



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

Versão 1.0  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

## **GRUPO -IX**

### **GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP**

#### **CONSIDERAÇÃO DA GERAÇÃO VERIFICADA NO TEMPO REAL NA AVALIAÇÃO DE SUPERAÇÃO DE DISJUNTORES POR CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO USANDO O MODELO COMPUTACIONAL SAPRE-ANAFAS INTEGRADO AO SAGE**

**Ricardo Penido D. Ross (\*)**

**Luiz Antonio Cordeiro Pereira  
CEPEL**

**Antonio Carlos C. de Carvalho  
ONS**

## **RESUMO**

A superação de equipamentos devido ao acelerado crescimento dos níveis de curto-circuito da rede tem sido um fato relevante para o Sistema Interligado Nacional (SIN). Nos últimos três anos o número de equipamentos identificados como superados e autorizados para substituição pela ANEEL é elevado, o que vem causando problemas de equacionamento de sua respectiva substituição. O tempo geralmente envolvido com todo o processo de identificação, autorização, engenharia, aquisição e instalação dos equipamentos substituídos pode, muitas vezes, ser superior ao prazo necessário. Em alguns casos, é necessário que o ONS adote medidas operativas para mitigar a superação, até que a substituição seja de fato implementada.

Os cálculos de curto-circuito são ferramentas valiosas no processo de identificação da superação e atualmente são realizados a partir de base de dados que considera a rede completa, isto é, todas as unidades geradoras, linhas de transmissão e transformadores do sistema em operação. Embora se tenha certeza que os resultados obtidos pelo método atual apontem no sentido da maximização dos níveis de curto-circuito, pretende-se ir um passo além: avaliar as correntes de falta que podem ocorrer considerando-se as configurações da rede e de despacho das unidades geradoras coerentes com os pontos de operação verificados. Acredita-se que os níveis de curto-circuito obtidos através da análise de muitos casos, de diferentes meses do ano e em diferentes condições de carga trarão informações adicionais importantes para a definição das citadas medidas operativas.

Desta forma, este artigo propõe o desenvolvimento de ferramenta computacional que permita analisar e quantificar os níveis de curto-circuito do SIN a partir da topologia verificada no ambiente de operação, na qual somente as unidades geradoras sincronizadas e os elementos de transmissão de fato em operação são considerados. Para que seja possível realizar as análises pretendidas, foi identificada a necessidade de atualização da interface entre os programas computacionais SAGE, que efetua o processamento de Supervisão em ambiente de tempo real do ONS, e SAPRE-ANAFAS, com o qual se realiza as análises de curto-circuito da rede.

Este artigo apresenta, com fins unicamente ilustrativos, uma comparação de resultados de curto-circuito obtidos considerando a rede completa e a rede verificada em um determinado dia de janeiro de 2009.

## **PALAVRAS-CHAVE**

curto-circuito, tempo real, superação, SAGE

## 1.0 - INTRODUÇÃO

A acelerada expansão do Sistema Interligado Nacional (SIN) verificada nos últimos 10 anos tem, em grande medida, causado a superação das capacidades nominais de equipamentos da rede. Este fato vem despertando a atenção dos Agentes de transmissão, distribuição e geração, assim como do ONS e da ANEEL. Como decorrência, em 2005 foi emitida pela ANEEL a Resolução Normativa (REN) nº 158/2005, que definiu reforços e melhorias para a rede básica e DIT – Demais Instalações de Transmissão e estabeleceu as regras para sua implementação, assim como condições para o ressarcimento dos respectivos investimentos decorrentes de sua implantação. A responsabilidade pela identificação da superação ficou a cargo dos Agentes detentores dos ativos, sua homologação a cargo do ONS, que as encaminha a ANEEL para devida autorização.

As análises de superação, realizadas com periodicidade anual, têm apontado uma grande quantidade de equipamentos superados, sendo que a maior parte dos casos ocorre pela superação das capacidades nominais de curto-circuito. Para uma melhor visualização desta tendência, um resumo do resultado dos últimos três ciclos de análise da superação, coordenados pelo ONS, é apresentado no item 2 deste artigo.

Embora as análises de superação sejam realizadas com a devida antecedência, já que consideram o horizonte de 3 anos do Plano de Ampliações e Reforços (PAR), observa-se que o processo de substituição de equipamentos superados do SIN é bastante longo. Entre a identificação da superação e a efetiva substituição do respectivo equipamento podem transcorrer até 5 anos. Esta situação pode levar à necessidade de implantação de medidas operativas que mitiguem provisoriamente a superação das instalações, permitindo que o sistema seja operado com o adequado nível de segurança.

Como informação adicional para o processo de decisão sobre a eventual adoção de medidas operativas devido à superação, vislumbra-se a avaliação dos níveis de curto-circuito para topologias reais do SIN verificadas na operação do sistema.

