



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

GCQ-20  
19 a 24 Outubro de 2003  
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XIII  
GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE  
ENERGIA - GCQ**

### **REDE DE MONITORAÇÃO PARA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS DE TRANSMISSÃO**

**Luciana R. Soares \***  
**UFPE – CHESF/DOMC**

**Milde M. S. Lira**  
**UFPE – CHESF/DPA**

**Daniel P. C. P. de Lira**  
**CHESF/DOAL**

#### **RESUMO**

Este trabalho apresenta a experiência da CHESF na operação de uma rede de instrumentos digitais de medição para fins da análise da qualidade da energia elétrica fornecida pela Empresa. São apresentados as características principais da rede de monitoração da CHESF e os relatórios disponibilizados na intranet da empresa contendo informações sobre os pontos monitorados, especialmente quanto às variações de tensão de curta duração.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Qualidade da Energia Elétrica. Instrumentos de Monitoração. Sistemas de Transmissão. Análise de Perturbações. Indicadores de Desempenho.

#### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A qualidade da energia elétrica (QEE) sempre foi objeto de preocupação por parte das empresas concessionárias de energia elétrica e de seus consumidores, ainda que sua ênfase maior estivesse voltada, principalmente, para a avaliação da continuidade do serviço. O uso de dispositivos eletro-eletrônicos sensíveis, que são altamente susceptíveis a variações de tensão, por grandes consumidores industriais de energia elétrica, motivou a CHESF a implantar uma pequena rede de instrumentos de monitoração que pudesse monitorar adequadamente os eventos do sistema sobre estes dispositivos [1].

O sucesso deste projeto piloto foi fundamental para que a CHESF ampliasse a sua rede de monitoramento

e, a partir daí, investisse de forma significativa no desenvolvimento de novos projetos e na aquisição de instrumentos para a implementação de uma rede de monitoramento da qualidade da energia elétrica.

Através dos dados obtidos pela rede de monitoração é possível aos órgãos responsáveis pela análise de sistemas de potência avaliar a qualidade da energia elétrica fornecida pela Empresa. Além disso, é possível também avaliar a atuação de dispositivos de proteção, confrontando os dados aquisitados pelos instrumentos de monitoração com dados obtidos por outros equipamentos de monitoração, tais como os relés e oscilógrafos digitais, de modo que a integração entre estas redes de monitoramento (qualidade de energia, proteção e oscilografia) ofereça um eficiente suporte à equipe de análise na identificação da causa, da fonte e da localização do distúrbio.

Este trabalho apresenta uma breve descrição do sistema de monitoramento da qualidade da energia elétrica da CHESF e dos relatórios disponibilizados na intranet da empresa contendo informações sobre o desempenho da operação do sistema nos pontos de monitoramento.

#### **2.0 - UMA REDE DE MONITORAÇÃO DA QEE**

##### **2.1 Arquitetura**

Um sistema de monitoração da qualidade da energia elétrica compõe-se de uma rede de instrumentos, freqüentemente chamados de registradores digitais de perturbação (RDPs), que, associados a recursos de sistemas de telecomunicações, permitem que seja

realizada a análise de perturbações em uma estação de coleta e armazenamento de dados.

De acordo com os procedimentos de rede do ONS [2], o RDP é “um instrumento implementado por meio de tecnologia digital para aquisição, armazenamento e manipulação local ou remota, através do envio para uma central de análise, das grandezas analógicas e digitais a fim de proceder à análise das perturbações”. Isto faz do RDP um instrumento indispensável à análise de perturbações nos sistemas de energia elétrica, através do qual pode-se realizar um diagnóstico confiável e propor medidas que possam minimizar as conseqüências destas sobre todo o sistema elétrico [1].

A figura 1 ilustra, de forma simplificada, a arquitetura da rede de monitoração da qualidade da energia elétrica da CHESF.

