



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

GCQ-07
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

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

**ANÁLISE E LEVANTAMENTO DE INDICADORES DA QUALIDADE DE ENERGIA
EM CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DA AES SUL**

Hermes R.P.M. de Oliveira*
Carlos E. C. Figueiredo
Guilherme Papaléo
AES Sul

Nelson C. de Jesus
Herton N. Azzolin
LAQUEE/DETEC/UNIJUÍ

RESUMO

Este informe técnico apresenta uma análise dos resultados de monitoramentos da qualidade de energia realizados em alguns pontos do sistema elétrico de distribuição da AES Sul - Distribuidora Gaúcha de Energia S/A. Avalia-se os parâmetros obtidos em regime permanente no que se refere ao aspecto de conformidade, comparando-os aos respectivos limites recomendados. Realiza-se, também, um levantamento dos afundamentos momentâneos de tensão, os quais serão utilizados para definição e aplicação de alguns indicadores de desempenho.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoramento. Variações em Regime Permanente. Variações de Tensão de Curta Duração. Indicadores de Qualidade de Energia.

1.0 - INTRODUÇÃO

A área de qualidade de energia vem se tornando, de maneira crescente, importante e estratégica as empresas distribuidoras de energia brasileiras. Diversos aspectos que normalmente eram desprezados, dentro do novo ambiente que se aproxima, devem ser reavaliados pelos diversos agentes do setor. Isto em função da necessidade de níveis cada vez mais exigentes quanto ao fornecimento da energia elétrica. Neste particular, torna-se fundamental o conhecimento prévio dos diversos parâmetros que definem a qualidade da energia. Na busca por melhores padrões de qualidade deve-se, num primeiro momento, atender as grandezas em regime permanente tais como, distorções harmônicas,

desbalanços de tensão e severidade de cintilação (flicker), procurando adequá-los aos níveis de compatibilidade. Entretanto, distúrbios transitórios como variações de tensão de curta duração, normalmente são os responsáveis pelos maiores impactos na operação de consumidores industriais. Nestes casos, deve-se analisar cada instalação com as suas distintas características, pois a qualidade de energia elétrica depende basicamente das expectativas do consumidor, da tensão em regime permanente e transitório fornecida pelas empresas de energia e também da sensibilidade adotada pelos fabricantes de equipamentos. Assim, quaisquer ações visando a melhoria do fornecimento e, conseqüente, redução de problemas devem considerar tais aspectos. Tendo em vista que a região metropolitana de Porto Alegre é a mais industrializada do Estado do Rio Grande do Sul e, por isso mesmo, estratégica para a AES Sul, esta resolveu realizar um levantamento estatístico das principais grandezas elétricas em algumas das subestações/consumidores servidos nessa área. Apresenta-se nesse trabalho, uma análise detalhada das medições efetuadas com registradores específicos para eventos de *power quality* com os principais resultados desse monitoramento contínuo. Valores em regime permanente são comparados aos limites recomendados e sugestões quanto à interpretação dos resultados são descritos. Desta forma, tem-se um histórico do comportamento e tendências para os índices relacionados à conformidade da onda de tensão em diversos pontos de fornecimento e instalação de consumidores industriais localizados na região metropolitana. Problemas com interrupções de processos produtivos por variações momentâneas de tensão foram avaliados durante a realização do programa de monitoramento, juntamente com a proposição de alternativas na busca de uma melhor

* Rua Presidente Roosevelt, 68 - CEP 93010-060 - São Leopoldo - RS - BRASIL
Tel.: (51) 589-6364 - Fax: (51) 590-7587 - E-MAIL: hermes.oliveira@aes.com

compatibilidade. Indicadores para afundamentos de tensão são discutidos no âmbito dos resultados das medições e na comparação com curvas de sensibilidade. Esses indicadores são de fundamental importância a elaboração de estudos de planejamento visando à melhoria do sistema elétrico no que se refere ao fornecimento de energia a cargas sensíveis. Os dados serão utilizados para a determinação de alguns índices relacionados à duração e magnitude dos afundamentos de tensão [1][2][4]. Deste modo, obteve-se um perfil de diversas grandezas que definem a qualidade de energia fornecida.