Para que esta avaliação possa ser realizada, torna-se necessária a atualização da interface entre as plataformas SAPRE e SAGE/EMS, ambas de propriedade do CEPEL. A primeira consiste em um ambiente integrado para análise de fluxo de potência e curto-circuito e a segunda no módulo de estudo do sistema aberto de gerenciamento de energia que atua nos centros de controle do sistema elétrico. Esta atualização está prevista para ser realizada durante o ano de 2009 de forma que, no mês de novembro, quando da ocorrência do XX SNPTEE, acredita-se que a mesma esteja concluída. O item 3 deste artigo apresenta algumas observações importantes quanto ao que se pode obter deste desenvolvimento computacional.

Para ilustrar a potencialidade do procedimento de cálculo de curto-circuito considerando algumas configurações oriundas dos centros de controle, são apresentados no item 4 deste artigo alguns exemplos, que foram feitos de forma “não automática”.

## 2.0 - RESULTADOS DOS CICLOS DE ANÁLISE DE SUPERAÇÃO

Para fazer face à demanda regulatória da ANEEL no que tange à superação de equipamentos, o ONS juntamente com os Agentes criou o Grupo de Trabalho de Análise de Superação de Equipamentos (GT-AS). Este GT tem por objetivo realizar de forma coordenada a análise e indicação da superação equipamentos e instalações da rede básica, DIT e instalações dos Agentes de geração. O GT-AS está integrado aos processos do Plano de Ampliações e Reforços – PAR, conforme definido nos Procedimentos de Rede (1). É coordenado pelo ONS e tem a participação de Agentes de transmissão, geração e distribuição com problemas de superação nas instalações sob sua responsabilidade.

A análise de superação de equipamentos segue os critérios e processos estabelecidos entre o ONS e os Agentes do setor elétrico, critérios esses descritos em (2) e sumarizados na Tabela 1. Estas análises, uma vez consolidadas pelo GT-AS, são homologadas pelo ONS e encaminhadas à ANEEL através do PMIS – Plano de Modernização das Instalações de Interesse Sistêmico.

Tabela 1 – Critérios adotados para análise de superação de equipamentos de alta tensão

	<b>Critério</b>	<b>Disjuntor</b>	<b>Secionador</b>	<b>TC</b>	<b>Bobina de bloqueio</b>
1	Corrente de curto-circuito nominal	X	X	X	X
2	Crista da corrente de curto-circuito	X	X	X	X
3	Corrente nominal	X	X	X	X
4	Constante de tempo (X/R)	X		X	
5	TRT	X			

A análise de superação de equipamentos, da forma definida na REN nº 158/2005, encontra-se em seu quarto ciclo anual. Substantial volume de indicações de substituição de equipamentos superados foi identificado pelo GT-AS e encaminhado à ANEEL para autorização, cujo resumo para rede básica encontra-se na Tabela 2. Destes

resultados, grande parcela se deve à superação por corrente de curto-circuito simétrica. No ciclo 2007-2009, 55 % dos equipamentos superados enquadram-se neste critério. Nos ciclos seguintes, este percentual ficou em 37 % (2008-2010) e 51 % (2009-2011). Estes resultados confirmam a relevância que a condição de curto-circuito representa para o sistema em termos de solicitação de equipamentos e instalações.

Tabela 2 – Resumo das indicações de superação de equipamentos da rede básica referentes aos ciclos de análise vinculados ao PAR 2007-2009, PAR 2008-2010 e PAR 2009-2011

Nível de tensão (kV)	Disjuntores			Secionadoras			TCs			Bobinas de Bloqueio		
	2007 - 2009	2008 - 2010	2009 - 2011	2007 - 2009	2008 - 2010	2009 - 2011	2007 - 2009	2008 - 2010	2009 - 2011	2007 - 2009	2008 - 2010	2009 - 2011
230	37	0	20	9	0	33	99	21	36	18	0	6
345	80	2	0	239	19	3	168	27	24	39	8	3
440	3	0	7	21	0	0	6	0	62	4	0	0
500	0	0	4	0	0	6	0	0	12	0	0	12
TOTAL	120	2	31	269	19	42	273	48	134	61	8	21

## 2.1 Situação global do estado de utilização dos equipamentos da rede básica em termos de corrente nominal de curto-circuito

A incidência de casos de superação por curto-circuito apresentada no item 2 remete à questão de como estará de forma global o grau de solicitação de equipamentos e instalações da rede básica em termos da capacidade de curto-circuito das mesmas. Esta é uma informação de difícil obtenção, devido ao elevado grau de detalhe sobre dados de equipamentos e instalações de um grande número de agentes envolvidos. Entretanto, uma estimativa pode ser obtida partindo-se das capacidades de interrupção de corrente de curto-circuito simétricas dos disjuntores da rede básica, pois este dado encontra-se disponível para as barras de interesse da presente análise. Como o projeto de instalações de alta tensão são geralmente realizados de forma a coordenar as capacidades nominais de seus equipamentos e instalações, assumir a capacidade de interrupção dos disjuntores de uma subestação como a sendo a capacidade dos demais equipamentos é uma aproximação razoável para o tipo de análise que se propõe.