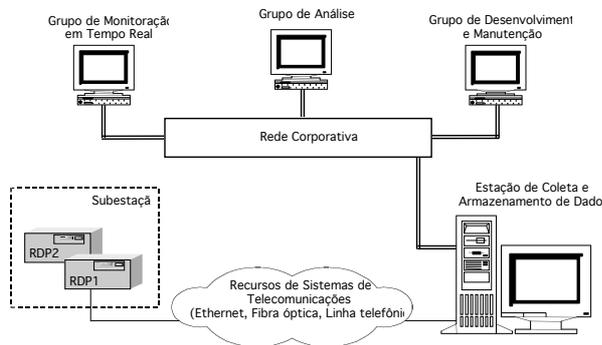


FIGURA 1: ARQUITETURA SIMPLIFICADA DA REDE DE MONITORAÇÃO DA QEE DA CHESF.

A estação de coleta e armazenamento de dados tem a responsabilidade de gerenciar a rede, armazenando toda a informação pertinente ao sistema. O suporte é dado pelo Grupo de Desenvolvimento e Manutenção, que tem como principais atribuições manter a integridade da rede e do sistema de monitoramento, e implementar rotinas computacionais necessárias a uma análise mais rápida dos dados, oferecendo ao Grupo de Análise o conjunto de informações pertinentes a sua área de interesse. O Grupo de Monitoração em Tempo Real é composto por operadores de subestações e centros regionais, que acompanham em tempo real as grandezas de interesse, que podem incluir desde leituras de grandezas elétricas até o monitoramento do estado de operação de outros componentes da rede, como por exemplo, a temperatura do óleo de um transformador.

## 2.2 Instrumentos de Monitoração (RDPs)

A rede de monitoração da qualidade da energia elétrica da CHESF é atualmente composta por 80 (oitenta) RDPs interligados a um servidor, via rede TCP/IP ou linha telefônica.

A configuração dos instrumentos de monitoração é definida em função da classe do ponto a ser monitorado. Atualmente, estas classes estão definidas na tabela 1, onde também é apresentada a quantidade de instrumentos instalados em cada uma delas.

TABELA 1: CLASSES DOS PONTOS DE MONITORAMENTO PARA CONFIGURAÇÃO DOS RDPs E QUANTIDADE DE RDPs INSTALADOS POR CLASSE.

Classe	Quant.
Consumidor Industrial (230kV)	14
Transformador (500, 230, 138 e 69kV)	30
Linha de Transmissão e Sub-Transmissão (500, 230, 138 e 69kV)	28
Equipamento de Regulação (Conversor Estático, Síncrono e Banco de Capacitores)	08

Os RDPs estão configurados para o registro de dados relativos a uma perturbação, quando os limites pré-estabelecidos para detectar uma variação de tensão ou de frequência, no terminal de monitoramento, são ultrapassados. Neste trabalho é dada ênfase às perturbações decorrentes das variações de tensão, portanto, o uso da palavra “perturbação”, daqui em diante, refere-se às variações de tensão.

Os dados gravados por um RDP quando há uma perturbação incluem o registro RMS de alta velocidade e as formas de onda das tensões e correntes de fase. O registro RMS de alta velocidade consiste do armazenamento de valores RMS de grandezas elétricas por aproximadamente 22 segundos em intervalos de  $\frac{1}{2}$  ciclo, 1 ciclo, 2 ciclos ou 4 ciclos, dependendo do tipo do instrumento de monitoração. As grandezas armazenadas por este registro dependem da classe do ponto de monitoração, mas todos armazenam as tensões de fase.

Além das perturbações, os RDPs armazenam dados em regime permanente, que são gravados em intervalos de 5 minutos. As grandezas gravadas também dependem da configuração do instrumento, embora todos armazenem as tensões de fase. Em caráter experimental, alguns instrumentos armazenam outras grandezas, como a frequência, em intervalos de 5 minutos, e a distorção harmônica total de tensão e corrente, em intervalos de 1 hora.

