

# Estudo da Qualidade da Energia Elétrica nos Serviços Auxiliares de uma Termelétrica a Carvão Mineral.

*Oliveira, André Martins*  
Depto. de Engenharia Elétrica  
Faculdade - SATC  
Capivari de Baixo, Brasil  
andremo@tractebelenergia.com.br

*Ando, Oswaldo Hideo Junior*  
Depto. de Engenharia Elétrica  
Faculdade - SATC  
Criciúma, Brasil  
oswaldo.junior@satc.edu.br

**Resumo** — Este trabalho apresenta um estudo da qualidade da energia elétrica aplicado aos serviços auxiliares de uma usina termelétrica à carvão mineral. Inicia-se com o levantamento de dados e características dos serviços auxiliares, que são: motores de moinhos, ventiladores forçados, induzidos, bombas de alimentação e o transformador de iluminação. O estudo ampara-se no procedimento de distribuição de energia elétrica da Aneel (PRODIST ANEEL:2012) e na norma (IEEE 1159:1995). As informações serão mensuradas a partir de um método que utiliza o sistema de telemedicação e um analisador eletrônico de QEE, além de material bibliográfico, manuais, procedimentos e normas. Através do estudo das cargas verificou-se que existe má QEE, pois foi identificado baixo fator de potência e presença elevada de DHT em algumas cargas. Esta pesquisa poderá ser utilizada como fonte de apoio para estimar o tempo de vida útil das cargas e servir de base para aplicação em outras unidades da usina.

*Palavras – chave: Energia ; Estudo; Normas; Qualidade*

## I. INTRODUÇÃO

Para que os consumidores tenham acesso a energia elétrica de qualidade, os processos de geração de energia também precisam estar de acordo com uma série de normas e procedimentos, que garantem à população e indústrias o acesso a este benefício.

O funcionamento eficiente de uma usina termelétrica à carvão pode determinar a qualidade de sua produção de energia elétrica. Porém, para produzir energia, uma série de máquinas e equipamentos trabalham na preparação dos insumos (moagem do carvão, desmineralização d'água, controle temperatura do vapor, ar primário-secundário, iluminação etc).O conjunto de operação destes mecanismos chama-se serviços auxiliares. Os serviços auxiliares da usina compreendem um elevado número de antigos motores, transformadores, retificadores, e um emaranhado de cabos que estão em atividade a mais de 45 anos, cuja vida útil não pode

ser estimada com precisão. A operação dos serviços, se dá pelo agrupamento de cargas de natureza linear e cargas não-lineares que consomem em torno de 10% geração de energia elétrica da unidade. Por se tratar de uma planta industrial muito antiga, visualiza-se a necessidade de realizar uma análise da qualidade da energia elétrica dos sistemas auxiliares. Os parâmetros da QEE serão avaliados em conformidade com o módulo 8 do PRODIST e a norma IEEE 1559.

## II. QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

### A. Definição

A qualidade da energia elétrica está relacionada a um conjunto de alterações que podem ocorrer no sistema elétrico. Classifica-se como má QEE, variações da tensão, corrente ou frequência, que podem resultar na falha ou má operação dos equipamentos elétricos.

### B. Histórico

Nos anos 80, a maioria dos equipamentos elétricos possuíam características de cargas lineares, motivo principal que determina a qualidade no fluxo de energia elétrica sob predominância majoritária de 60hz.

Atualmente encontram-se consumidores em todas as classes com inúmeras cargas comandadas eletronicamente (cargas não-lineares) que acabam por distorcer a forma de onda, introduzindo distúrbios eletromagnéticos na rede (afetando as próprias cargas geradoras por terem maior sensibilidade) se propagando pela rede comprometendo a QEE do sistema. [1]

Os distúrbios eletromagnéticos afetam a QEE e podem ser originados tanto nos sistemas quanto nos equipamentos das concessionárias ou nos equipamentos dos consumidores. No entanto, as causas destes distúrbios em grande parte não estão no controle das concessionárias por se tratarem de fenômenos gerados por causas aleatórias (atividades de construção, acidentes e falhas no sistema elétrico), fenômenos naturais (relâmpagos, ventos, gelo, etc.) e operações cotidianas da

concessionária (chaveamentos, operações com bancos de capacitores e manutenção) A partir da década de 90 iniciou-se a análise da QEE preocupando-se com a continuidade do serviço, já que a interrupção do mesmo acarretaria transtornos. Porém devido aos crescentes avanços tecnológicos e normativos fez-se necessário considerar outros eventos.