A análise proposta foi realizada considerando-se as 469 principais subestações da rede básica. O resultado é apresentado na Figura 1 para o horizonte de dezembro de 2010 e considerando-se curto-circuito franco no barramento da subestação. Nesta figura, é apresentado o histograma do número de subestações versus a condição atual da superação da subestação, expressa pela relação ICC/ICCS<sup>1</sup>. Além disso, também contém a curva de frequência acumulada de ICC/ICCS para as subestações consideradas.

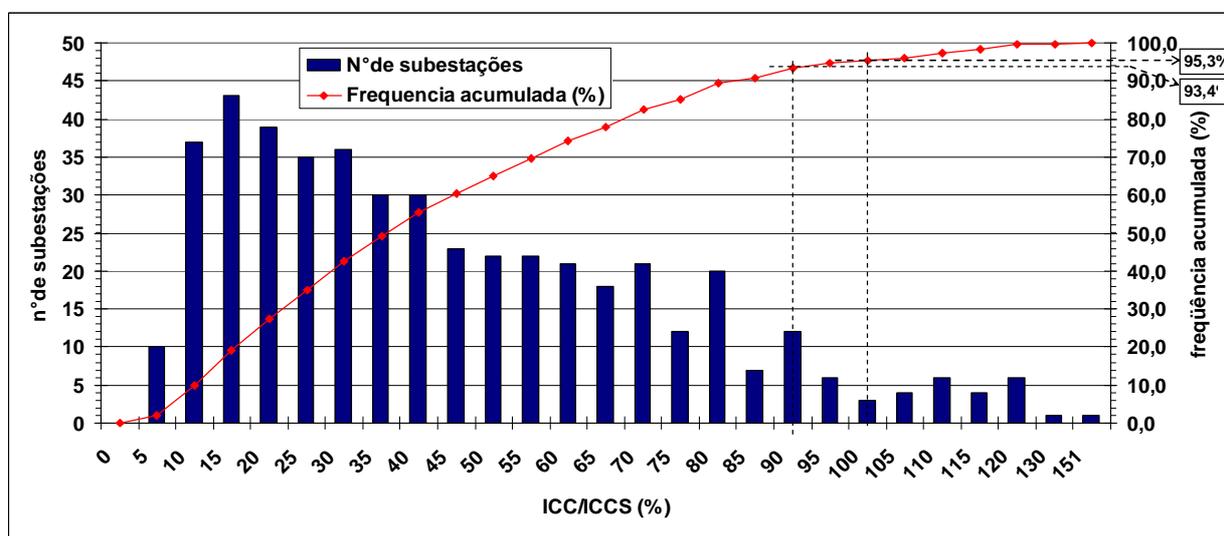


Figura 1 - Histograma da capacidade de interrupção percentual dos disjuntores da rede básica

Na Figura 1 observa-se que existe um volume 4,7% de subestações com problemas de superação no horizonte 2010, ou seja, barramentos cuja corrente de curto-circuito é superior a 100% da capacidade nominal de interrupção de seus disjuntores. A incidência de disjuntores que se situam na denominada zona de alerta (ICC/ICCS  $\geq$  90%) é de 6,6% do universo de subestações consideradas. Embora estes percentuais sejam relativamente baixos, o

<sup>1</sup> ICC é corrente máxima de curto-circuito verificada para a subestação; e ICSS é a capacidade de interrupção nominal do disjuntor de menor capacidade de interrupção presente na subestação.

número absoluto de disjuntores e, conseqüentemente, dos demais equipamentos presentes na subestação, é elevado, devido ao número de módulos de manobra existentes em cada uma das subestações com problemas de separação.

Se considerarmos o nível de ICC/ICCS = 75% que, de acordo com os critérios de análise de superação (2) é valor para o qual se deve realizar as análises detalhadas de disjuntores, a incidência de subestações acima deste nível é de aproximadamente 15%. Isto corresponde a 70 barras da rede básica, o que é uma indicação de que aproximadamente ¼ da rede de transmissão brasileira está evoluindo para uma situação de elevado fator de solicitação de seus equipamentos devido a curto-circuito.

É importante registrar, porém, que essas análises baseiam-se em cálculo de curto-circuito para a situação de rede completa, considerando-se todas as unidades geradoras do SIN sincronizadas e todas as linhas de transmissão e transformadores em operação. A situação no ambiente de operação do sistema é tendencialmente menos grave, pois, na realidade, dificilmente a rede opera na condição completa. A determinação dos níveis de curto-circuito para topologias do SIN verificadas no tempo real demandam o desenvolvimento de ferramenta para este fim, que é abordada no item 3, a seguir.

