias à adoção de medidas de isolamento com, provavelmente, poucas conseqüências para o sistema externo.

A. Benefícios do Ilhamento

A abertura das linhas de interligação nas subestações Pitanga, Cachoeiro e Mascarenhas são, no cenário atual, suficientes para promover a separação da ESCELSA do

SIN, isolando-a de qualquer processo degradativo originado externamente. Esse processo seria aplicável, por exemplo, durante eventos como os de 11 de Março de 1999 [3], e 21 de Janeiro de 2002 [5], ambos de origem remota para a ESCELSA e que levaram as regiões S, SE e CO ao colapso. O processo de separação controlada em ilhas elétricas apresenta as seguintes características:

- para o sistema interno à ilha: conservação dos consumidores prioritários; continuidade em operação das principais subestações e linhas de transmissão; preservação da reserva girante;
- para o sistema externo à ilha: auxílio ao processo de recomposição fluente; representar o corte de um bloco de carga que pode contribuir para sua recuperação.

O processo de ilhamento pressupõe que ambos os sistemas, interno e externo, sejam capazes de operar de maneira estável quando separados. Instabilidade angular, de tensão e controle podem ocorrer após o ilhamento tornando, portanto, necessária uma análise extremamente criteriosa e exaustiva para assegurar condições de sucesso ao processo de separação.

B. Diretrizes Primárias

Conceitualmente, busca-se que o sistema de conservação de cargas atenda ao seu propósito através do máximo aproveitamento conjunto em **Robustez, Confiabilidade, Segurança e Simplicidade**. Restrições, de natureza prática ou econômica, impõem limites à busca do desempenho extremo nesses itens. Todavia, o melhor compromisso entre a qualidade funcional de um sistema especial de proteção e a viabilidade de sua implantação orientarão seu projeto. Nesse sentido, são propostas as seguintes diretrizes aplicáveis ao sistema ESCELSA:

- preservação de malhas-base em 138kV, mantendo o sistema ESCELSA menos segmentado na subtransmissão, interligando as principais usinas e colaborando com o processo de recomposição;
- redução do número de pontos de seccionamento, resultando em menor investimento nos dispositivos de monitoração e atuação, menor número de canais com comandos de abertura e, conseqüentemente, menor risco de falha na abertura de disjuntores;
- redução do número de topologias possíveis para a ilha, resultando em lógicas de ilhamento com menor complexidade, facilitando os estudos futuros de manutenção e atualização funcionais;
- corte de carga seletivo após a formação da ilha irá garantir a regulação necessária de tensão e freqüência na ilha, além da preservação dos consumidores prioritários.

Esta seleção de cargas para corte após a formação da ilha tem sua limitação por condições de tensão. A forte redução necessária da carga para manter o equilíbrio com

a geração da ilha, leva a uma distribuição ampla de corte que pode ocasionar condições indesejáveis de tensão em alguns pontos, resultando em subtensão em algumas regiões (numerosos pontos de carga) e sobretensão em outras (regiões de carga muito baixa). Em algumas situações este fato limita a seletividade do corte, tornando necessário a definição de um corte de carga que considere também um melhor perfil da tensão.

IV. METODOLOGIA APLICADA

O desenvolvimento de um sistema de conservação de cargas para o sistema ESCELSA seguiu uma metodologia de trabalho orientada para uma análise ampla das condições que envolvem o sistema e a avaliação crítica do seu impacto. As seguintes atividades descrevem tal processo:

- Levantamento de Informações Iniciais;
- Determinação dos Cenários de Operação;
- Definição Inicial (Primária) das Ilhas;
- Identificação das Contingências Críticas do SIN;
- Monitoração dos Impactos;
- Análise do Comportamento das Ilhas;
- Definição Final das Ilhas;
- Análise dos Impactos sobre as Unidades Geradoras Internas à ESCELSA;
- Obtenção de um novo caso em Regime Permanente, com apenas a ilha representada, para estudos de controle de tensão e simulação de contingências internas para verificação de robustez.

