



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

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP

**SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE ALARMES PARA USO
NO CENTRO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DA CPFL**

Rolands S. Menezes (*), Sérgio R. Curtarelli, Cristina Y.K.O. Adorni, Jorge M. de Souza
CPFL CPFL FITEC FITEC

1.0 - INTRODUÇÃO

Durante a maior parte do tempo o sistema elétrico de potência opera em sua normalidade. Mesmo com constantes alterações da carga o equilíbrio energético entre geração e consumo é perfeitamente regulado. Entretanto, por vezes, ocorrem contingências no sistema elétrico, com ou sem perda da carga. Quando advêm estas contingências, aparecem nas telas dos operadores dos Centros de Operação uma quantidade expressiva de alarmes, que tende a aumentar quanto mais significativa for a contingência.

Por outro lado, informações essenciais para atuações preventivas podem estar contidas nos alarmes, mas não são utilizadas nos processos de "Pós-operação" devido às dificuldades geradas pelo volume e ausência de metodologia apropriada. Por exemplo, redes e equipamentos mau ajustados ou perto do limiar de falha tendem a gerar mais alarmes do que um limite esperado ou se comparado com seus equivalentes. A detecção desses pontos fora da curva contribui para a confiabilidade da rede e para o aumento de confiabilidade de equipamentos quando submetidos a ajustes automáticos desnecessários.

Assim para atender essas expectativas, foi especificado e implementado um Sistema de Monitoração de Indicadores para dar suporte aos processos da "Pós-operação".

O Sistema de Monitoração de Indicadores que dá suporte aos processos da "Pós-operação" tem por objetivos:

- Identificar locais com problemas;
- Facilitar análises por meio de filtros de dados e gráficos;
- Acompanhar as melhorias do processo.

O Sistema de Monitoração de Indicadores possibilita a identificação de pontos fora da curva (anormalidades), que podem ser tratados de forma preventiva. A ferramenta possibilita também realizar o acompanhamento das ocorrências até o efetivo retorno à normalidade.

Como o foco do sistema é o auxílio à "Pós-operação", os alarmes a serem monitorados foram escolhidos apropriadamente entre os diversos alarmes gerados no Centro de Operação. Esses alarmes representam mais de 50% de cerca de 6.000 alarmes diários que ocorrem no centro. Os principais indicadores tratados são: frequência, duração e duração diária de alarmes. Maiores detalhes podem ser encontrados na monografia (1).

A seção 2 descreve as análises efetuadas e a apresentação de resultados. A forma de apresentação das anomalias (indicadores fora do limite estabelecido) é apresentada na seção 3 assim como a geração de relatórios

consolidados para uma rápida identificação das localidades a serem tratadas. Será ilustrado na seção 4 como o resultado das ações preventivas gerou uma redução expressiva na quantidade de alarmes gerados no Centro de Operação.

A utilização do sistema pela “Pós-operação” possibilitou a alteração no processo da equipe para uma atuação preventiva e ações mais assertivas em decorrência das análises dos indicadores.

2.0 - ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

O sistema de monitoração analisa e consolida diariamente os alarmes registrados no histórico. Os resultados da análise são disponibilizados para a “Pós-operação” através de acesso rápido e flexível permitindo adicionalmente a utilização de filtros e gráficos, para uma investigação mais detalhada das situações identificadas. Além disso, permite o acompanhamento das melhorias do processo.

No projeto foram utilizadas a técnica do OLAP (On-line Analytical Processing) e tabelas dinâmicas para a investigação e extração das informações relevantes dos alarmes do Centro de Operação da CPFL (2).

A Tela de Resultados (ver Figura 1) é a tela inicial exibida pela aplicação. A partir dessa tela é possível executar as funcionalidades da aplicação.



FIGURA 1 – Tela de Resultados

A Tela de Resultados exibe um quadro resumo com os resultados de processamento para identificação das anomalias, dos últimos 7 dias (1 semana), indicando o número de anomalias por dia da semana. Como o processamento é diário o último processamento é do dia anterior ao atual. O quadro resumo da semana pode conter informações de parte da semana corrente e parte da semana anterior.

Para destacar os dias da semana corrente e da semana anterior existe uma diferenciação nas cores de fundo do quadro. Os dias da semana corrente apresenta fundo “laranja” e os dias da semana anterior não apresenta fundo diferenciado.