2.0 - LIMITES RECOMENDADOS

Este item descreve os valores adotados como referência em relação aos limites das grandezas de desempenho. Além da regulação de tensão, que no caso específico, deve manter os níveis das tensões RMS em valores de, no máximo, $\pm 5\%$ da tensão nominal, considera-se as demais grandezas em regime permanente, conforme apresentado em seguida. Os padrões que estão sendo propostos, denominados limites globais, são fundamentados nas recomendações que foram elaboradas no âmbito do GCOI & GCPS e serão utilizados para efeito de comparação aos limites máximos estabelecidos [5].

2.1 Distorção Harmônica

Os limites globais recomendados para a distorção harmônica são apresentados na Tabela 1, em termos dos valores máximos admissíveis para as tensões harmônicas individuais (V_h) e também para a distorção harmônica total (DHT), de acordo com a classe de tensão. Em relação às condições de limitação de correntes harmônicas por usuário, ainda não foram propostos limites em âmbito nacional, mas a norma IEEE - 519 estabelece alguns índices neste sentido, considerando o nível de curto-circuito e a máxima corrente demandada [3], conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 1 - Limites Globais V_h & DHT

V < 69 KV				V ≥ 69 KV			
ÍMPARES		PARES		ÍMPARES		PARES	
H	V_h	H	V_h	h	V_h	h	V_h
3,5,7	5%	2,4,6	2%	3,5,7	2%	2,4,6	1%
9,11,13	3%	≥ 8	1%	9,11,13	1,5%	≥ 8	0,5%
15 a 25	2%			15 a 25	1%		
≥ 27	1%			≥ 27	0,5%		
DHT = 6%				DHT = 3%			

Tabela 2 - Limites de Corrente (IEEE - 519)

V ≤ 69 kV					
I_{sc}/L	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	TDD
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	5.0
20 - 50	7.0	3.5	2.5	1.0	8.0
50 - 100	10.0	4.5	4.0	1.5	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	20.0

Na Tabela 2, tem-se:

I_{sc}/L - Relação corrente de curto-circuito e carga;
TDD - Máxima distorção harmônica de corrente.

2.2 Flutuação de Tensão

Os limites globais recomendados para a flutuação de tensão são dados na Tabela 3, considerando os índices de severidade de cintilação (flicker) de curta (P_{ST}) e longa duração (P_{LT}).

Tabela 3 - Limites Globais P_{ST} e P_{LT}

Todos os níveis de tensão	
P_{LT}	1 pu
P_{ST}	0,8 pu

2.3 Desbalanço de Tensão

O limite global recomendado para o desbalanço de tensão é apresentado na Tabela 4, sendo expresso através do fator de desequilíbrio (k), o qual representa a relação entre a componente de seqüência negativa e positiva da tensão.

Tabela 4 - Limite Global Fator k

Todos os níveis de tensão	
k	2%

3.0 - RESULTADOS OBTIDOS

Durante a implementação e execução do programa de qualidade de energia da AES Sul foram monitorados diversos pontos do sistema de distribuição, incluindo medições simultâneas em subestações e consumidores industriais. Entretanto, a título de demonstração da metodologia de análise empregada, serão apresentados os resultados considerando os dados obtidos em um único ponto de medição, mais especificamente, num dos alimentadores na classe de 25 kV, derivado da SE Cidade Industrial, localizada na cidade de Canoas/RS. Os registros referem-se a medição com três TP's e TC's por um período contínuo de aproximadamente 4 meses, avaliando-se tanto as grandezas em regime permanente como as variações de tensão de curta duração.