## 2.3 Sistematização da Coleta de Dados

Dos oitenta RDPs implantados, cinquenta têm comunicação em tempo real com o Servidor. Isto permite que a memória destes instrumentos esteja sempre disponível para o armazenamento de uma eventual perturbação e o reconhecimento em tempo real de sua ocorrência. Para aquelas subestações onde a comunicação com os RDPs é realizada via linha telefônica, uma rotina implementada no Servidor permite que a coleta dos dados seja realizada cinco vezes por dia, de forma automática, de modo que os dados armazenados na memória dos instrumentos sejam coletados, não havendo o risco de perda de dados por perturbações sucessivas, quando ocorridas entre dois intervalos de varredura.

Apesar da automação do processo, é necessária a supervisão deste por um funcionário habilitado, que realize diariamente a verificação do estado de comunicação entre o Servidor e os instrumentos de monitoração. Quando detectada uma falha na comunicação entre o Servidor e quaisquer dos instrumentos, o setor de telecomunicações da empresa

é acionado para resolver o problema. Eventualmente, quando necessário, são acionadas também as operadoras de telefonia de longa distância.

#### 2.4 Armazenamento e Distribuição de Dados

Os dados adquiridos pelos RDPs são armazenados no Servidor, em um banco de dados em linguagem SQL (*Structured Query Language*). Uma das principais vantagens do uso deste tipo de banco de dados é a possibilidade de interação deste com diversos tipos de softwares. Atualmente, esta interação é realizada com o Microsoft Excel, que possibilita o uso de macros para o tratamento dos dados oriundos do banco de dados, e que foram desenvolvidas com a finalidade de obter uma melhor visualização gráfica destes dados. Uma breve descrição das macros é apresentada no item 4.

A ocorrência de uma perturbação é reconhecida por uma rotina implementada no Servidor que, através da geração de relatórios, disponibiliza automaticamente os dados da perturbação em home-page, na intranet da Empresa, de modo que todos os interessados na análise da perturbação tenham rápido acesso a estes dados.

#### 3.0 - INDICADORES DE DESEMPENHO

Com a nova regulamentação do setor elétrico surgiu a necessidade de monitorar continuamente a qualidade da energia elétrica em pontos estratégicos do sistema, tendo como um de seus objetivos a definição de indicadores de desempenho.

Apesar de não haver uma norma brasileira que defina indicadores e índices de desempenho para avaliação da qualidade da energia elétrica, os procedimentos de rede do ONS, aplicáveis à rede básica e aos pontos de conexão à rede básica, e os procedimentos de distribuição da ANEEL, aplicáveis ao segmento de sub-transmissão e distribuição de energia elétrica, surgem com “força de lei” e regulamentam o setor.

Como os procedimentos de rede do ONS ainda estão em fase de avaliação pela ANEEL, o Grupo de Desenvolvimento e Manutenção da rede de QEE da CHESF optou por utilizar, provisoriamente, indicadores apresentados em normas internacionais, atendendo às equivalências aos procedimentos nacionais, quando existentes. Das normas internacionais vigentes, a Sul-Africana NRS-048 [3] é das mais citadas como fonte para avaliação do desempenho de um ponto de monitoramento quanto às variações de tensão de curta duração [4, 5]. Por este motivo, os indicadores de severidade têm sido disponibilizados em relatórios para avaliação dos pontos de monitoramento na CHESF.

##### 3.1 Variação de Tensão de Curta Duração (VTCD)

Uma VTCD é completamente caracterizada pela magnitude da tensão no terminal de monitoramento e pela duração do evento.

De acordo com a magnitude da tensão medida no terminal de monitoramento, uma VTCD pode ser

classificada como um afundamento de tensão (*sag*), uma elevação de tensão (*swell*) ou uma interrupção total da tensão, equivalente a perda do fornecimento da energia. A duração de uma VTCD é definida pelo intervalo de tempo em que a magnitude da tensão, medida em valor eficaz, permaneceu acima ou abaixo de um determinado limiar, conforme tabela 2, podendo ser a VTCD classificada como momentânea ou temporária [6].