As definições Inicial e Final das Ilhas decorrem dos estudos se iniciarem por condições em regime permanente, a partir dos quais efetua-se a análise da topologia, selecionando-se a configuração a ser adotada. Com esta topologia inicial são processados os estudos em regime permanente. Nesta fase dos estudos, a formação de uma única ilha para conservação das cargas da ESCELSA apresentou-se com boas condições operativas.

Na realização dos estudos dinâmicos, nos quais as simulações buscam um colapso do sistema e o conseqüente acionamento do esquema para conservação das cargas, a ilha única não se mostrou estável em algumas situações, o que tornou necessário a definição de uma nova configuração para a ilha, que passou a ser tratada como definitiva.

Resumidamente, o projeto do sistema de conservação de cargas e suas futuras atualizações deverão ser realizados conforme o encadeamento de atividades da Figura 2.

V. ANÁLISE EM REGIME PERMANENTE

A ESCELSA forneceu índices numéricos, segundo critérios técnicos e comerciais da companhia, orientando a priorização do restabelecimento dos consumidores a partir das subestações nas suas três regiões, Grande Vitória, Norte

e Sul. Para o sistema de conservação de cargas, arbitrou-se que as subestações com menor índice de prioridade seriam as candidatas preferenciais ao corte para restabelecer o balanço carga-geração após a separação.

A. Cenários Operativos Considerados

A análise considerou o horizonte de planejamento 2003-2005, nos cenários de Fevereiro e Junho em carga pesada e leve. Foram avaliados cenários alternativos para o ano 2005, com a introdução de usinas termelétricas (UTE) no sistema ESCELSA: UTE Vitória e UTE Norte Capixaba com, respectivamente, 500MW e 250MW de geração nominal.

B. Configuração Preliminar Pós-Ilhamento

A análise do comportamento em regime permanente, considerando um conjunto de 25 cenários, as cargas preferenciais e os pontos de separação com relação ao SIN, apontou a viabilidade de preservação de uma única grande ilha no sistema ESCELSA.



FIGURA 2. Desenvolvimento do Sistema para Conservação de Cargas

Em praticamente todos os cenários analisados, são preservadas as cargas prioritárias alimentadas pelas subestações Bento Ferreira, Praia, Ibes e Vitória, a partir das usinas Mascarenhas, Suiça, Rio Bonito, Rosal e Muniz Freire. As exceções ocorrem quando da necessidade de se equalizar o perfil de tensão e nos cenários de 2005 com a entrada das UTEs, que permitem um considerável aumento do montante de carga preservado.

Sem UTEs, o percentual de corte de carga após a formação da ilha é da ordem de 87%. A presença da UTE Vitória, agregando 500MW ao sistema, propicia um corte médio de 53%. Em todos os casos, é mantida em operação uma porção substancial da estrutura de subtransmissão da ESCELSA, com perfil de tensão satisfatório. Contudo, são apontadas as seguintes observações:

- a preservação do trecho Cachoeiro do Itapemirim-Castelo-Muniz Freire não é uma certeza. A permanência desta região na ilha dependerá do comportamento dinâmico da UHE Muniz Freire;
- o mesmo aplica-se para o extremo oeste, desde Cachoeiro do Itapemirim até a UHE Rosal, cujo desempenho dinâmico tende a ser decisivo;
- espera-se que a entrada em operação das UHEs São João e São Joaquim agregue robustez à região;

- não foram observados efeitos prejudiciais à operação do SIN após a formação da ilha na ESCELSA.
- em condições de carga reduzida é necessário também a abertura de linhas para auxiliar o controle da tensão, sendo para isso escolhidas aquelas com melhor efeito (linhas mais longas), mas que não comprometam significativamente a confiabilidade da ilha.

VI. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DINÂMICO

A partir do banco de dados para simulação de transitórios eletromecânicos do ONS, foram revistas ou inseridas informações que inexistiam para a representação dos reguladores e da proteção dos geradores da ESCELSA, além da proteção de sobretensão e de distância.