A padronização da QEE ainda encontra-se em processo de regulamentação. Mundialmente, a Europa é a região mais avançada em relação à normatização da QEE, onde é vigente a norma EN50160 (norma que abrange flicker, interharmônicas, desvios e variações de tensão, entre outros) oficialmente adotada por vários países. Já nos EUA, grande parte das concessionárias tem utilizado diversas normas como referência, como a IEEE 1195 e IEEE 519.

Sabe-se que no Brasil, a QEE é monitorada pelas concessionárias de energia elétrica, através de índices, que quantificam a QEE fornecida.

### III. CLASSIFICAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

Em conformidade com a norma IEEE 1159:1995, a qualidade de energia elétrica pode ser classificada na forma dos seguintes distúrbios eletromagnéticos.

#### A. Transitórios

Os transitórios são fenômenos eletromagnéticos oriundos de alterações súbitas nas condições operacionais de um sistema de energia elétrica. Geralmente, a duração de um transitório é muito curta, na faixa de microssegundos ou milissegundos, mas de grande importância, uma vez que submete equipamentos a grandes solicitações de tensão e/ou corrente. Existem dois tipos de transitórios: os impulsivos, causados por descargas atmosféricas, e os oscilatórios, causados por chaveamentos [1].

- *Transitórios Impulsivos*

Por definição, os transitórios impulsivos são variações repentinas de curta duração nas condições de regime permanente (tensão, corrente ou ambos), com polaridade em sentido unidirecional positiva ou negativa e apresenta altas frequências em seu conteúdo espectral, diferente da frequência do sistema elétrico.

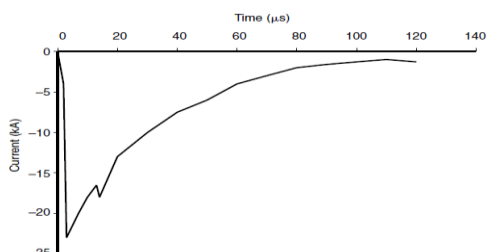


Figura 1 - Transitório decorrente de uma descarga atmosférica.  
Fonte: DUGAN, 1996

- *Transitórios Oscilatórios*

Define-se como uma oscilação em alta frequência os valores instantâneos da tensão, corrente ou ambos sobreposto aos valores instantâneos em regime permanente.

Estes fenômenos são gerados por diversos tipos de chaveamento de dispositivos, energização de linhas, corte de corrente indutiva, eliminação de faltas, ou por transitórios impulsivos que excitam o sistema. Na figura 2 ilustra o evento oscilatório na corrente proveniente do chaveamento de um banco de capacitores.

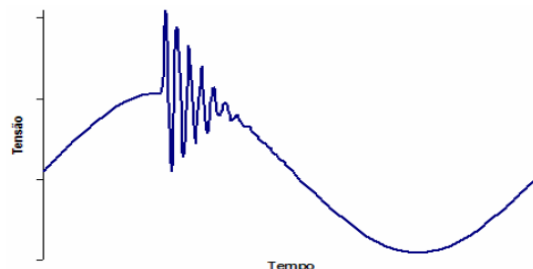


Figura 2 – Transiente decorrente do chaveamento do banco de capacitores.  
Fonte: DUGAN, 1996

#### B. Variações da Tensão de Curta Duração

As variações de tensão de curta duração são fenômenos que apresentam duração entre 0,5 ciclo até 1 minuto e podem ser caracterizadas por alterações instantâneas, momentâneas ou temporárias. Estas alterações geralmente, causadas por curtos circuitos no sistema elétrico e chaveamento de grandes cargas, demandam altas correntes ou perdas intermitentes da conexão com a rede.

- *Afundamento da Tensão*

Conforme a norma IEEE 1159: 1995, o afundamento de tensão é definido como uma queda de tensão de curta duração caracterizada por uma redução no valor eficaz da tensão, entre 0,1 e 0,9 pu, na frequência fundamental, com duração entre 0,5 ciclo e 1 minuto.