A partir dessa tela o usuário pode acessar:

- os gráficos de eventos,
- as telas de Configuração e Administração (aba localizada na parte de cima à esquerda da Figura 1),
- os avisos de anomalia e
- os relatórios de análise dos indicadores.

2.1 GRÁFICOS DE EVENTOS

- **Gráfico Padrão - Quantidade de Eventos:** permite a visualização da base de dados de eventos consolidada por quantidade de eventos.

A Figura 2 exemplifica o gráfico de quantidade de eventos com todos os alarmes selecionados para os meses de dezembro de 2007 e janeiro de 2008. Os filtros permitem a visualização de qualquer alarme monitorado.

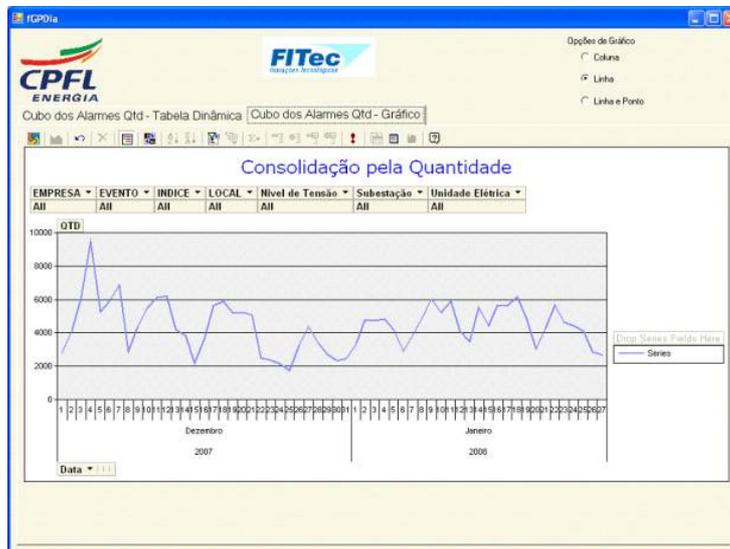


Figura 2 – Gráfico de quantidade de eventos

- **Gráfico Padrão - Duração:** permite a visualização da base de dados de eventos consolidada pela duração em segundos de alarmes cuja duração interessa ser monitorada.

Essa monitoração permite a identificação de situações onde a duração excessiva pode diminuir a vida útil de equipamentos ou então prejudicar a disponibilidade. Por exemplo, a alta indisponibilidade de UTRs (Unidade Terminal Remota) pode prejudicar a monitoração de Subestações.

2.2 TELAS DE CONFIGURAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

A Tela de Configuração tem como objetivo permitir ao usuário algumas configurações do sistema conforme sua necessidade como: alteração dos limites monitorados, cadastro de feriados, etc.

2.3 AVISOS DE ANOMALIA

O aviso de anomalia é o resultado do processamento automático realizado diariamente. Nesse processamento os dados do dia são comparados com os limites especificados na configuração. Caso haja alguma alteração fora dos limites considerados é gerado um aviso de anomalia. A visualização dos registros de aviso de anomalia está disponível na aplicação gráfica a partir da Tela de Resultados (ver Figura 1). Essa funcionalidade será tratada na seção 4.

2.3 RELATÓRIOS - INDICADORES

A aplicação disponibiliza para o usuário a emissão de relatórios de indicadores consolidados a partir da Tela de Resultados (ver Figura 1). O relatórios disponibilizados são:

- Controle de Tensão
- Regulação Automática de Tensão
- Indisponibilidade de UTR

A seção 5 mostra os relatórios disponíveis.

3.0 - TELA DE AVISO DE ANOMALIAS

A tela Aviso de Anomalia (ver Figura 3) apresenta, como padrão, um resumo dos avisos de anomalia identificados dos últimos 7 dias de processamento.

Para facilitar a visualização pelo usuário, foi padronizada a cor de fundo de cada aviso de anomalia em função do estado em que se encontra.