### 3.0 - DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO PARA TOPOLOGIAS DO SIN VERIFICADAS NA OPERAÇÃO

O CEPEL vem desenvolvendo desde a década de 1980 o programa ANAFAS (Análise de Falhas Simultâneas) que é empregado por entidades do setor elétrico para realização de estudos de curto-circuito. Este programa vem sendo continuamente aperfeiçoado de maneira a permitir simulações de novos tipos de equipamentos que vem surgindo no SIN (3), bem como a incorporação de novas técnicas computacionais e novos tipos de estudos necessários ao planejamento e a operação do sistema elétrico.

Outro programa do CEPEL que vem ganhando importância é a plataforma SAPRE, que permite a simulação de curto-circuito e fluxo de potência, com as mesmas técnicas de solução dos programas ANAFAS e ANAREDE, num mesmo ambiente computacional. Está previsto para o ano de 2009 uma atualização da interface entre o SAPRE e a plataforma SAGE/EMS (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia), desenvolvida pelo CEPEL, que provê a análise de redes em ambiente de tempo real a partir dos grandes centros de operação e controle do sistema elétrico.

#### 3.1 Atualização da Interface SAPRE-SAGE

A atualização da interface entre as plataformas SAPRE e SAGE/EMS atende vários objetivos. No âmbito deste artigo será, ressaltada a possibilidade de calcular curtos-circuitos utilizando a configuração de rede obtida dos centros de controle. Desta forma, será possível o processamento do curto-circuito nas barras do SIN considerando-se somente as unidades geradoras despachadas e as linhas de transmissão em operação no sistema, de forma que o cálculo das correntes resultantes reflita um específico ponto de operação da rede. É importante enfatizar que este tipo de simulação está prevista para ser realizada em ambiente de estudos e não em tempo real.

Atualmente são gravados no Centro Nacional de Operação do Sistema (CNOS) arquivos contendo dados de fluxo de potência, em formato compatível com os programas ANAREDE e SAPRE do CEPEL. A periodicidade da gravação dos arquivos contendo o configuração da rede, que é configurável, é atualmente da ordem de vinte minutos. Portanto, pode-se obter, no ambiente de estudos e análises, configurações da rede correspondentes ao ponto de operação a cada 20 minutos, ou seja, 72 configurações por dia.

A disponibilização desta massa de dados oriunda do CNOS é de grande importância para o estudo de curto-circuito com vistas a verificação da superação de disjuntores, seccionadoras, transformadores de corrente e outros equipamentos. A base de dados do Sistema de Supervisão em Tempo Real, do CNOS, é carregada a partir das informações contidas na Base de Dados Técnica do ONS (BDT). Cabe ressaltar que algumas adaptações precisarão ser realizadas nesta última de forma a se ter disponíveis:

- Os dados relativos às reatâncias subtransitória e transitória das unidades geradoras. Indispensável para o cálculo de curtos-circuitos.
- Os dados relativos aos parâmetros de sequencia zero da rede configurada no ambiente de tempo real. Indispensável para o cálculo de curtos-circuitos envolvendo a terra.

#### 3.2 Estudos de Superação de Disjuntores

Os programas ANAFAS e SAPRE/ANAFAS, para cálculo de curtos-circuitos, dispõem de uma opção para análise automática de superação de disjuntores e outros equipamentos, por corrente de curto-circuito.

Este tipo de estudo requer o conhecimento da capacidade de interrupção nominal de curto-circuito simétrica dos disjuntores do sistema, e pode ser feito para cada terminal de equipamento.

Como a quantidade de disjuntores analisados pode ser bastante significativa, numa primeira etapa é feita uma triagem, comparando a corrente de curto-circuito trifásica e monofásica total de cada barramento com a capacidade de interrupção de seu disjuntor de menor capacidade de interrupção. Teoricamente, a maior corrente de falta que

pode passar por um disjuntor conectado a um barramento é igual ou ligeiramente inferior ao nível de curto-circuito total no barramento, dependendo do tipo de configuração. Portanto, caso a corrente de curto-circuito total do barramento seja inferior à capacidade de interrupção do disjuntor de menor capacidade de interrupção, pode-se concluir que nenhuma condição de falta irá superar os disjuntores do barramento.

Por outro lado, se a corrente total for superior à capacidade de interrupção do disjuntor de menor capacidade de interrupção, a princípio não se pode afirmar nada quanto à superação dos equipamentos, pois é necessário avaliar como as correntes de falta se distribuem pelos circuitos. É executada então uma segunda etapa onde, para cada terminal de circuito, são simuladas três condições de falta com curto trifásico e três condições de falta com curto monofásico.