TABELA 2: CLASSIFICAÇÃO DAS VARIAÇÕES DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO.

Classificação		Duração ( $\Delta t$ )	Magnitude da Tensão $ V $
VMT	Interrupção	$\Delta t \geq 3s$	$ V  \geq 0,1 pu$
	Afundamento	1 ciclo $\leq \Delta t \leq 3s$	$0,1 \leq  V  < 0,9 pu$
	Elevação	1 ciclo $\leq \Delta t \leq 3s$	$ V  > 1,1 pu$
VTT	Interrupção	$3s < \Delta t \leq 1min$	$ V  \geq 0,1 pu$
	Afundamento	$3s < \Delta t \leq 1min$	$0,1 \leq  V  < 0,9 pu$
	Elevação	$3s < \Delta t \leq 1min$	$ V  > 1,1 pu$

VMT: Variação Momentânea de Tensão;

VTT: Variação Temporária de Tensão.

#### 3.2 Indicadores Internacionais Utilizados na Avaliação das VTCDs

##### 3.2.1 Curva CBEMA

Uma das principais ferramentas utilizadas para avaliar a susceptibilidade de equipamentos eletro-eletrônicos aos distúrbios decorrentes da tensão de alimentação é a curva de tolerância CBEMA (*Computer Business Equipment Manufacturers Association*) [7]. A inserção de todos os eventos “vistos” por um terminal de monitoramento nesta curva permite visualizar tanto os afundamentos quanto as elevações de tensão.

Embora existam oposições quanto ao uso da CBEMA na avaliação das perturbações em sistemas de transmissão, a visualização das perturbações nesta curva permite identificar mais claramente os possíveis efeitos da perturbação nos consumidores supridos por aquele ponto de monitoramento, possibilitando uma melhor análise do desempenho de cada ponto monitorado do sistema de transmissão da CHESF.

##### 3.2.2 SARFI (*System Average RMS Frequency Index*)

O indicador SARFI foi definido pelo EPRI (*Electric Power Research Institute*) e tem sido adotado por diversas empresas distribuidoras de energia elétrica dos Estados Unidos e do Reino Unido [4].

Alguns exemplos deste indicador são o SARFI<sub>70%</sub>, o SARFI<sub>90%</sub> e o SARFI<sub>CBEMA</sub> [4]. O Grupo de Desenvolvimento e Manutenção da rede de QEE da CHESF optou por utilizar apenas o indicador SARFI<sub>CBEMA</sub>, que revela a frequência anual da ocorrência de afundamentos de tensão, em um terminal de monitoramento, cuja amplitude e duração localizaram-se abaixo do limite inferior da curva CBEMA.

### 3.2.3 Indicadores de Severidade da NRS-048

Segundo a NRS-048 [3], os indicadores de severidade de um evento são aplicados apenas aos afundamentos momentâneos de tensão (AMT).

Graficamente, os indicadores são representados no plano magnitude *versus* duração, onde são definidas cinco regiões de severidade, denominadas S, T, X, Y e Z, apresentadas na Figura 2.

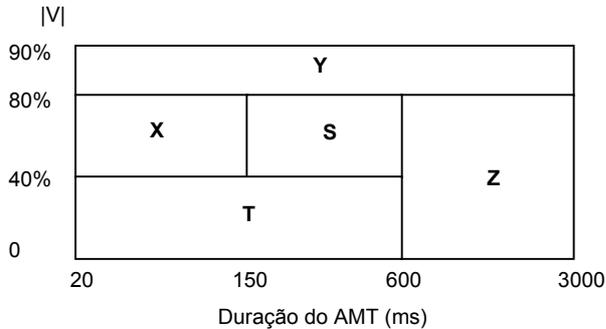


FIGURA 2: INDICADORES DE SEVERIDADE PARA AMTs NO PLANO MAGNITUDE *VERSUS* DURAÇÃO DEFINIDAS PELA NRS-048.