Data	Aviso	Evento	Centro de Controle	Subestação	Estado	Responsável	Importância	O	V	R
27/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Sudeste	Fazenda Velha	Recor...			>		
27/1/2008	UTRNR - Quantidade excedeu o li.	UTRNR	Oeste	Sorocaba 1 - Centro	Recor...			>		
27/1/2008	UTRNR - Quantidade excedeu o li.	UTRNR	Sudeste	Cidade Jardim	Recor...			>		
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Nordeste	Usina Delta	Recor...			>		
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Oeste	Itu	Análise	Cita				>
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Sudeste	Fazenda Velha	Recor...			>		
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Sudeste	Piracicaba	Fechada	Cita	Media			
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Nordeste	Usina Delta	Recor...			>		
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Oeste	Itu	Recor...			>		
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Sudeste	Fazenda Velha	Recor...			>		
28/1/2008	UTRNR - Duracao excedeu o limite	UTRNR	Sudeste	Piracicaba	Recor...			>		

Figura 3 – Tela de aviso de anomalia

Estados de uma anomalia:

- Criada (laranja claro),
- Em Análise (bege, com a cor tipográfica do aviso em preto),
- Fechada (verde).

Foi detectada a necessidade da criação de dois estados especiais quando a anomalia está em análise: Recorrente e Vinculada.

O estado especial Recorrente indica que o aviso de anomalia é recorrente a um aviso de anomalia que já ocorreu anteriormente (anomalia origem) e sendo analisada (no estado “Em Análise”). O aviso nesse estado é criado automaticamente pela aplicação no processamento diário de identificação das anomalias. Para considerar que o aviso é recorrente, a aplicação compara campo a campo do aviso, podendo o detalhe do aviso ser um subconjunto da anomalia origem.

O estado especial Vinculada é resultado da ação do usuário em agrupar dois ou mais avisos de anomalia, no estado “Em Análise”, a partir da utilização do botão “Vincular Avisos” e escolha de qual será a anomalia origem. O botão “Desvincular Avisos” possibilita o caminho inverso, contanto que as anomalias ainda estejam no estado “Em Análise”.

Resumindo, os estados especiais quando a anomalia está em análise:

- Recorrente (azul)
- Vinculada (verde)

Nesses estados especiais não é permitida a alteração no detalhe do aviso de anomalia. Por exemplo: inclusão de comentários ou justificativas.

A partir da tela de Aviso de Anomalia, o usuário pode atribuir um ou mais avisos para sua responsabilidade através do botão “Colocar Aviso em Análise”. Nesse caso, os campos “Estado” e “Responsável” são atualizados. Outros campos pertinentes ao aviso de anomalia somente poderão ser alterados na tela de detalhe do aviso de anomalia.

Outra função disponível nessa tela é fechar um ou mais avisos através do botão “Fechar Avisos”. Para utilizar essa função a(s) anomalias(s) deve(m) estar no estado “Criada”.

O botão “Filtrar Anomalia” possibilita filtrar as anomalias para um período específico e/ou campos específicos. O botão “Limpar Filtro” restaura as opções padrão de visualização: Todos os avisos de anomalia dos últimos 7 dias de processamento.

O sistema permite a exportação dos avisos de anomalia através do botão "Exportar", que exporta todos os avisos de anomalia presentes nessa tela para um arquivo em MS Excel com o nome padrão "Anomalia.xls".

3.1 Relatórios consolidados

Os relatórios mostram em seu cabeçalho as informações:

- Mês/Ano: em todos os relatórios o usuário deve indicar o mês/ano para a análise
- Dias/Mês: quantidade de dias de dados existentes na base de dados,
- Segs/Mês: total de segundos, baseado no Dias/Mês
- Limite: limite do percentual Fora da faixa configurado para o relatório,

Para o relatório de indicadores Controle de Tensão, o usuário seleciona o Ano/Mês desejado.

O exemplo da Figura 4 mostra o relatório do mês de janeiro de 2008. No exemplo foi configurado um percentual de 10% fora da faixa.

As linhas de detalhe do relatório representam o Centro de Controle, Subestação, Nível de Tensão, Local e Índice que ultrapassaram o limite de %Fora da faixa configurado.