Na primeira condição, mostrada na, Figura 2 o disjuntor é submetido à corrente que flui pelo circuito, que, em geral, é substancialmente menor que o nível de curto total. Na segunda condição, mostrada na Figura 3, a corrente que passa pelo disjuntor equivale ao nível de curto-circuito total subtraído da corrente do circuito. Na terceira condição, apresentada na Figura 4, válida apenas para circuitos de tipo série, como linhas de transmissão e transformadores, o terminal remoto abre antes que o terminal local, e o disjuntor precisa interromper toda a corrente de curto do barramento nesta nova configuração. Se o sistema for bastante malhado ou se houver um número significativo de circuitos paralelos ao que se está avaliando, o nível de curto total do barramento com uma linha aberta não será muito diferente do nível original, com a linha em operação. Portanto, o disjuntor será submetido a uma corrente bastante próxima ao curto-circuito total do barramento verificado na configuração original.

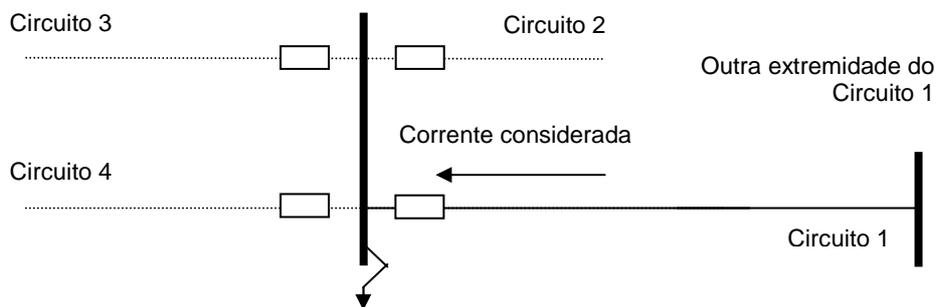


Figura 2 - Aplicação de falta no barramento e monitoração das correntes nos disjuntores

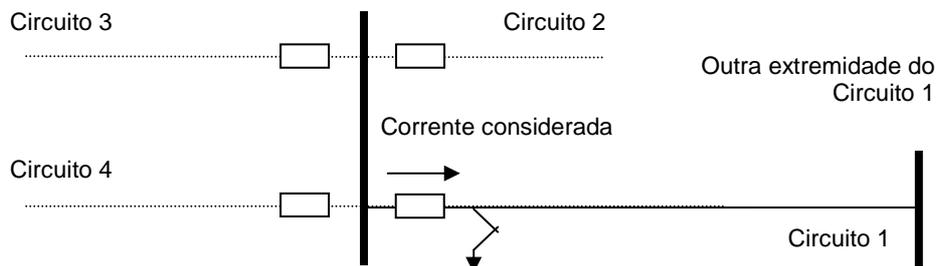


Figura 3- Aplicação de falta nas saídas de linhas e monitoração das correntes nos disjuntores

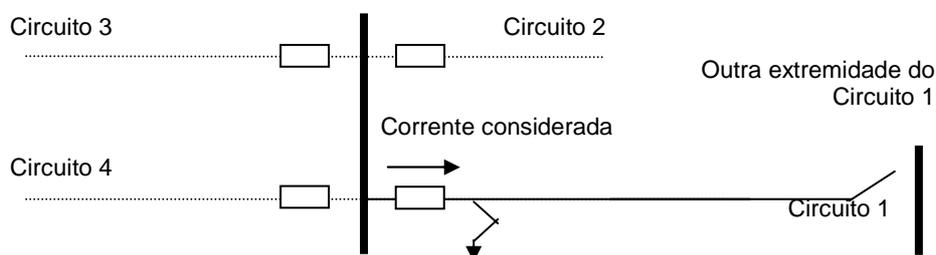


Figura 4 - Aplicação falta nas saídas de linhas c/ o terminal remoto aberto e monitoração das correntes nos disjuntores

Para a maioria dos circuitos série, a terceira condição normalmente é a mais severa. Para os circuitos conectados em derivação, como reatores e capacitores de barra, geradores etc, a condição mais severa costuma ser a

segunda.

O programa ANAFAS informa, para cada terminal de circuito, a maior corrente de contribuição trifásica e a maior monofásica e verifica se há superação da capacidade de interrupção simétrica do terminal. Outros dados também são informados, como, por exemplo, a relação X/R do barramento.

Alguns arranjos de subestações, como anel e disjuntor-e-meio, podem apresentar dois disjuntores em cada terminal de circuito. Mesmo nestes arranjos, cada disjuntor precisa ser capaz de interromper a corrente de curto quando o outro se encontra em manutenção. Nestas situações, é necessário informar o menor valor de capacidade de interrupção entre cada dois disjuntores vizinhos.

#### 4.0 - RESULTADOS PRELIMINARES DA AVALIAÇÃO DA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO PARA TOPOLOGIAS DE OPERAÇÃO VERIFICADAS NO SIN

De forma a se avaliar alguns resultados que poderão ser obtidos através da atualização da interface SAPRE/ANAFAS e SAGE/EMS, quando a mesma estiver finalizada, foi feita uma análise comparativa de resultados de níveis de curto-circuito, considerando:

- Todas as unidades geradoras do sistema despachadas simultaneamente, bem como a presença de todas as linhas de transmissão. A configuração escolhida foi a de dezembro de 2008 que está disponível para "download" a partir do sítio do ONS.
- Configurações da rede relativas a quinta-feira 15/01/2009 nos horários 11:29hs, 20:20hs e 00:43hs. Os horários foram selecionados de forma a refletirem configurações nas cargas média, pesada e leve.