A. Contingências Críticas

A investigação do comportamento dinâmico requer a identificação das contingências críticas do SIN capazes de provocar um colapso na área RJ/ES. Há diversas emergências severas no SIN que oferecem risco de colapso à operação da área RJ/ES, principalmente por oscilações eletromecânicas e sobretensões. Contudo, a perda do sistema de 765kV de Itaipu, conjugada ou não à perda do elo de corrente contínua (C.C.), é a mais severa e pode ocorrer tanto por uma falta direta nos seus equipamentos ou por degradação da tensão nas subestações do lado receptor, resultantes de defeitos críticos em outras regiões do SIN. A perda de transmissão em Cachoeira Paulista 500kV também pode levar a área ao colapso. A gravidade da perturbação será amplificada se, conjuntamente à perda de circuitos, houver o desligamento da Usina Termonuclear (UTN) Angra II. Em algumas situações, a saída simples desse turbogerador causa oscilações que podem levar a área RJ/ES e o SIN ao colapso. Considera-se especialmente crítica para a ESCELSA a perda dupla no corredor de 345kV Adrianópolis-Macaé-Campos-Vitória. Nesse caso, registra-se a súbita depressão da tensão na subestação Vitória 138kV. Foram, portanto, selecionados três seqüências de eventos, com natureza e efeitos distintos:

CONTINGÊNCIA 1

- Curto-circuito em Cachoeira Paulista 500kV;
- Subseqüente abertura de dois circuitos de 500kV da SE Cachoeira Paulista;
- Abertura do circuito Cachoeira Paulista-Grajaú (cenários posteriores a junho de 2003);
- Abertura do circuito Ouro Preto-Vitória (cenários posteriores a junho de 2003);
- Cortes de geração na área RJ/ES, em função do cenário, para compor a contingência múltipla.

CONTINGÊNCIA 2

- Curto-circuito em Itaberá 765kV.
- Subseqüente perda do corredor de 765kV.

CONTINGÊNCIA 3

- Curto-circuito em Vitória 345kV.
- Abertura de Campos-Vitória 345kV, c1 e c2;
- Abertura do circuito Ouro Preto-Vitória (cenários posteriores a junho de 2003).

Com exceção da terceira, estas contingências tendem a provocar um colapso no SIN e se manifestam na área RJ/ES com oscilações eletromecânicas, com efeito sobre a tensão, capazes de levar à operação dos relés de sobretensão de linhas e capacitores e queda de freqüência. Estas variações tornam necessária a busca por diferentes tipos de monitoração para se identificar com maior precisão a natureza dos eventos em andamento, indicando ser ou não uma situação para se acionar o esquema de ilhamento da ESCELSA.

A caracterização suficientemente clara destas contingências, através da observação do comportamento de grandezas como tensão e freqüência é obtida através das simulações dinâmicas e demandam um elevado número de casos a serem processados.

Além desta busca, também é necessário a confirmação de que outras contingências, para as quais não haveria necessidade do ilhamento, não resultariam em diagnósticos semelhantes àquelas que efetivamente deflagram o processo na ESCELSA. Esta fase dos estudos é de extrema importância para a segurança da lógica a ser implantada. Considerando o elevado número de combinações de contingências possíveis do SIN, esta busca também exige uma elevada capacidade de processamento. Todavia, esse processo é de fundamental importância para o estabelecimento de parâmetros e valores de variáveis que formam o núcleo da lógica.

B. Restrições à Ilha Única

A análise preliminar em regime permanente, buscou explorar ao máximo os benefícios do ilhamento, mantendo o sistema ESCELSA coeso em uma única ilha. A investigação do comportamento dinâmico, contudo, indicou que tal formação da ilha mostrava-se inviável sob certas circunstâncias: a região de Rosal apresenta tendência para abertura de linhas como conseqüência da operação dos relés de distância, o que leva esta usina a perder sincronismo comprometendo a estabilidade da grande ilha; o mesmo efeito ocorre na região da UHE Muniz Freire. Também mostrou-se inviável manter os subsistemas derivados de Guarapari e Cachoeiro do Itapemirim. Foram, portanto, configurados três subsistemas independentes, na situação pós-ilhamento: Ilha Principal, Ilha Rosal e Ilha Muniz Freire. Na Figura 3 é apresentada a configuração básica para a Ilha Principal, no cenário de Fevereiro de 2003.