3.1 Grandezas em Regime Permanente

São apresentados os resultados obtidos durante o monitoramento realizado no ponto de fornecimento da SE Cidade Industrial. A figura 1 mostra a tensão RMS considerando as três fases no período de 10/06/01 à 05/10/01, agregando-se os valores a intervalos de 10 minutos. Neste caso, as tensões RMS se mantiveram na faixa considerada adequada com valores próximos aos nominais. Conforme procedimento adotado, inicialmente, foram avaliados os dados em intervalos semanais, comparando com os limites recomendados sob o aspecto de conformidade da onda de tensão [5]. A figura 2 mostra o comportamento das grandezas relativas a fase A e do desbalanço junto aos respectivos limites globais num período semanal, os quais não foram violados. As demais fases mostraram dados similares e estado de referência satisfatório.

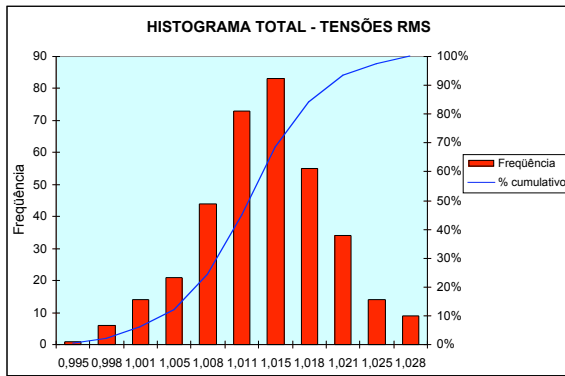


Figura 1 - Histograma total das tensões RMS

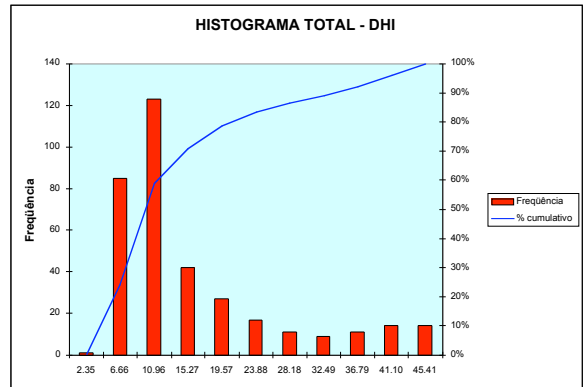


Figura 4 - Histograma total da distorção de corrente

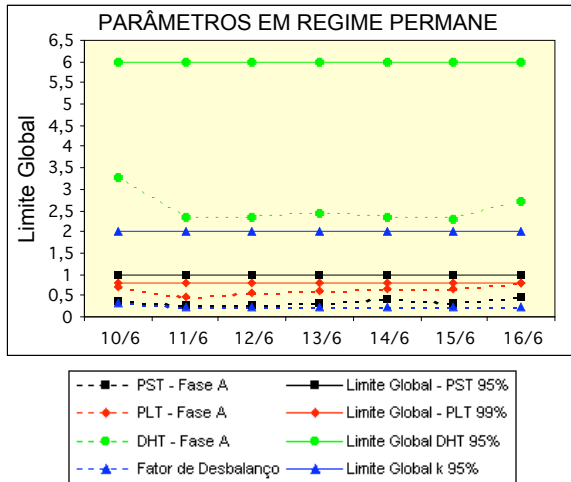


Figura 2 - Comparação semanal com os limites globais

A figura 3 apresenta o histograma geral da distorção harmônica de tensão, cujo limite também não foi violado durante todo o intervalo de análise.