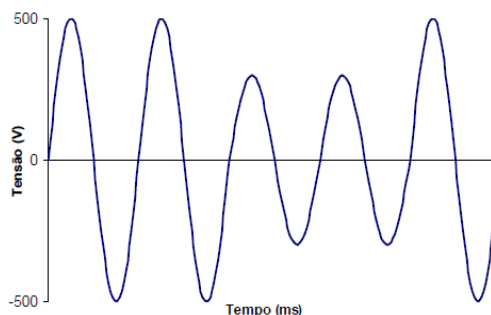


Figure 3 - Afundamento de Tensão de curta duração  
Fonte: DUGAN, 1996

- Elevação da Tensão

A elevação de tensão de curta duração consiste no acréscimo da tensão eficaz para uma faixa entre 1,1 e 1,8 pu, na frequência fundamental, cuja duração varia entre 0,5 ciclo e 1 minuto (IEEE 1159, 1995). As elevações de tensão estão associadas às saídas de grandes blocos de cargas, a energização de grandes bancos de capacitores, e a falta fase

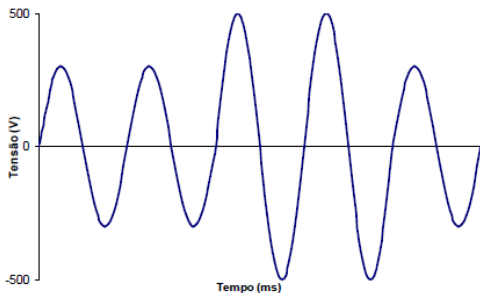


Figure 4- Elevação de tensão de curta duração causada por uma falta fase-terra

Fonte: DUGAN, 1996

- Interrupções

Considera-se como sendo uma interrupção sustentada o decréscimo a zero do valor RMS da tensão durante um intervalo de tempo que ultrapasse 1 minuto. A ocorrência de uma interrupção sustentada, na maioria das vezes, requer a intervenção do operador para restaurar o funcionamento do sistema. Geralmente, a origem deste distúrbio é planejada para manutenção do sistema elétrico, ou de causa inesperada por queima de fusível, falha de disjuntores e falha de componentes do circuito elétrico [1].

O principal problema gerado por interrupções sustentadas é o desligamento de equipamentos, exceto dispositivos protegidos por no-breaks, ocasionando grandes perdas nos processos produtivos.

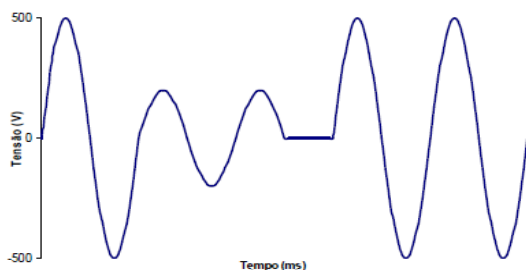


Figure 5 - Interrupção momentânea devido a uma falta.

Fonte: ANDO JUNIOR, 2009

### C. Variações da Tensão de Longa Duração

Pode-se definir este fenômeno como a variação da tensão eficaz, à frequência da rede, sustentada por um intervalo de tempo superior a 1 minuto (IEEE 1159, 1995). Geralmente,

são causadas por energização e desenergização de grandes blocos de carga, linhas de transmissão, chaveamentos de bancos de compensação de reativo e operações no sistema.

Os distúrbios resultantes das variações de tensão de longa duração são classificados em três categorias:

- I. Subtensões Sustentadas
- II. Sobretensões Sustentadas
- III. Interrupções Sustentadas

*Obs: Apresentam um comportamento inerente a variação de curta duração porém, classifica-se como longa duração por permanecer num período maior que um minuto (> 1 min).*

### D Distorções na Forma de Onda

Distorção é uma variação da forma de onda senoidal, na frequência fundamental, em regime permanente, da tensão ou corrente. As distorções na forma de onda são caracterizadas, principalmente, de acordo com seu conteúdo espectral do desvio.

Podem ser classificadas em cinco tipos principais de distorções na forma de onda: harmônicos, interharmônicos, ruídos, notching e nível CC (corrente contínua). A seguir será descrito em detalhes cada um destes fenômenos [1].