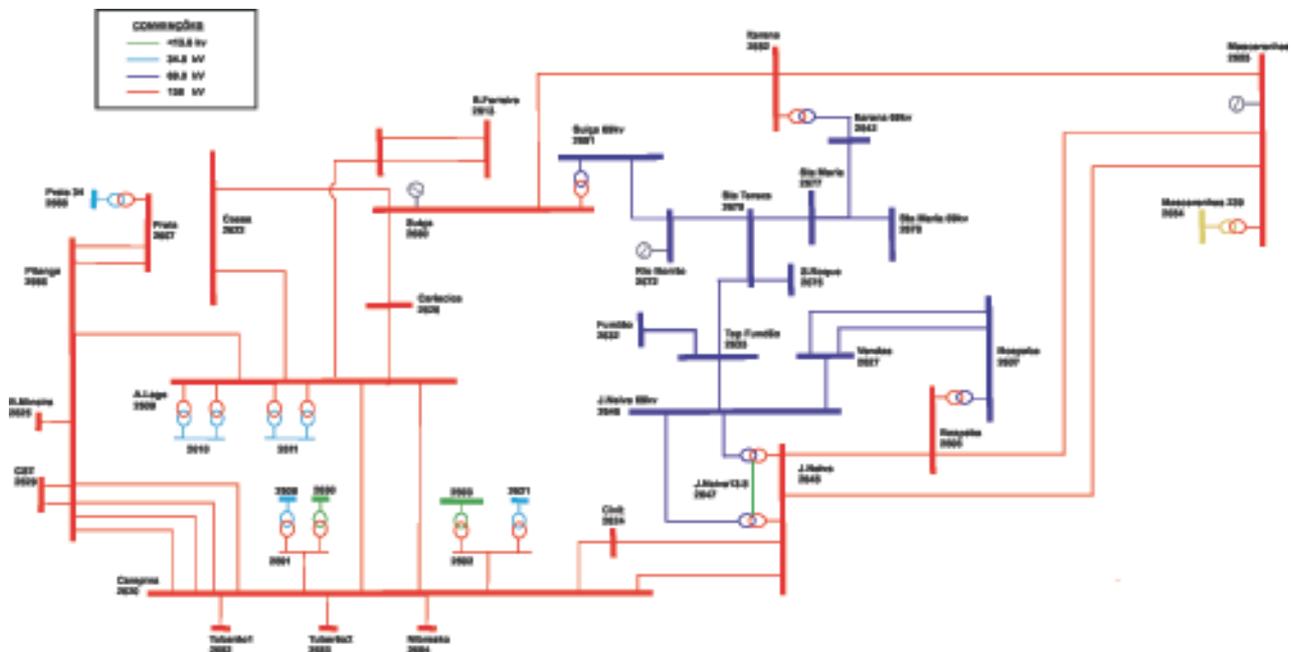


FIGURA 3. Ilha Principal – Fevereiro de 2003

C. Condições para Atuação

Para o ilhamento do sistema ESCELSA, as variáveis de monitoração com maior efetividade são:

- df/dt (taxa de variação da frequência) da UHE Mascarenhas;
- tensão da subestação Pitanga 138kV.

O processo de ilhamento será ativado quando ocorrer uma das condições abaixo:

CONDIÇÃO 1 – ocorrência simultânea de:

- df/dt da usina de Mascarenhas > 2.8 Hz/s
- tensão em Pitanga < 0.80 p.u.
- Mascarenhas;
- tensão da subestação Pitanga 138kV.