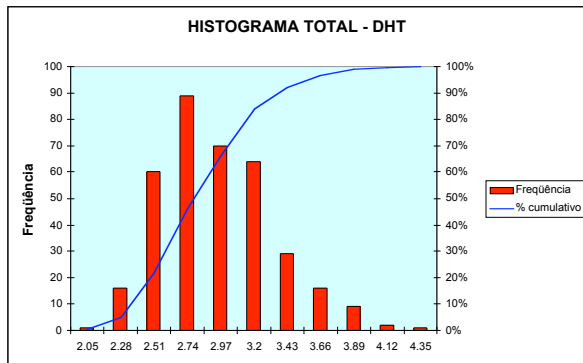


Figura 3 - Histograma total da distorção de tensão

Já em relação a distorção harmônica das correntes, registrou-se valores consideráveis, como mostra a figura 4. Entretanto, conforme o fabricante do equipamento de medição, este fato se deve ao erro considerável dos transdutores e conversores A/D no período de carga leve. Na atual versão este inconveniente já está solucionado. Os resultados dos índices de severidade de cintilação são mostrados nas figuras 5 e 6, sendo que somente os dados de longa duração foram violados durante determinadas amostras. Porém, durante o monitoramento não foram verificadas quaisquer reclamações quanto a possíveis problemas de cintilação no referido sistema.

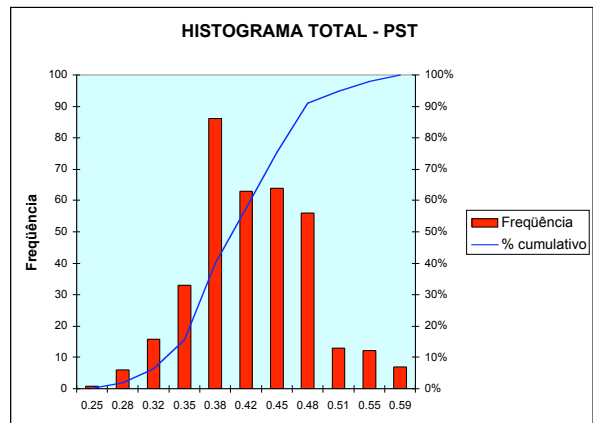


Figura 5 - Histograma total do índice PST

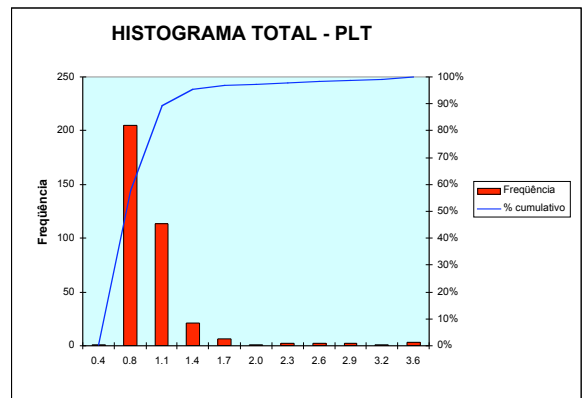


Figura 6 - Histograma total do índice PLT

A figura 7 mostra o comportamento do fator de desbalanço de tensão, com valores bem inferiores ao limite de 2% adotado como referência.

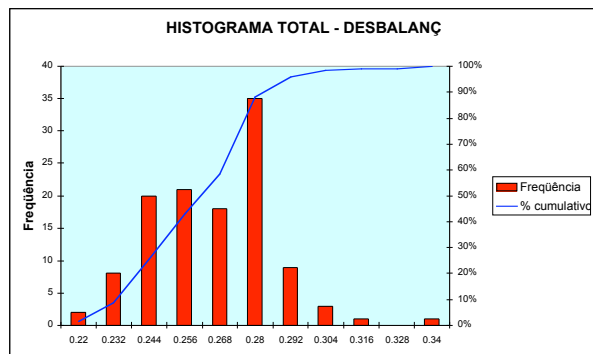


Figura 7 - Histograma total do fator de desbalanço

3.2 Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD)

Com os dados registrados, realizou-se o levantamento do perfil das variações momentâneas de tensão, dando especial ênfase às características principais quanto às ocorrências dos afundamentos para posterior análise de alguns indicadores. A figura 8 mostra os resultados das variações de acordo com a curva CBEMA, onde a grande maioria se encontra dentro da faixa de operação normal. Salienta-se que existem diversas curvas de sensibilidade em função dos tipos de processos e características dos equipamentos e componentes industriais, as quais devem ser utilizadas para avaliação dos verdadeiros impactos ocasionados por variações de tensão em cada caso específico.