- Harmônicos

Definem-se harmônicas como sendo tensões ou correntes senoidais com frequência múltiplo inteiro da frequência fundamental na qual o sistema elétrico foi projetado para operar. A frequência fundamental ou primeira harmônica, no Brasil é padronizada em 60Hz. As harmônicas combinam-se com a tensão ou corrente fundamental, e produzem distorção na forma de onda (IEEE 1159.1995). Na figura 6, verificam-se as deformações na forma de onda da tensão resultante das distorções harmônicas [1].

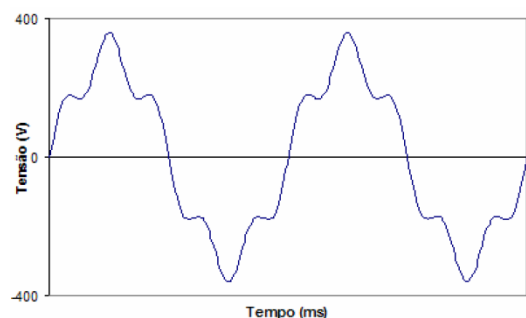


Figure 6 – Demonstrativo da forma de onda da tensão com distorção harmônica.

As harmônicas são provenientes, principalmente, das cargas com características não lineares que podem ser conectadas no sistema de energia elétrica. Entende-se por carga não linear todo e qualquer aparelho ou equipamento que, alimentado com tensões senoidais, origina correntes não senoidais.

A maior parte dos equipamentos eletrônicos de uso doméstico apresenta comportamento não linear, como por exemplo, televisores, lâmpadas com reatores eletrônicos e computadores. Embora isoladamente esses equipamentos causem efeitos imperceptíveis nos pontos de consumo local, as deformações provenientes destes distúrbios prejudicam não apenas o consumidor responsável pelo distúrbio, mas pode ser prejudicial para todos os demais consumidores da rede elétrica[1].

- *Causas e Consequências - Harmônicas*

Dentre as possíveis causas para a elevação do nível destas distorções, pode-se destacar o fenômeno de ressonância (ressonância série e a ressonância paralela). Para o circuito série (RLC) a impedância total na frequência de ressonância se reduz somente a componente resistiva. Nos sistemas de energia elétrica, a utilização de capacitores para correção do fator de potência pode apresentar a ocorrência dos dois tipos de ressonância ou uma combinação de ambos, se os pontos de ressonância forem muito próximos das frequências geradas pelas fontes harmônicas.

As possíveis consequências, em tais casos, podem ser as excessivas operações da proteção dos bancos de capacitores ou, em muitos casos, a falha dos capacitores por curto-circuito. Além do problema citado acima, pode-se observar a ocorrência de outros problemas técnicos nos sistemas de energia provocados pelas distorções harmônicas, como por exemplo:

- ✓ Sobrecarga do sistema elétrico por aumento da corrente eficaz;
- ✓ Sobrecarga dos condutores de neutro em razão da soma das harmônicas de terceira ordem geradas por cargas monofásicas;
- ✓ Sobrecarga, vibrações e envelhecimento precoce dos alternadores, transformadores, motores, ruídos dos transformadores;
- ✓ Sobrecarga e envelhecimento precoce dos capacitores de compensação de energia reativa;
- ✓ Perturbação das redes de comunicação ou das linhas telefônicas.
- ✓ Envelhecimento precoce do material leva a substituí-lo mais cedo, a menos que seja sobredimensionado;
- ✓ Perdas no condutor cobre pela ação das harmônicas de correntes;
- ✓ Perdas no condutor ferro provocada pelas harmônicas de tensão.
- ✓ Disparos intempestivos em sistemas de proteção podem resultar perdas em processos produtivos por tempo de parada e retomada da produção [1].

- *Interharmônicos*

Define-se como sendo as componentes de frequência que podem se manifestar, na tensão ou corrente do sistema, que não sejam múltiplos inteiros da frequência fundamental (50 ou

60 Hz). A amplitude desse fenômeno, na maioria das vezes, tem valor inferior a 0,002 pu (IEEE 1159, 1995). Os interharmônicos podem estar contidos em faixas de frequências ou aparecer como frequências discretas. Estes fenômenos, geralmente, são oriundos dos conversores estáticos de potência, ciclo conversores, motores de indução e fornos a arco, podem ser percebidos em diferentes classes de tensão.