O processo de ilhamento será ativado quando ocorrer uma das condições abaixo:

CONDIÇÃO 1 – ocorrência simultânea de:

- df/dt da usina de Mascarenhas > 2.8 Hz/s
- tensão em Pitanga < 0.80 p.u.

CONDIÇÃO 2

- df/dt da usina de Mascarenhas > 4.0 Hz/s

CONDIÇÃO 3

- tensão em Pitanga < 0.80 p.u. por dois ciclos consecutivos crescentes.

D. Simulação do Desempenho

Serão apresentados resultados para o cenário de Fevereiro de 2003 em carga pesada, para a perda dos circuitos 1 e 2 Cachoeira Paulista-Adrianópolis 500kV e da UTN Angra II.

A Figura 4 ilustra os efeitos dessa severa perturbação para a área RJ/ES. Observa-se uma oscilação crescente na tensão conduzindo o sistema para o colapso. A atuação do sistema de conservação de cargas, prevê a monitoração da tensão em Pitanga 138kV e da taxa de variação da frequência (df/dt) na UHE Mascarenhas. Nesse caso, a taxa df/dt atinge o valor de ajuste (2.8Hz/s) no instante $t=5.4s$, habilitando a primeira sinalização para ação do sistema. Pouco depois, no instante $t=5.6s$, a segunda sinalização é obtida, com a tensão em Pitanga 138kV atingindo 0.80p.u.. Há, portanto, informações suficientes (CONDIÇÃO 1) para iniciar o processo de ilhamento e corte de cargas.

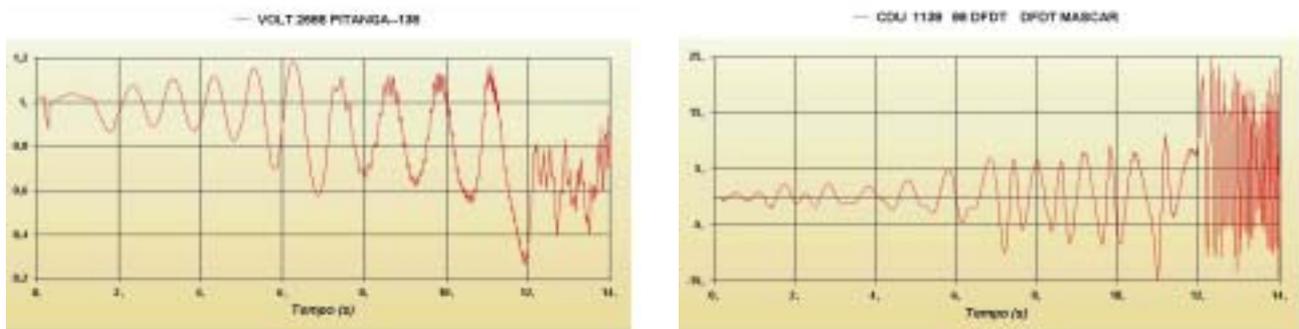


FIGURA 4. Efeito sobre as Tensões em Pitanga 138kV e a Taxa de Variação da Frequência (df/dt) na UHE Mascarenhas