CONTROLE DE TENSÃO				Mês/Ano	Dias/Mês	Segs/Mês	Limite % Fora da faixa
				JANEIRO /2008	27	2332800	> 10 %
Centro controle	Subestação	Nível tensão	Local	Índice	% ALISUP	% ALINF	% Fora da faixa
Baixada	BAIXADA SANTISTA CTEEP	38KV	BARRA	0	0,0	10,4	10,4
Nordeste	ARARAQUARA	138KV	BARRA	2	32,4	0,0	32,4
	ARARAQUARA CTEEP	138KV	BARRA	2	11,9	0,2	12,1
	BELA VISTA	138KV	BARRA	0	0,1	14,0	14,0
	CAICARA	138KV	BARRA	0	11,5	2,2	13,7
	CATU	138KV	BARRA	0	0,0	30,8	30,8
	38KV	38KV	BARRA	1	4,9	5,3	10,2
	IGUAPE	138KV	BARRA	1	0,0	36,6	36,6
				2	0,0	20,2	20,2
	LARANJEIRAS	38KV	BARRA	0	0,0	58,0	58,0
	METROPOLITANA	138KV	BARRA	2	0,0	12,3	12,3
	MORRO CIPO	138KV	BARRA	1	0,0	35,2	35,2
				2	0,0	35,4	35,4
	PIONEIROS	138KV	BARRA	0	0,0	22,0	22,0
	PIRANGI	138KV	BARRA	0	10,2	1,1	20,3
	RIBEIRAO CTEEP	138KV	BARRA	1	25,3	3,1	28,4
				2	21,0	1,0	22,0
	USINA GARFAD PEDOTO	13 8KV	BARRA	0	0,0	38,5	38,5
	38KV	38KV	BARRA	0	0,0	35,7	35,7

Figura 4 - Relatório de indicadores Controle de Tensão

Como já indicado, para o relatório de indicadores Regulação Automática de Tensão, o usuário seleciona o Ano/Mês desejado.

As linhas de detalhe do relatório representam o Centro de Controle, Subestação, Nível de Tensão, Local e Índice que ultrapassaram ao limite de indisponibilidade configurado. No exemplo da Figura 5, o limite configurado foi 10%.

Para o mês/ano indicado, as linhas de detalhe do relatório de indicadores Indisponibilidade de UTR representam o Centro de Controle, Subestação e Índice (indica o número da UTR) que ultrapassaram o limite de indisponibilidade configurado.

REGULAÇÃO AUTOMÁTICA DE TENSÃO				Mês/Ano	Dias/Mês	Segs/Mês	Limite
				DEZEMBRO /2007	31	2678400	> 10 %
Centro controle	Subestação	Nível tensão	Local	Índice	Total	% Indisp	% Disp
Nordeste	CATU	38kV	BARRA	1	324297	12.11	97.09
	PIONEIROS	38kV	BARRA	0	298614	14.75	85.25
Noroeste	JAU	38kV	BARRA	0	307903	14.40	85.60
Sudeste	TREVO	38kV	BARRA	0	410462	15.02	84.98

Figura 5 - Relatório de indicadores Regulação Automática de Tensão.

4.0 - UMA APLICAÇÃO NA CPFL

O Centro de Operação do Sistema (COS) Elétrico da CPFL monitora e controla o Sistema de Transmissão de 138kV, 88kV, 69kV e 34,5kV. Esse controle compreende:

- 4 Postos de Operação,
- 283 Subestações,
- 6,62 mil Km de Linhas de Transmissão,
- 1.186 mil Clientes por Posto.

A monitoração é feita por meio de alarmes que em tempo real reportam ocorrências como abertura de portas, limites de tensão, de corrente e de temperatura, disponibilidade das UTRs, etc. Essa monitoração gera 45.000 alarmes/semana, ou seja, 1 Alarme a cada 15 s.

Agrupando os alarmes por severidade sendo o mais severo de nível 1 e o menos severo de nível 5, temos a seguinte distribuição (ver Figura 6).

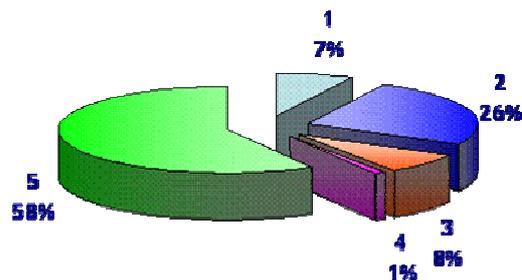


Figura 6 – Distribuição dos alarmes por severidade

Vemos que 7% dos alarmes tem severidade de nível 1 e devem ser tratados em tempo real. Os de severidade de nível 3 (8%) são relativos a estado em pontos supervisionados e ocorrem sempre que o operador envia comando de abertura ou fechamento de chave.