- *Ruídos*

Definido como um sinal elétrico indesejado, contendo uma larga faixa espectral com frequências menores que 200KHz, as quais são superpostas a tensões ou correntes de fase, ou encontradas em condutores de neutro.

Segundo a IEE 1159:1995, os ruídos em sistemas de potência podem ser causados por equipamentos eletrônicos de potência, circuitos de controle, equipamentos a arco, retificadores a estado sólido e fontes chaveadas e, normalmente, estão relacionadas com aterramentos impróprios.

- *Recortes de Tensão*

São recortes na forma de tensão causados por equipamentos de eletrônica de potência quando ocorre a comutação de uma fase para outra. Este fenômeno pode ser detectado através do conteúdo harmônico da tensão afetada.

Os componentes de frequência associados com os “notchings” são de alto valor e, desta forma, não podem ser medidos pelos equipamentos normalmente utilizados para análise harmônica.

- *Nível CC*

Por definição, nível CC é a presença de tensões ou correntes contínuas no sistema elétrico, geralmente, a magnitude destes fenômenos não excede valores de 0,001 pu.

O nível CC em sistemas de potência pode causar a corrosão dos eletrodos de aterramento e outros conectores por eletrolise bem como contribuir para saturação de transformadores, e conseqüentemente, no acréscimo das perdas e redução da vida útil. A origem deste fenômeno está associada, principalmente, ao resultado da operação ideal de retificadores de meia-onda e da ocorrência de distúrbios geomagnéticos

### E. *Flutuações*

Define-se como sendo flutuações de tensão uma série de oscilações aleatórias ou variações sistemáticas e intermitentes das tensões eficazes, geralmente, a magnitude destas flutuações não excede a faixa de 0,95 a 1,05 pu da tensão nominal.

### F. *Desequilíbrios de Tensão*

. Os desequilíbrios podem ser definidos como o desvio máximo da média das correntes ou tensões trifásicas, dividido pela média das correntes ou tensões trifásicas, expressado em percentual. As origens desses desequilíbrios estão geralmente nos sistemas de distribuição, os quais possuem cargas monofásicas distribuídas inadequadamente, fazendo surgir no circuito tensões de sequência negativa.

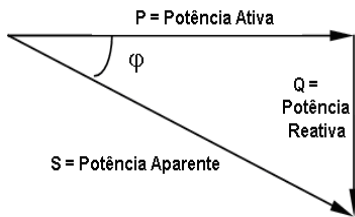
**G. Variações na Frequência do Sistema Elétrico**

Segundo a norma IEE 1159:1995, as variações na frequência de um sistema elétrico são definidas como sendo desvios no valor da frequência fundamental desse sistema de (50Hz ou 60Hz). A frequência do sistema de potência está diretamente associada com a velocidade de rotação dos geradores que suprem o sistema.

**H. Fator de Potência / Prodist - Aneel:2012**

Em um sistema de potência elétrica, fator de potência (FP) é o ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente.

Segundo o Prodist-Aneel:2012 o limite deve ficar entre [0,92 : 1]. A potência elétrica aparente total (kVA), gerada e transmitida às cargas através dos circuitos elétricos, é composta pela soma vetorial da potência ativa (kW) e da potência reativa (KVar).



**Figure 7 - Triângulo das Potências**  
Fonte: WEG, 2005

Utilizam-se os termos FP e  $\cos\phi$  como sinônimos, somente no caso de não existirem harmônicas no circuito, ou seja, se os sinais forem senoidais puros. Para o triângulo das potências da figura acima, é válida a equação 1.

$$FP = \cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \cos\left(\arctan \frac{Q}{P}\right) \quad (1)$$

- A origem do baixo fator de potência

Dentre os fatores que originam um baixo fator de potencia em uma instalação elétrica industrial podem ser considerados como principais agentes: os Transformadores a Vazio ou baixa carga e Motores sobre dimensionados ou operando a vazio.