Embora a ferramenta que permitirá a avaliação do curto-circuito para topologias do SIN obtidas a partir do ambiente de operação (interface SAPRE-SAGE) ainda se encontre em desenvolvimento, exemplos de sua aplicação são a seguir apresentados. Estes exemplos foram obtidos pelo processamento de arquivos no formato ANAREDE, gerados pelo SAGE, contendo a configuração da rede para um determinado dia e hora, incluindo as unidades geradoras despachadas.

##### 4.1 Resultados obtidos a partir de topologias verificadas no tempo real

É importante ressaltar que as três configurações foram obtidas através de arquivos no formato *pwf*, compatíveis com os programas ANAREDE e SAPRE, disponibilizados pelo ONS. Foi necessária a introdução das reatâncias subtransitórias de todas as unidades geradoras presentes na rede. Para tanto foi realizado um processo que contou com algumas etapas manuais e outras semi-automáticas.

Devido a não disponibilização dos dados da seqüência zero da rede nos arquivos enviados, não foram simulados curtos-circuitos envolvendo a terra. Portanto, as análises realizadas trataram apenas dos curtos-circuitos trifásicos.

Foram escolhidas oito subestações consideradas críticas quanto à superação de equipamentos por capacidade de curto-circuito simétrica. No programa SAPRE/ANAFAS, foi utilizada a opção de "Estudos para Superação de Disjuntores" que realiza a análise mostrada no item 3. Por simplificação, considerou-se que todos os disjuntores conectados ao barramento de cada uma das subestações têm a mesma capacidade de interrupção correspondente à do disjuntor de menor capacidade de interrupção.

##### 4.2 Comparação dos resultados obtidos para as topologias do tempo real e as topologias de planejamento da operação

A variação diária da carga e, conseqüentemente, da geração, embora não seja uma medida precisa da geração sincronizada, oferecem um bom panorama das variações esperadas. A Figura 5 apresenta a variação da carga durante 12 meses, neles incluídos o mês de outubro de 2008, onde ocorreu a máxima demanda já verificada no SIN. A diferença entre a carga deste mês e a verificada em dezembro, correspondente ao mínimo do período verificado, é da ordem de 4000 MW, o que é bastante representativo. Desta forma, é de se esperar que a geração efetivamente sincronizada também sofra variações importantes durante o ano, o que tem direta influência com os níveis de curto-circuito da rede.

Para melhor exemplificar esta influência, foram escolhidas arbitrariamente topologias do SIN geradas pelo SAGE, no formato de arquivos ANAREDE, para três diferentes horários do dia 15/01/2009. Estes arquivos foram editados, de forma a se incluir os parâmetros X''d dos geradores efetivamente sincronizados. Os mesmos foram lidos pelo programa SAPRE e com eles calculou-se os curtos-circuitos trifásicos para 7 subestações da rede básica situadas em diferentes pontos do sistema e com problemas de superação ou na eminência de se tornarem superadas por curto-circuito. Os valores de curto-circuito calculados a partir dos arquivos do tempo real foram então comparados com o curto-circuito da base de dados do ANAFAS para a configuração completa de rede para o horizonte dezembro/2008. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 6. Estes resultados ressaltam a diferença a menor dos valores de curto-circuito para a maioria dos casos de tempo real considerados. A redução observada nos casos e subestações selecionadas pode chegar a 40% da corrente esperada para situação de rede completa, como no caso da SE 230 kV Camaçari 2, para o horário das 11:29. Já a semi-barr b2 da SE 345 kV Guarulhos, não apresentou nenhuma redução em relação ao caso de curto-circuito para rede completa.