Os alarmes de limites são de severidade nível 2 (26%) e muitas vezes são consequência de falta de ajustes apropriados na rede elétrica. Ou seja, nesse caso o operador é notificado mas não cabe a ele a ação e sim à pós-operação. O mesmo ocorre com alguns alarmes de severidade de nível 5 (58%).

Repetindo o que foi dito na introdução, “informações essenciais para atuações preventivas podem estar contidas nos alarmes”. Essa atuação preventiva tem efeito na redução do número de alarmes. O Sistema de Processamento de Alarmes para a Pós-operação veio preencher essa lacuna fornecendo à pós-operação essas “informações essenciais”.

O processo de manutenção preventiva da pós-operação utilizando o sistema de processamento de alarmes foi aplicado na análise dos alarmes de limite de tensão inferior visando corrigir possíveis desvios na rede elétrica.

A Figura 7 mostra o efeito dessa atividade na redução na quantidade de alarmes.

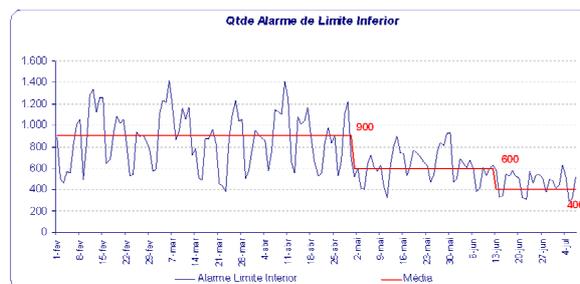


Figura 7 – Pós-operação: redução na quantidade de alarmes

A atividade iniciada em fevereiro de 2008 propiciou em julho de 2008 uma redução de mais de 50% dos alarmes que chegavam ao COS.

5.0 - CONCLUSÃO

O Sistema de Processamento de Alarmes para a “Pós-operação” veio preencher uma lacuna na monitoração, fornecendo à pós-operação essas informações essenciais às ações de manutenção preventiva.

Os benefícios dessas ações, de melhor ajuste da rede elétrica, tem consequência:

- na disponibilidade do serviço para os usuários,
- no tempo de vida dos equipamentos,
- na redução da quantidade de alarmes no COS que não dependem de ação do operador.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Rolands S Menezes, Sistema de Processamento de Alarmes para uso no Centro de Operação do Sistema da CPFL, Especialista em Eletrônica de Potência, Universidade Federal de Itajubá, Março de 2008.

(2) Richard J. Roiger, Michael W. Geatz, Data Mining: A Tutorial-Based Primer, Addison Wesley, 2003.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Rolands Sarreta Menezes

Nascido em Ituverava-SP em 08 de Novembro de 1978

Pós-Graduação (2008) em Sistemas Elétricos (2008): UNIFEI-Itajubá/MG e Graduação (2002) em Engenharia Elétrica: UNICAMP-Campinas/SP

Empresa CPFL - Companhia Piratininga de Força e Luz, desde 2002

Engenheiro de Operação nas áreas de Transmissão e Distribuição das empresas do grupo CPFL.

Sérgio Ricardo Curtadelli

Nascido em Ribeirão Preto-SP em 20 de Setembro de 1961

Formado Técnico em Eletroeletrônica

Técnico Operador de Sistema Elétrico de Transmissão – Sênior

Empresa CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz, desde 1986.

Cristina Yurika Konatu Obata Adorni

Nascida em Campinas, SP em 17 de maio de 1965

Graduação em Análise de Sistemas pela PUC-Campinas, 1987

Técnica em Processamento de Dados pelo Colégio Técnico da UNICAMP (COTUCA), 1982

Empresa: FITec Inovações Tecnológicas, desde 2000

Consultora em Engenharia de Sistemas atuando na especificação de requisitos de sistemas, análise de dados para identificação de indicadores, mineração de dados, modelagem para sistemas de otimização e validação de sistemas.

Jorge Moreira de Souza

Nascido no Rio de Janeiro, RJ em 17 de julho de 1948.

Doutorado em Informática, LAAS, *Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes*, Toulouse, França, 1981

Mestrado (1975) e Graduação (1971) em Engenharia Elétrica: PUC-Rio de Janeiro

Empresa: FITec, desde 2000

Consultor técnico nas áreas de análise de tráfego, confiabilidade de sistemas, confiabilidade de software, mineração de dados e métodos estatísticos de controle.