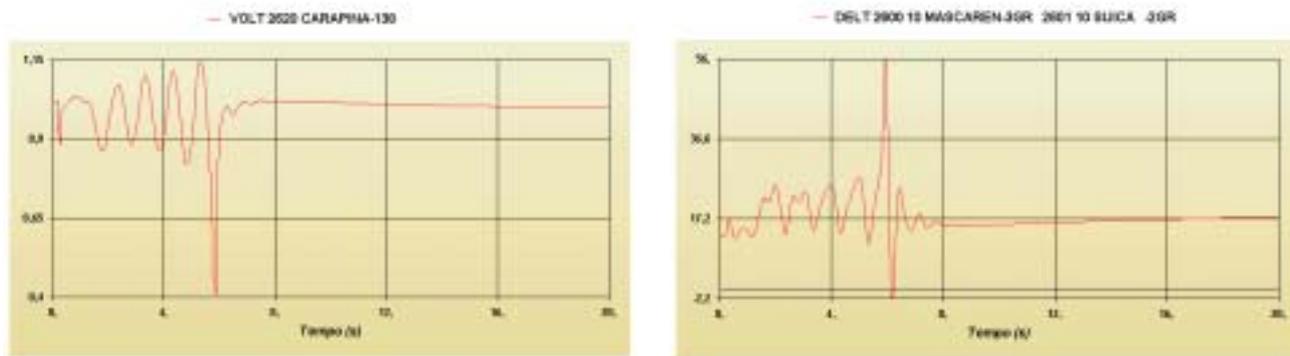


FIGURA 5. Efeito das Ações de Ilhamento e Corte de Cargas

As novas simulações, evidenciando a ação de ilhamento e corte de cargas no sistema ESCELSA, são apresentadas na Figura 5. Considerando a temporização padrão para atuação do sistema, isto é 0.260s, ocorrerá no instante $t=5.86s$ a abertura das interligações da ESCELSA, a subdivisão das três ilhas e o corte de cargas. Pode-se observar que os subsistemas operam de maneira estável. Na Ilha Principal, observa-se a rápida recuperação da tensão em Carapina 138kV e a manutenção do sincronismo entre as UHEs Mascarenhas e Suíça. As ilhas de Muniz Freire e Rosal apresentam desempenho aceitável após o ilhamento, contudo, existem dúvidas sobre a permanência dessas ilhas devido à operação da proteção de distância em algumas das simulações. Neste caso específico, ocorre a abertura da linha Braminex-Alegre, na Ilha Rosal.

O balanço carga-geração nas ilhas passa a ter o perfil descrito na Tabela 1 indicando ser possível, com a ação do sistema de conservação de cargas, preservar 18% da carga da ESCELSA, nas condições simuladas.

TABELA 1

**Balanço Carga-Geração Pós-Ilhamento
Fevereiro 2003, Carga Pesada**

Ilha	Geração (MW)	Carga (MW)
Principal	164.90	158.95
Muniz Freire	23.60	21.90
Rosal	46.90	43.10

Com relação ao controle de tensão pós-ilhamento é importante, na Ilha Principal, efetuar o corte imediato de todos os bancos de capacitores em operação, exceto em Praia (permanecem $2 \times 10.8 \text{MVAR}$) e em Carapina 2 ($2 \times 8.1 \text{MVAR}$). São ainda desligados os circuitos Carapina-Pitanga (2x), João Neiva-Bragussa T-Arcel, Bragussa T-Bragussa e João Neiva-Linhares, Linhares-Jaguaré Tap-Nova Venécia, Nova Venécia-São Gabriel-Mascarenhas.

Constatou-se, ainda, que o desempenho da frequência na Ilha Principal sofre forte influência do controle de tensão. A inclusão de apenas um banco de capacitores (8.1MVAR) afeta a resposta da frequência, em razão da elevação da tensão e seu efeito sobre a carga do sistema de pequeno porte no qual consiste a ilha. Esse fato ressalta a importância da elaboração de uma programação específica na lógica do sistema de conservação de cargas.

VII. PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO

Com o desenvolvimento da tecnologia digital aplicada aos sistemas de potência, tornou-se viável a implantação de redes de controle e supervisão utilizando Controladores Lógicos Programáveis – CLP, capazes de executar funções ou lógicas pré-determinadas. Quando associadas a equipamentos de teleproteção, a saída destas lógicas podem comandar remotamente a abertura e fechamento de disjuntores, efetuar a troca de tapes em transformadores e mudar o ponto de operação de uma usina dentro de padrões bastante confiáveis.