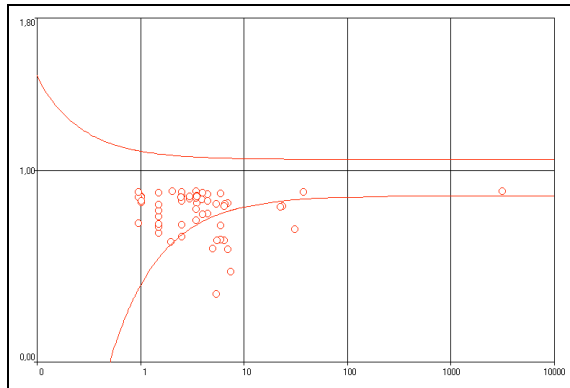


Figura 8 - Curva CBEMA

A quantificação dos afundamentos foi realizada considerando os eventos trifásicos quanto às fases com intensidades mais severas e as suas respectivas durações, obtendo-se o gráfico mostrado na figura 9. Esta forma de avaliação fornece o comportamento geral do sistema quanto ao perfil das ocorrências e, sendo assim, já representa a respectiva qualidade de energia do sistema. Observa-se que as partes mais representativas das ocorrências não tiveram valores tão severos e ao mesmo tempo foram de curta duração, classificadas como eventos instantâneos.

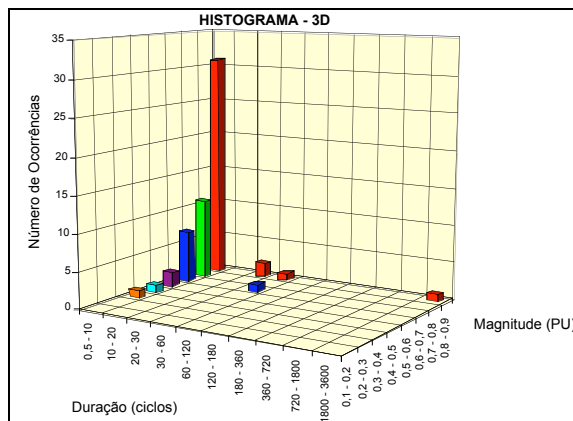


Figura 9 - Perfil das VTCD's

4.0 - LEVANTAMENTO DE INDICADORES PARA VARIAÇÕES DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

Utilizam-se indicadores de VTCD's propostos em âmbito mundial, os quais consideram as respectivas durações e magnitudes dos eventos, diferenciando-se na metodologia de análise e forma de agregação [1].

4.1 Indicador UNIPEDE/DISDIP

Esta metodologia é resultado de discussões de um grupo denominado UNIPEDE/DISDIP. Adotando este método, o qual consiste no tratamento exclusivo de afundamentos, tem-se a contagem do número de ocorrências de acordo com as faixas de intensidades e durações equivalentes. Neste caso, a intensidade de um afundamento trifásico é definida como o maior desvio (menor tensão remanescente) ocorrida nas três fases em relação à tensão nominal do sistema. Por outro lado, a duração é dada pelo intervalo em que a tensão de uma das fases é igual ou inferior ao limite de 0,9 pu, até o instante em que nenhuma das fases seja inferior a este limite. Este indicador corresponde ao resultado de uma avaliação estatística simples, normalmente considerando um período anual. Em contrapartida, existe o efeito de embaralhamento de fases, resultado da própria definição quanto à duração, podendo-se considerar a intensidade de uma fase e a duração de outra. Daí perde-se a correlação tanto com os eventos causadores dos afundamentos, como também dos efeitos sobre as cargas [4]. Nesta análise, utilizou-se uma contagem dos 58 afundamentos registrados nas respectivas faixas estabelecidas por este método, por um período equivalente a 4 meses.