- O “Baixo” Fator de Potência pode acarretar:

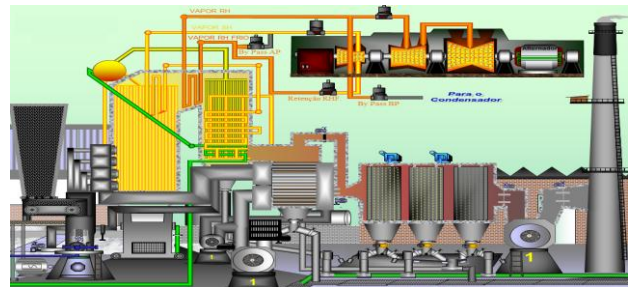
- Acréscimo na conta de energia elétrica por estar operando com baixo fator de potência;

- Limitação da capacidade dos transformadores de alimentação;
- Quedas e flutuações de tensão nos circuitos de distribuição;
- Sobrecarga nos equipamentos de manobra e proteção limitando a vida útil dos mesmos;
- Aumento das perdas elétricas nas linhas de distribuição pelo efeito Joule;
- Necessidade de aumento da seção transversal dos condutores;
- Necessidade de aumento da capacidade dos equipamentos de manobra e proteção.

**IV. ESTUDO DE CASO**

O presente estudo sobre qualidade da energia elétrica, foi realizado em uma usina termelétrica a carvão mineral especificamente nos transformadores que alimentam as principais cargas dos serviços auxiliares.

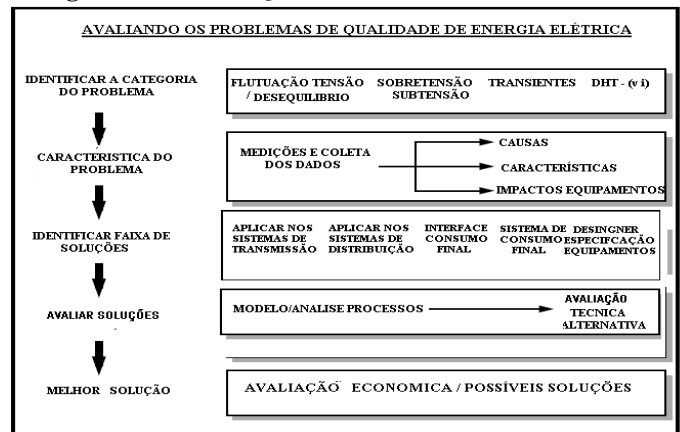
- 1 – Usina Termelétrica à Carvão Mineral
- 2 – Serviços Auxiliares (Iluminação, Ventiladores, Bombas) etc.
- 3 – Estudo da Qualidade da Energia Elétrica



**Figure 8 – Usina Termelétrica e Serviços Auxiliares**  
Fonte: Do Autor,2012

Foi utilizado como base para análise uma metodologia desenvolvida de acordo com livro BOLLEN:1999.

**Tabela 1 – Metodologia Base para Análise da Qualidade de Energia de Elétrica - QEE.**



Fonte: Bollen:1999

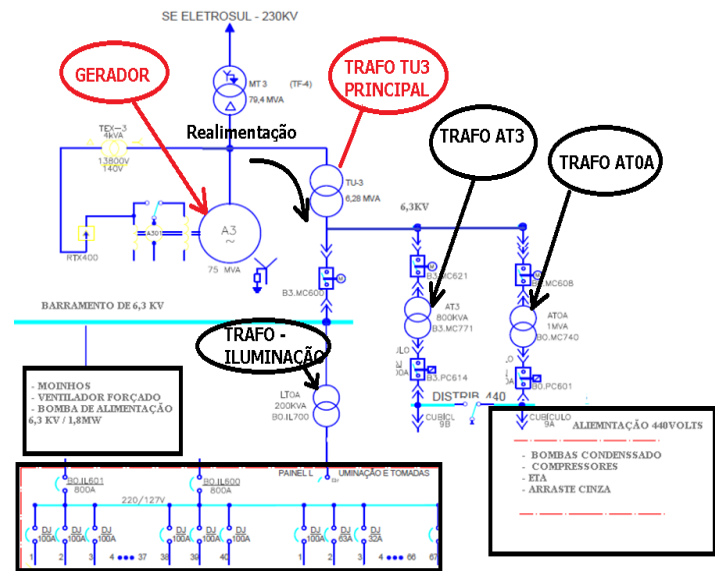
Seguindo a metodologia acima para avaliar os problemas relacionados com a qualidade de energia elétrica:

- Identificar a categoria do distúrbio eletromagnético. Estes distúrbios podem ser classificados conforme IEEE 1159.
- Obter as características do problema, através da medição e aquisição dos dados. Verificar quais são as causas, suas características bem como, o impacto sobre o equipamento.
- Estudar as soluções existentes e avaliar o ponto de aplicação. Os pontos de aplicação podem ser: Sistemas de transmissão, distribuição, interface com o consumidor final, consumidor final ou zona de trabalho do equipamento.
- Realizar uma série de processamento metodológico para encontrar a melhor solução do ponto de vista técnico.
- Aplicar a viabilidade econômica na implantação da solução. A sequência está descrita abaixo.



Figure 10 – Principais cargas dos Serviços Auxiliares  
Fonte: Do Autor, 2012.

• Diagrama Unifilar da UTE – 3



Fonte: Do autor, 2012

A. Metodologia aplicada neste estudo de caso

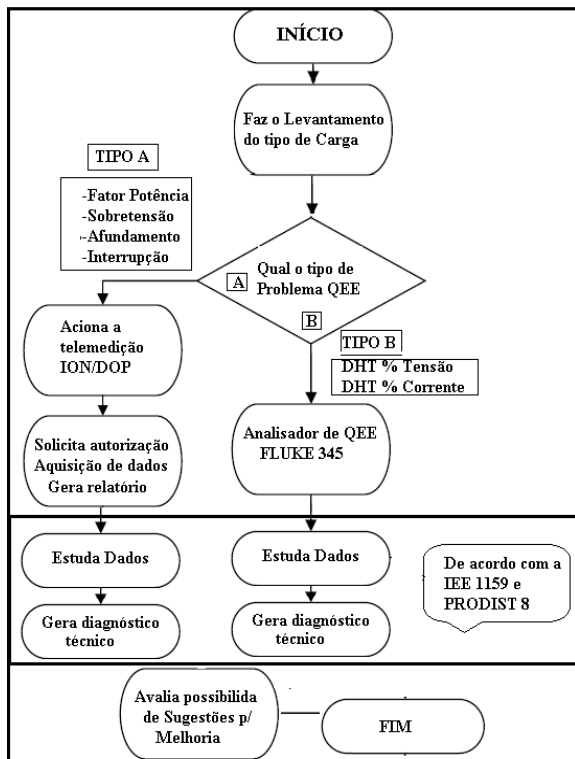


Figure 9 – Fluxograma do Procedimento de Análise  
Fonte: Do Autor, 2012

Para este estudo, consideramos as principais cargas dos serviços auxiliares: bomba de alimentação, ventiladores, moinhos e iluminação.

B. Análise da DHT - Distorções Harmônica Total Tensão / Corrente nos Transformadores que alimentam as cargas dos Serviços Auxiliares da UTE-3.

DHT ou Distorção Harmônica Total, expressa em percentual [%], quanto a forma de onda fundamental(60Hz) da tensão ou da corrente encontra-se distorcida.

Com o auxílio do analisador eletrônico de energia elétrica fluke 345, iniciamos o estudo das principais cargas conectadas aos transformadores da subestação de 6,3KV;

- **TU3** : Moinhos, Bomba Alimentação e Ventiladores.
- **AT0A**: Pátio Carvão , ETA e Pequenos Motores.
- **AT3** : No breaks, Retificadores e Banco Baterias
- **LT0A** : Iluminação / Tomadas



**Quadro I - Análise DHT no Transformador Principal - TU3**

> **Trafo Principal - TU3 6,28 MVA – 6,6KV**  
 > Alimenta toda a planta dos Serviços Auxiliares



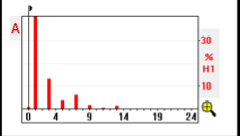
• Local da medição: Sala da operação, painel de medição de faturamento.  
 • Ponto de medição: TC – TP Do Transformador Principal TU3  
 • Bornes de Tensão e Corrente do Medidor GT3-MA - ( FASE R = A )  
 • Desenho: DGT-B – 0573 R-6 FL 1/5

> **CONSUMO TOTAL DOS SERVIÇOS AUXILIARES = 4,07MW**

Medição de DHT [%] – Distorção Harmônica Total  
 MAIOR AMPLITUDE / MEDIÇÃO NA FASE "R" - **TRAFO - TU3**


**Análise - Corrente [A]**

ACA(I)	417 A	H	0.0 Hz	0.9%
THD	11,2%		3A	AUTO



> Presença em 3ª ordem = 15 A  
 > Presença em 5ª ordem = 6,5 A  
 > Presença em 7ª ordem = 9 A

**Análise: - Tensão [V]**



> DHTV = FASE R - Oscila a cima de 10%  
 Fonte: Telemedicação / ION DOP.