A. Sumário das Lógicas

Propõe-se, com base na análise apresentada, que seja considerada a implantação do sistema de conservação de cargas através de um CLP, instalado no Centro de Operações da ESCELSA, na SE Carapina, com a funcionalidade ilustrada na Figura 6 e descrita a seguir:

- a partir da tensão da SE Carapina, que o CLP transforma em uma função df/dt , e do sinal remoto de tensão V_{RMS} proveniente da SE Pitanga, uma lógica indicadora de ilhamento verifica (atualização em 5ms) a ocorrência de ao menos uma das três condições (seção VI) que determinam a necessidade de ilhamento, a partir da qual é enviada a Ordem de Execução 1 para a lógica de Programação de Ilhamento e Corte de Carga (f1).
- a lógica de Programação de Ilhamento e Corte de Carga calcula o balanço carga-geração (atualização em 5s) baseado nas informações de potência gerada pelas UHEs de Mascarenhas, Suíça, Rio Bonito, Muniz Freire e Rosal e emitirá telecomandos para separação do sistema ESCELSA em ilhas pré-definidas, desligamento de bancos de capacitores, corte de carga para as SEs que participam desse sistema especial de proteção e, quando necessário, desligamento de linhas para controle de tensão.
- a partir dos sinais relativos à atuação da proteção nas SEs Vitória e Campos, será gerada uma Ordem de Execução 2 para acionar a lógica de Programação de Corte de Carga (f2).
- a lógica de Programação de Corte de Carga calcula o balanço carga-geração (atualização em 5s) baseado nas informações de potência gerada pelas UHEs de Mascarenhas, Suíça, Rio Bonito, Muniz Freire e Rosale emitirá telecomandos para desligamento de bancos de capacitores e corte de carga nas SEs que participam desse sistema especial de proteção.

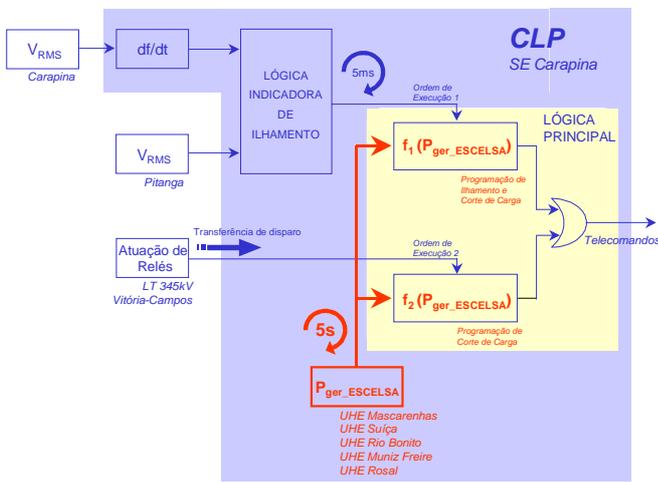


FIGURA 6. Funcionalidades do CLP em Carapina

VIII. OPERAÇÃO PÓS ILHAMENTO

Após a formação da ilha, o controle de frequência passa a ser realizado pela usina de Mascarenhas, com controle manual da excitação das máquinas que deverão estar, preferencialmente, operando em *joint-control*. O Centro de Operação do Sistema deve estabelecer as regras para a atuação do operador quando da operação isolada, incluindo o máximo desvio da frequência a partir do qual se atua na geração, tendo-se ainda em mente a necessidade de preservação de uma pequena folga na geração para correção de pequenos impactos.

Caso ocorra crescimento da carga e não se disponha de geração suficiente para este atendimento, o Centro de Operação do Sistema deve considerar a possibilidade de um novo corte de carga, de forma a se manter as condições mínimas para controle da frequência. Espera-se, contudo que tal evento venha a ocorrer apenas em situações extremamente severas do SIN, com demora na normalização da conexão da ESCELSA com o restante do sistema.

O controle da tensão passa a ser feito também por operação manual dos reguladores de tensão das usinas sob coordenação do Centro de Operação da Escelsa e da manipulação manual de bancos de capacitores. A operação dos tapes dos transformadores pode ser mantida em automático ou passada para manual. Para melhor eficiência do controle da ilha e verificação da melhor forma de se operar estes recursos, devem ser simulados casos em regime permanente, com a ilha isolada do sistema interligado.