Tabela 5 - Número de Afundamentos de Tensão

Intensidade U_{RMS} (%)	Duração (s)					
	0,01 - 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 1	1 - 3	3 - 20	20 - 60
10 - 15	0	0	0	0	0	0
15 - 30	0	0	0	0	0	0
30 - 60	2	3	0	0	0	0
60 - 99	43	7	2	0	0	1
99 - 100	0	0	0	0	0	0

4.2 Indicador ESKON (NRS-048)

Segundo a metodologia proposta pela Norma NRS-048, a intensidade de um afundamento de tensão trifásico é definida como a maior queda do valor RMS da tensão ocorrida nas três fases. Os desvios percentuais são tomados em relação a uma tensão declarada, por exemplo, tensão nominal ou tensão de operação do sistema. Por outro lado, a duração é caracterizada em relação a pior fase afetada em cada evento registrado [4]. A National Electricity Regulator - NER, com o objetivo de fornecer às empresas de energia elétrica da África do Sul uma forma de avaliar a qualidade no fornecimento de energia elétrica a seus clientes, definiu categorias de afundamentos de tensão conforme a Tabela 6 [1][4]. Adicionalmente, estabeleceu limites para os indicadores em função destas categorias, por classes de tensão, os quais foram revisados e são apresentados na Tabela 7.

Tabela 6 - Categorias para Afundamentos de Tensão

Intensidade U_{RMS} (%)	Duração (ms)		
	20 < t < 150	150 < t < 600	600 < t < 3000
90 - 80	Y		
40 - 80	X	S	Z
0 - 40	T		

Tabela 7 - Limites de Afundamentos de Tensão

Faixas de Tensão (kV)	Número de Afundamentos de Tensão por ano				
	Categoria dos Afundamentos de Tensão				
	Z	T	S	X	Y
6,6 < 44	10	8	10	50	75
6,6 < 44 (rural)	20	15	25	100	150
44 < 132	5	10	10	50	80
220 < 765	2	3	3	33	40

Como o período total das medições foi inferior a um ano, utilizou-se a título de comparação uma aproximação linear quanto ao período anual, obtendo-se os valores da Tabela 8, sendo que nestas condições, todos os limites foram inferiores aos recomendados segundo a Norma NRS-048 para a respectiva classe de tensão.

Tabela 8 - Número Estimado de Afundamentos

Intensidade U_{RMS} (%)	Duração (ms)		
	20 < t < 150	150 < t < 600	600 < t < 3000
80 - 90	Y=64,8		
40 - 80	X=48	S=2,4	Z=0
0 - 40	T=4,8		

4.3 Indicador EPRI/ELECTROTEK

A metodologia proposta pelo EPRI/ELECTROTEK enfoca tanto os afundamentos como as elevações de tensão [1][4]. Este método define a intensidade como sendo a máxima queda no valor eficaz durante um evento e a duração de um afundamento como sendo o período de tempo em que a tensão RMS viola um limite de tensão declarado para avaliar o distúrbio. Para um sistema trifásico a intensidade e duração são dadas pelas mesmas grandezas de fase em relação à tensão especificada. Considerando a sistemática apresentada, o indicador usado pelo EPRI para a avaliação do desempenho do sistema é o SARFI_(x) (System Average RMS Variation Frequency Index_{voltage}), conforme equação (1).

$$SARFI_{(x)} = \frac{\sum N_C}{N_T} \quad (1)$$

Onde:

x - Limiar da tensão eficaz da variação de tensão, normalmente com os valores: 90, 80, 70, 50 e 10%;
 N_C - Número de consumidores afetados por afundamentos de tensão com intensidade abaixo de x%, devido a um evento medido i;
 N_T - Número de consumidores supridos pela seção do sistema a ser avaliado.

Salienta-se que este indicador permite avaliar o número de consumidores afetados, entretanto, tornam-se necessários cálculos complementares utilizando as amostras das medições, modelagem de rede e técnicas de estimação de estado. Além do SARFI_(x), também são definidos outros indicadores semelhantes, subdivididos em faixas de duração de acordo com a norma IEEE-1159, ou seja, relacionados às variações instantâneas, momentâneas e temporárias [2].