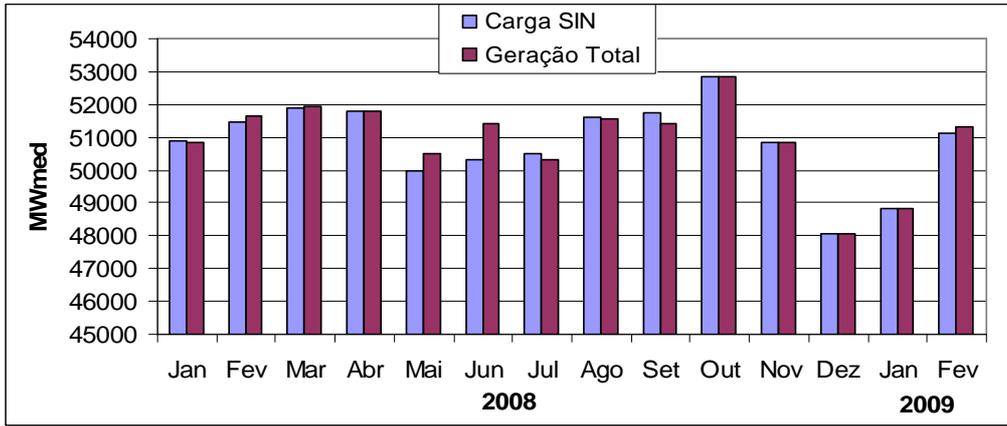
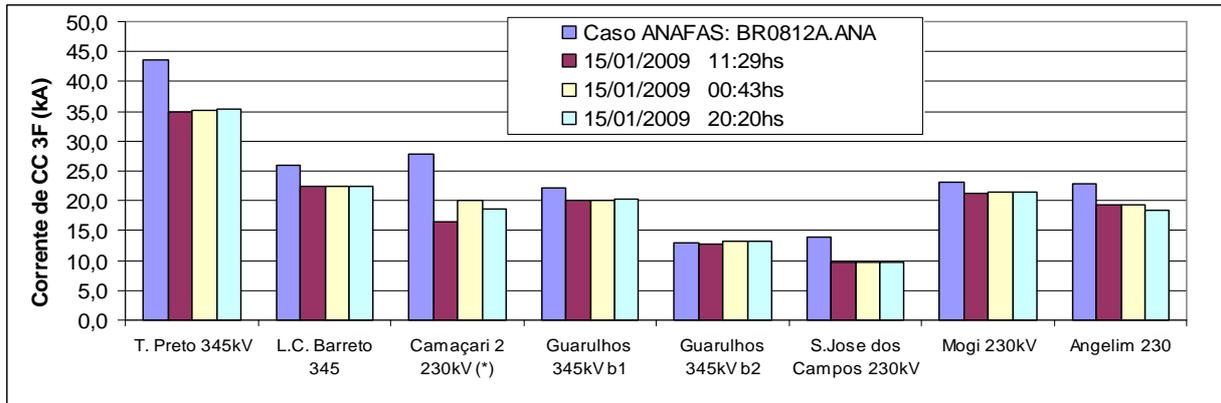
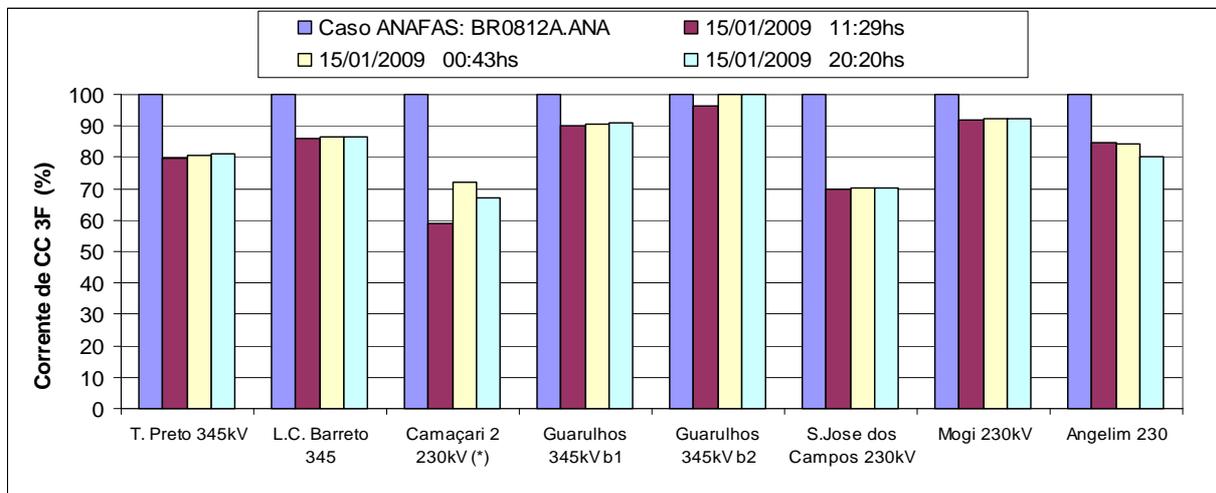


Figura 5 - Variação da carga e da geração do SIN de janeiro/2008 a fevereiro/2009



(a) corrente de falta em kA



(b) relação percentual das correntes

Figura 6 – Comparação do curto-circuito calculado com o caso de rede completa e o calculado para os casos gerados pelo tempo real

(\*) com semi-barras conectadas, como no caso do tempo real

#### 4.3 Discussão da necessidade de cálculo do curto-circuito monofásico para a maior precisão das análises

As avaliações apresentadas no item 4.1 foram baseadas em cálculos de curto-circuito trifásico, uma vez que no tempo real somente estão disponíveis os parâmetros de seqüência positiva. Uma avaliação expedita da relação entre o curto-circuito monofásico e o trifásico para a rede básica é apresentada na Figura 7. Observa-se que, para 64% das barras, a corrente de curto-circuito monofásico é inferior à corrente trifásica. A discussão mais

aprofundada desta questão será possível quando a interface SAGE-SAPRE, ora em desenvolvimento, estiver concluída, o que permitirá a execução de um grande número de verificações práticas deste tipo de cálculo.