Para a normalização da ESCELSA com o restante do sistema interligado, devem ser avaliadas as condições de fechamento do paralelo, onde o sincronismo do sistema deve ser feito sem levar a ilha ao colapso, por solicitação de geração às suas máquinas em montante não suportável pelas mesmas ou por oscilação. Também deve ser avaliado o fluxo de potência reativa na interligação da ilha com o sistema. Este tipo de estudo normalmente envolve a participação do ONS, que deve considerar também as condições suficientes para esta normalização.

IX. CONCLUSÕES

A concepção básica do sistema de conservação de cargas envolve a introdução de um Controlador Lógico Programável com funcionalidade específica, no qual seria processada a identificação da necessidade de ilhamento do sistema ESCELSA e a programação das ações de ilhamento e ajuste do balanço carga-geração e da tensão.

O desenvolvimento das configurações operacionalmente viáveis a serem formadas no sistema ESCELSA após sua separação do SIN, envolveu um número elevado de simulações na busca de ajustes apropriados de tensão e frequência a partir de medidas corretivas como corte de cargas, desligamento de bancos de capacitores e abertura de circuitos. Foram descritos três subsistemas, ou ilhas, simultaneamente viáveis: Ilha Principal, Ilha Muniz Freire e Ilha Rosal. Identificou-se como essencial o aprimoramento do processo de controle de tensão através das medidas corretivas relacionadas, pois os desvios de frequência são amplificados pelo efeito da tensão sobre o consumo das cargas. Foi observado que o evento de perda dos circuitos de 345kV, incluindo a LT futura Ouro Preto-Vitória, pode ser tratado, sob a ótica da ESCELSA, através do corte de cargas programado no âmbito do sistema especial de proteção sem, contudo, implicar na separação com relação ao SIN.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C.W. Taylor, D.C. Erickson, "Recording and Analyzing the July 2 Cascading Outage", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 9, No. 3, Jul. 1996.
- [2] Western Systems Coordinating Council, "Disturbance Report for the Power System Outage that Occurred on the Western Interconnection – August 10 1996", Oct. 1996.
- [3] Grupo Coordenador para Operação Interligada, "Análise da Perturbação do Dia 11/03/99 às 22h16min".
- [4] National Electricity Market Management Company, "Review of Power System Separation and Electricity Supply Interruption – 15 January 2001", Version no. 1.1, Sep. 2001.
- [5] ONS, "Relatório Consolidado da Ocorrência do Dia 21/01/2002, às 13h34min", Nota Técnica NT 011/2002.
- [6] E.K. Nielsen, M.E. Coulters, D.L. Gold, J.R. Taylor, P.J. Traynor, "An Operations View of Special Protection Systems", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, No. 3, Aug. 1988.
- [7] P.M. Anderson, B.K. LeReverend, "Industry Experience with Special Protection Schemes – IEEE/CIGRÉ Committee Report", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 3, Aug. 1996.
- [8] CIGRÉ TF 38.02.19, "System Protection Schemes in Power Networks", Final Draft, V5.0, Jul. 2000.
- [9] X. Vieira Filho, L.A.S. Pilotto, N. Martins, A.R.C. Carvalho, A. Bianco, "Brazilian Defense Plan Against Extreme Contingencies", Panel Session on Recent Experience with Emergency Stability Controls, IEEE PES 2001 Summer Meeting, Vancouver, Jul. 2001.
- [10] G. Trudel, S. Bernard, G. Scott, "Hydro-Québec's Defense Plan Against Extreme Contingencies", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 14, No. 3, Aug. 1999.
- [11] GRN INSIX-1006, "Piani di Difesa del Sistema Elettrico", Pubblicazione INSIX-1006, Rev. 00, Maggio, 2000.
- [12] ONS, "Banco de Dados de Sistemas Especiais de Proteção", Relatório DPP/GPE-073/2000.