A severidade é caracterizada como um conjunto de indicadores anuais. Os limites anuais para o número de eventos/indicador, para os diversos níveis de tensão, estão apresentados na Tabela 3 [3].

TABELA 3: LIMITE ANUAL DO NÚMERO DE EVENTOS POR CATEGORIA E NÍVEL DE TENSÃO DEFINIDO PELA NRS-048.

Magnitude da Tensão de Alimentação [V]	S	T	X	Y	Z
6,6 Kv <  V  □ 44 Kv	30	30	100	150	20
6,6 kV <  V  □ 44 kV (rural)	69	54	215	314	49
44 kV <  V  □ 132 kV	25	25	80	120	16
220 kV <  V  □ 765 kV	11	6	45	88	5

### 3.3 Indicadores em Regime Permanente

O Grupo de Desenvolvimento e Manutenção da QEE da CHESF tem considerado como indicadores em regime permanente apenas as variações da tensão de alimentação, da frequência e da distorção harmônica, conforme recomendado em [6], ainda em fase de avaliação pela ANEEL.

### 4.0 - RELATÓRIOS

Consideram-se, basicamente, três tipos de relatórios, gerados para cada ponto de monitoramento:

- Relatórios Diários de Perturbação;
- Relatórios Mensais;
- Relatórios Anuais.

Para cada tipo de relatório foram desenvolvidas macros no Microsoft □ EXCEL, utilizando-se a linguagem de programação VBA (*Visual Basic for Applications*) [8]. Nestas macros estão implementados,

especialmente, os indicadores apresentados para avaliação da qualidade da energia quanto às VTCDs e histogramas para facilitar a visualização dos dados na condição de operação em regime permanente.

### 4.1 Relatórios Diários de Perturbação

Os relatórios diários de perturbação contêm as formas de onda e os registros RMS de alta velocidade das grandezas pré-configuradas, associadas às perturbações “vistas” pelo ponto de monitoramento.

As macros desenvolvidas para a elaboração destes relatórios contabilizam a quantidade de perturbações, geram os gráficos RMS das grandezas elétricas, transformando as tensões de valores em volts [V] para valores em por unidade (p.u.), e elaboram diagramas de dispersão que permitem inserir cada uma das perturbações, identificadas por duração e magnitude da tensão, na curva CBEMA.

A determinação da duração de uma VTCD atende ao critério de união das fases [9], sendo definida pelo intervalo de tempo decorrido entre o instante em que quaisquer das fases ultrapassa os limiares pré-estabelecidos e o instante em que a última fase retorna a estes limiares. Além disto, a magnitude da tensão, para a completa caracterização do evento, é a daquela fase que sofreu a maior variação em relação à tensão nominal.

Na curva CBEMA, a indicação dos eventos é realizada por pontos, que são destacados em vermelho quando o evento extrapola o limite superior ou inferior da curva. Eventos localizados fora do envelope da curva indicam que podem ter danificado ou causado o desligamento de equipamentos sensíveis supridos por aquele ponto de monitoramento. Os eventos que se localizam dentro do envelope definido pelos limites superior e inferior da curva são destacados em rosa e azul, que indicam afundamento e elevação de tensão, respectivamente, mas que não devem ter afetado a operação destes equipamentos.

A figura 3 apresenta na curva CBEMA, como exemplo, os eventos ocorridos em um terminal de 69kV.

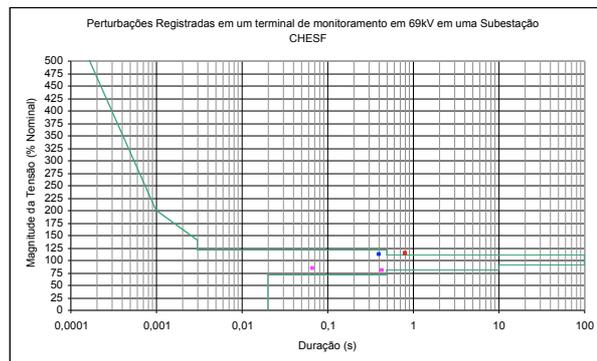


FIGURA 3: INSERÇÃO NA CURVA CBEMA DAS PERTURBAÇÕES REGISTRADAS EM UM DIA EM UM TERMINAL DE MONITORAMENTO EM 69kV DE UMA SUBESTAÇÃO CHESF.