Considerando que o indicador SARFI_(x) para uma localização específica é o número de afundamentos por um período de tempo com tensão inferior a x, os indicadores para este sistema são dados como segue.

Tabela 9 - Valores do Indicador SARFI_(x)

Índice	Ocorrências	Eventos/mês
SARFI ₉₀	58	14,26
SARFI ₇₀	12	2,95
SARFI ₅₀	2	0,49

4.4 Indicador Sag Score

Vários são os parâmetros utilizados nos contratos de energia, os quais tendem a ficar cada vez mais detalhados em função das exigências de mercado. Por exemplo, para um consumidor sensível, é interessante estabelecer a probabilidade do número de afundamentos, considerando a intensidade e duração, esperados e garantidos em contratos. Como exemplo, o Sag Score (Detroit Edison), é um dos primeiros métodos utilizados em contratos de energia elétrica por parte de grandes consumidores industriais. Este índice é definido como a queda de tensão média trifásica [1]:

$$Sag\ Score = 1 - \frac{V_A + V_B + V_C}{3} \quad (2)$$

Onde:

V_A , V_B e V_C - Valores RMS das tensões de fase em pu.

A vantagem deste método é a simplicidade, contudo, não considera a duração, que é um importante parâmetro para indicar o impacto visto pelas cargas sensíveis. Alguns dos critérios para se calcular os índices anuais em um sistema utilizando este método são [6]: Os dados referentes aos afundamentos de tensão devem ser agregados em intervalos mínimos de 15 minutos para cada ponto de medição; Se uma ou duas fases apresentarem valores superiores a 1,0 pu, os mesmos são considerados unitários; A qualificação é utilizada e normalmente afundamentos com valores superiores a 0,75 pu não são considerados. A Tabela 10 mostra os resultados avaliados por este indicador.

Tabela 10 - Valores do Indicador Sag Score

Va (pu)	Vb (pu)	Vc (pu)	Sag Score
1	0,751	0,634	0,205
1	0,392	1	0,203
1	0,675	1	0,108
0,355	0,78	0,85	0,338
1	0,471	0,788	0,247
0,656	1	0,778	0,189
0,716	0,712	0,72	0,284
0,716	0,876	0,718	0,230
1	0,726	1	0,091
0,761	0,64	1	0,200
0,771	0,705	0,767	0,252
0,59	1	0,67	0,247
0,74	1	1	0,087
1	0,719	1	0,094
0,712	1	0,593	0,232
1	0,736	0,634	0,210
0,629	1	0,712	0,220
0,629	1	0,712	0,220
0,716	1	0,805	0,160

4.5 Indicador Perda de Energia

Este método é bastante interessante porque caracteriza a quantidade de energia que não foi liberada à carga no instante de ocorrência de um afundamento [1][6]. A perda de energia é definida como a integral da queda de energia durante o evento, conforme a equação (3).

$$P_E = \int V(t)^2 dt \quad (3)$$

$V(t)$ - Magnitude da tensão em pu.

Segundo a definição de Thallam, a energia relativa a um afundamento de tensão (Voltage Sag) é dada por:

$$\int_{VS} = \int \frac{V}{V_{nom}}^2 T \text{ ou } \int_{VS} = \int \frac{V(t)}{V_{nom}}^2 dt \quad (4)$$

Conforme proposto por Heidt e Thallam, a perda de energia relacionada a um afundamento é calculada considerando o expoente 3,14, que é resultante da Curva CBEMA, a qual para subtensões apresenta uma característica de energia basicamente constante [6].

$$P_E = \int \frac{V}{V_{nom}}^{3.14} T \quad (5)$$

Onde:

P_E - Perda de Energia (pu)

V - Magnitude do afundamento em Volts (RMS);

T - Duração do afundamento em segundos.