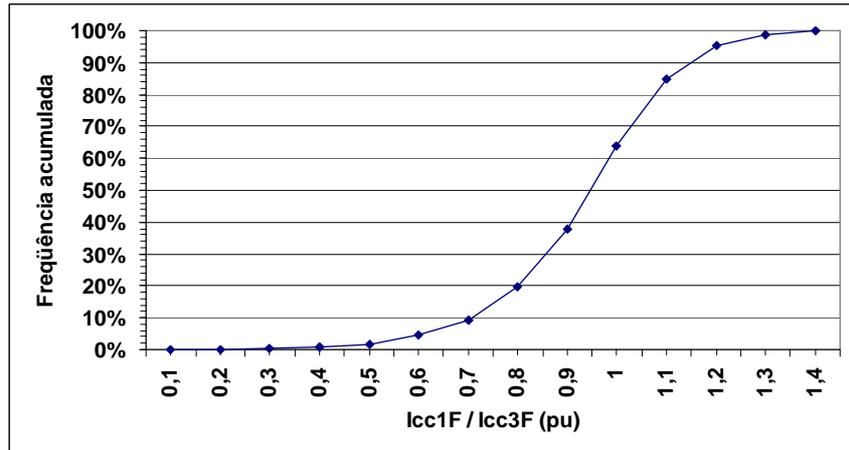


Figura 7 – Frequência acumulada da relação lcc-1F/lcc-3F para as barras da rede básica

## 5.0 - CONCLUSÃO

Este artigo destacou a grande importância do tema superação de equipamentos devido a correntes de curto-circuito elevadas. Acredita-se que este é um tema que requer muita atenção nos dias atuais posto que os recursos demandados para a substituição dos mesmos ou das obras emergenciais necessárias para implementação das medidas operativas é de expressivo vulto e demanda longo prazo para sua execução.

Neste contexto, o artigo apresentou a possibilidade de realização de estudos de curto-circuito considerando os pontos de operação oriundos das informações disponíveis nos centros de controle do sistema. Este tipo de cálculo de curto-circuito seria um importante subsídio na avaliação da aplicação de medidas operativas para mitigação da superação de equipamentos, quando sua substituição não ocorre dentro dos prazos inicialmente previstos.

Não se pretendeu esgotar o assunto, pois as ferramentas computacionais encontram-se em processo de atualização para permitir que tais estudos possam ser realizados rotineiramente em futuro próximo. Apenas se pretendeu discutir o tema e apresentar exemplos numéricos do que se pode obter com análises de faltas baseadas em configurações obtidas do tempo real.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ONS - Operador Nacional do Sistema, Procedimentos de Rede, Submódulo 4.2 - Proposta de Ampliações e Reforços, aprovado pela ANEEL em 07/07/2008.
- (2) Carvalho, A.C., Sinder, D., Muniz, M., Monteiro, A.M., Silva, B. A., Superação de Equipamentos de Alta Tensão: Critérios de Análise e Processo de Indicações de Substituições na Rede Básica e Demais Instalações da Transmissão, XIX SNTPEE, artigo SGE 97, Rio de Janeiro, outubro 2007.
- (3) Romero, S. P.; Rossi, J. I. P.; Rangel, R. D.; Levy L. N. – “Representação de Geradores Eólicos Síncronos com Conversor de Frequência por Fontes de Corrente Controlada em um Programa de Cálculo de Curto-Circuito” – XI SEPOPE, Belém, 2009.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Ricardo Penido D. Ross é pesquisador do CEPEL desde 1985 atuando nas áreas de estudos de redes elétricas, qualidade de energia e transitórios eletromagnéticos. Graduado pela PUC-RJ em 1977 possui mestrado pela mesma instituição em 1982. É membro do CIGRÉ e do IEEE.

Luiz Antonio Cordeiro é pesquisador do CEPEL desde 1985 atuando nas áreas de supervisão e controle, análise de redes e bases de dados. Graduado pela UFRJ em 1981 possui mestrado pela COPPE/UFRJ em 1992 e doutorado pela mesma instituição em 2008.

Antonio Carlos C. de Carvalho é engenheiro do ONS, formado em 1978 na UFRJ e mestre em sistemas de potência pela COPPE/UFRJ (1984). É membro do CIGRE e especializado na iteração equipamentos-rede.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração de colegas que muito contribuíram para elaboração deste artigo: Juan Ignacio Rossi, Alex Jean de Castro Melo e Edmundo Pinto Neto do CEPEL, Leonardo Neves Vilela da Fundação Padre Leonel Franca e Daniel Sinder do ONS.