Além da apresentação em forma gráfica, há também uma disposição dos eventos em tabela, onde são

informados os detalhes de cada um dos eventos, indicando a duração, a magnitude e a data e hora de sua ocorrência, como mostrado na Figura 4. Os eventos são dispostos em ordem decrescente de severidade, que neste caso, é definida pelo produto do módulo da maior variação de tensão, consideradas as três fases, em relação à tensão nominal, pela duração do evento.

AFUNDAMENTO DE TENSÃO < 90%		ELEVÇÃO DE TENSÃO > 110%			
Os distúrbios estão apresentados em ordem decrescente de severidade (Critério área: duração x afundamento)					
Duração (s)	V. MIN (% da nominal)	Data e Horário	Duração (s)	V. MAX (% da nominal)	Data e Horário
0,43333	79,1	2003-fev-01 12:23:12,742	0,20000	114,0	2003-fev-01 08:11:30,847
0,16667	83,5	2003-fev-01 07:28:56,638	0,40000	112,4	2003-fev-01 12:23:12,742

FIGURA 4: DESCRIÇÃO DAS PERTURBAÇÕES APRESENTADAS NA FIGURA 3.

#### 4.2 Relatórios Mensais

Os relatórios mensais, além de incluir os dados relativos às perturbações de todo o mês em questão, contempla uma análise quanto aos níveis de tensão, frequência e distorção harmônica total observados no ponto de monitoramento.

As macros desenvolvidas geram os histogramas para cada grandeza e fase, permitindo uma melhor visualização da frequência de ocorrência da variável nos intervalos estabelecidos, que servem de base na análise do desempenho da qualidade da energia no ponto monitorado.

As figuras 5, 6 e 7 apresentam, respectivamente, os histogramas da tensão, da frequência e da distorção de tensão harmônica total (DTHT) para um mês de monitoramento em um terminal 230kV de uma subestação CHESF.

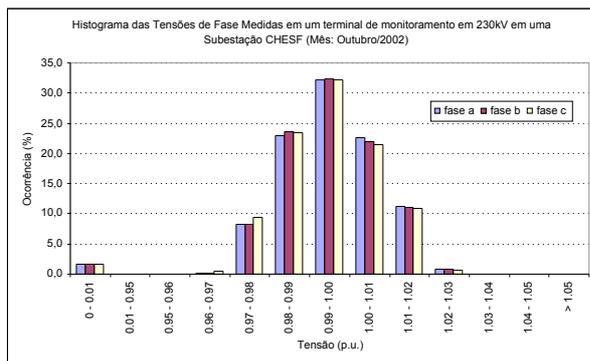


FIGURA 5: HISTOGRAMA DAS TENSÕES DE FASE MEDIDAS EM UM MÊS DE MONITORAMENTO EM UM TERMINAL 230kV DE UMA SUBESTAÇÃO CHESF.

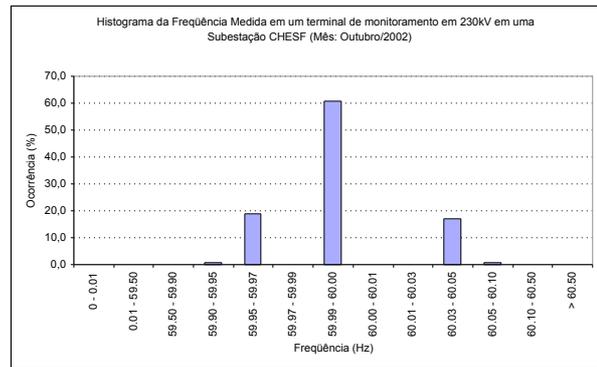


FIGURA 6: HISTOGRAMA DA FREQUÊNCIA MEDIDA EM UM MÊS DE MONITORAMENTO EM UM TERMINAL 230kV DE UMA SUBESTAÇÃO CHESF.