Para o caso trifásico, tem-se:

$$P_E = \int \frac{V_a}{V_{nom}}^{3.14} T_a + \int \frac{V_b}{V_{nom}}^{3.14} T_b + \int \frac{V_c}{V_{nom}}^{3.14} T_c \quad (6)$$

Para tratamento de eventos não retangulares a definição da integral é utilizada [1]. A partir dos resultados do monitoramento e da equação (6), realizou-se a avaliação deste indicador durante os eventos de afundamentos, como mostrado a seguir.

Total de Energia Perdida ($\int P_E$) = 345,30 pu

Número de eventos (N_E) = 58

Índice Médio de Energia Perdida (IMEP) = 6,10 pu

5.0 - CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um levantamento e análise dos principais parâmetros relacionados à qualidade de energia durante o monitoramento na SE Cidade Industrial, previsto no programa de qualidade de energia implementado na AES Sul. De uma maneira geral é fundamental a implantação de sistemas de monitoramento para obtenção das reais características de desempenho em termos de qualidade de energia. Com uma base de dados consistente deverá ser estabelecido o perfil e índices de desempenho para verificação de áreas e padrões típicos. Inicialmente,

foram descritos os limites recomendados em termos das grandezas em regime permanente. Conforme os procedimentos de análise, os parâmetros de regulação, distorção harmônica, severidade de cintilação (flicker) e desbalanço de tensão foram analisados por períodos semanais e comparados aos limites globais adotados como referência. Além disso, os dados obtidos foram agregados e compactados de maneira a representarem as características de cada grandeza em termos estatísticos. Neste sentido, os valores referem-se aqueles com probabilidade de serem superados em apenas 5% do tempo efetivo de medição ou do número de amostras, exceto o índice de severidade de cintilação de longa duração, o qual utiliza o nível de probabilidade de P99%. Os resultados das grandezas que definem a conformidade da onda de tensão em regime permanente foram satisfatórios com valores dentro dos esperados. Somente quanto ao índice PLT ocorreu violação do respectivo limite, entretanto, não foram relatados problemas com cintilação no referido sistema. Em relação às variações de tensão de curta duração foram apresentadas as principais características dos eventos registrados, sendo que a maioria pode ser classificada como do tipo instantânea e com valores não tão severos no ponto de medição. Devido à importância da determinação de indicadores para afundamentos de tensão, diversos modos de análise foram utilizados, incluindo os indicadores UNIPED/DISDIP, ESKON, EPRI/ELECTROTEK, Sag Score e Perda de Energia. Salienta-se que ainda não existe consenso quanto à forma mais adequada de expressar a qualidade de energia em termos dessas variações. Aliás, diversos modos de caracterização estão sendo estudados e propostos por grupos de trabalho em nível mundial. De qualquer modo, existe a necessidade comparativa destes índices em vários pontos do sistema, pois a partir destes resultados tem-se uma avaliação sistêmica. Quanto a este aspecto, o programa de monitoramento da AES Sul está em andamento e objetiva o levantamento de áreas quanto à qualidade do fornecimento, utilizando como base a mesma metodologia apresentada neste trabalho.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Voltage Sag Indices - Draft 2. Working Document for IEEE P1564, Nov, 2001.

[2] IEEE Std. 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.

[3] IEEE Std. 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.

[4] Filho, J.M.C., Paulilo, G., Abreu, J.P.G. Panorama Mundial sobre Indicadores para Afundamentos de Tensão. IV SBQEE. Porto Alegre, RS, Ago, 2001.

[5] GTAD-SCEL/GCOI e GTST-CTSC/GCPS - Minuta de Portaria. Procedimentos de Medição para Aferição da Qualidade da Onda de Tensão quanto ao Aspecto de Conformidade, Out, 1997.

[6] Thallam, R.S., Heydt, G.T. Power Acceptability and Voltage Sag Indices in Three Phase Sense. IEEE PES Summer Meeting, July, 2000.