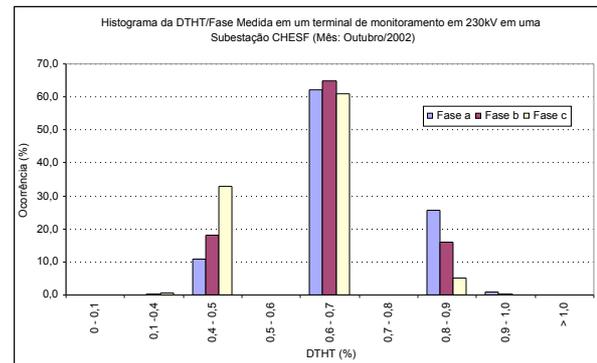


FIGURA 7: HISTOGRAMA DA DISTORÇÃO DE TENSÃO HARMÔNICA TOTAL POR FASE MEDIDA EM UM MÊS DE MONITORAMENTO EM UM TERMINAL 230kV DE UMA SUBESTAÇÃO CHESF.

#### 4.3 Relatórios Anuais

Atualmente, os relatórios anuais incluem informações apenas quanto às VTCDs. Neste relatório são apresentados todos os eventos ocorridos em um ano, em um ponto de monitoramento, inseridos na curva CBEMA, assim como a tabela com os detalhes dos afundamentos e elevações de tensão, o índice SARFI<sub>CBEMA</sub> e a severidade dos AMTs, segundo a NRS-048.

A macro desenvolvida para a determinação da severidade dos AMTs, segundo a NRS-048, calcula o número de eventos em cada uma das regiões de severidade (S, T, X, Y e Z), comparando-os aos limites estabelecidos apresentados na Tabela 3. Quando os limites anuais referenciais são ultrapassados, a área referente a categoria é destacada em vermelho.

A figura 8 apresenta os índices de severidade calculados para o ano de 2002 baseando-se nos eventos registrados em um terminal de monitoramento em 230kV em uma subestação CHESF, terminal de alimentação de um consumidor industrial. No canto inferior direito de cada categoria, em azul e entre parênteses, estão indicados os limites anuais de referência para a tensão de 230kV, segundo a NRS-048.

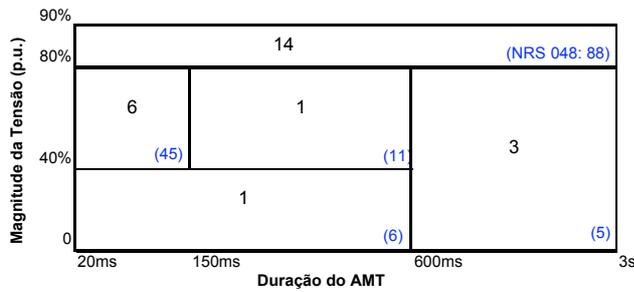


FIGURA 8: INDICADORES DE SEVERIDADE DA NRS-048 APLICADOS AOS AMTs REGISTRADOS EM UM ANO DE MONITORAMENTO EM UM TERMINAL 230KV DE UMA SUBESTAÇÃO CHESF.

## 5.0 - CONCLUSÕES

A monitoração contínua da qualidade da energia elétrica fornecida pela empresa em pontos estratégicos de seu sistema permitiu à CHESF elaborar um vasto banco de dados, de onde pode-se extrair informações sobre o desempenho do sistema, especialmente quanto às variações de tensão de curta duração. A composição de um banco de dados com informações anuais sobre os pontos de monitoramento é importante para a definição do planejamento da operação, indicando a necessidade de ampliação e de reforços no sistema CHESF. Considerando-se que a quantidade de dados gerados em uma empresa com um sistema elétrico do tamanho do da CHESF é muito grande, o desenvolvimento de ferramentas personalizadas através de trabalho conjunto com os usuários destes dados simplifica, acelera e melhora o processo de análise, transformando dados, efetivamente, em informação. A troca de experiências com outras empresas do setor elétrico, com fabricantes de instrumentos de monitoração, universidades e centros de pesquisa tem contribuído significativamente para a modernização e o bom desempenho da rede de qualimetria da CHESF.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) PONTES, S.M.M., FREIRE, A.R.F., BRONZEADO, H.S., CRUZ, J.C., RAMOS, A.J.P., DE LIRA, D.P.C.P. *Experiência CHESF na Concepção e Implantação de uma Rede de Registradores Digitais para Análise de Perturbações e Qualidade da Energia Elétrica*. Anais do III SBQEE. Brasília, DF: ELETRONORTE, Agosto 1999. pp.189-194.
- (2) ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). *Procedimentos de Rede. Módulo 20: Definições e Glossário. Submódulo 20.1 – Definições e Glossário*. Julho 2001.
- (3) NRS 048-2:1996. *Electricity Supply – Quality of Supply, Part 1: Minimum Standards*. Republic of South Africa: South African Bureau of Standards.
- (4) McGRANAGHAN, Mark, MUELLER, Dave, RIBEIRO, Paulo. *Review and Recommendations for the ONS Power Quality Management System (PQMS): Phase 1 – Final Report*. Electrotek Concepts, January 2002.

(5) RAMOS, Álvaro J. P. *Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica – Relatório Final 3: Estado da Arte e Proposição de Indicadores*. Relatório Técnico ANEEL. Recife, PE: Setembro 2000.

(6) ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). *Procedimentos de Rede. Módulo 2: Padrões de Desempenho da Rede Básica e Requisitos Mínimos para suas Instalações. Submódulo 2.2 – Padrões de Desempenho da Rede Básica*. Revisão 2. Agosto 2002.

(7) IEEE Std 1100-1999 (Revision of IEEE Std 1100-1992). *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment*. New York, NY: IEEE, March 1999.

(8) ROMAN, Steven. *Desenvolvendo Macros no Excel*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna LTDA., 2000. 569 p.

(9) ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). *Procedimentos de Rede. Módulo 2: Padrões de Desempenho da Rede Básica e Requisitos Mínimos para suas Instalações. Submódulo 2.8 – Gerência dos Indicadores de Desempenho da Rede Básica*. Dezembro 2002.

## 7.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng. Joaquim Carlos Cruz, CHESF/DOMC, Coordenador da Rede de Monitoração da QEE da CHESF, o suporte técnico e o apoio dado ao desenvolvimento deste artigo.

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Luciana Reginaldo Soares:** nasceu no Rio de Janeiro/RJ, 1973. Recebeu os graus de B.Eng (1997) e M.Sc (2001) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco, onde atualmente encontra-se em Doutorado. Desenvolve sua pesquisa na área da QEE, em parceria com a CHESF, desde 1999, atuando diretamente no Grupo de Desenvolvimento e Manutenção da Rede de Monitoração. É membro-estudante do CIGRÉ.

**Milde M. da Silva Lira:** nasceu em Recife/PE, 1961. Recebeu os graus de B.Eng (1989) e M.Sc (1999) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco, onde atualmente encontra-se em Doutorado. Desenvolve sua pesquisa na área da QEE, em parceria com a CHESF, desde 2001, atuando diretamente no Grupo de Desenvolvimento e Manutenção da Rede de Monitoração. É membro-estudante do IEEE.

**Daniel P. C. P. de Lira:** nasceu em Recife/PE, 1975. É graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Pernambuco, 2001. Integra a equipe da QEE da CHESF desde 2002. Pela ANDESA, participou da implantação da Rede de Qualimetria da CHESF no período de 1999 a 2001 e desenvolveu pesquisas em monitoração da QEE junto a Empresas do Setor e Consumidores.