Fonte: Do Autor, 2012

**Quadro III - Análise DHT no Trafo AT3**

> **Transformador AT3 – 6,6KV / 440V**  
 > (No Breaks – Retificadores – Motores Válvulas)

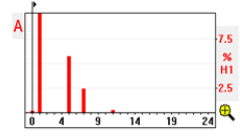
Local da medição: Sala de 440V das unidades 3 & 4  
 Ponto de medição: Painel PC3.  
 Desenho: DGT-B – 0573 R-6 FL 1/5  
 Obs : Ao lado Painel ATOA




Medição de DHT [%] – Distorção Harmônica Total  
 MAIOR AMPLITUDE / MEDIÇÃO NA FASE "T" - **TRAFO AT3**

**Análise - Corrente [A]**

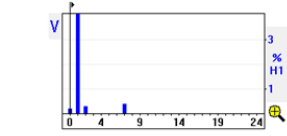
Harmônicos A	2012-06-10, 01:40			
ACA(I)	51,2 A	H	0.0 Hz	0,2%
THD	6,3%		-0.1A	AUTO



> Presença em 5ª ordem = 3 A  
 > DHTI = 6,3%

**Análise: - Tensão [V]**

Harmônicos V	2012-06-10, 01:42			
VCA(I)	459 V	H	0.0 Hz	0,2%
THD	0,5%		1V	AUTO



> Presença em 7ª ordem = 2 V  
 > Presença da componente DC = 0,8 V  
 > DHT = 0,5%

Fonte: Do Autor, 2012

**Quadro II - Análise DHT no Transformador - ATOA**

> **Transformador ATOA – 6,6KV / 440V**  
 > Alimenta: Pátio de Carvão – ETA – Bombas fracionadas


Local da medição: Sala de 440V das unidades 3 & 4  
 Ponto de medição: Painel PC3, conforme abaixo.  
 Desenho: DGT-B – 0573 R-6 FL 1/5




Medição de DHT [%] – Distorção Harmônica Total  
 MAIOR AMPLITUDE / MEDIÇÃO NA FASE "S" - **TRAFO ATOA**

**Análise - Corrente [A]**

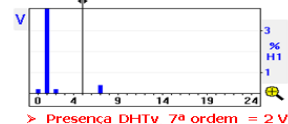
Harmônicos A	2012-06-10, 01:26			
ACA(I)	164,6 A	H	300.0 Hz	0,4%
THD	1,2%		0,7A	AUTO



> Presença em 3ª ordem = 1,5 A  
 > Presença da componente DC = 0,5A

**Análise: - Tensão [V]**

Harmônicos V	2012-06-10, 01:31			
VCA(I)	458 V	H	299,5 Hz	0,0%
THD	0,5%		0V	AUTO



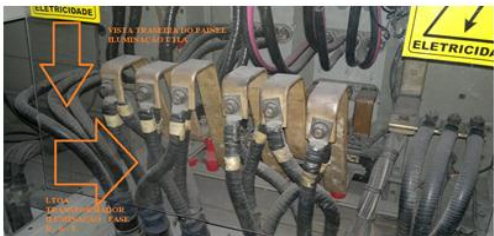
> Presença DHTV 7ª ordem = 2 V  
 > Presença da componente DC = 1v

Fonte: Do Autor, 2012

**Quadro IV - Análise DHT no Transformador – LTOA**

> **Transformador LTOA - 6,6KV/220-115V**  
 > Alimenta: Iluminação - Tomadas

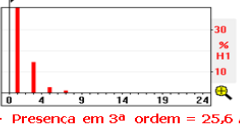
• Local da medição: Sala de 440V das unidades 3 & 4  
 • Ponto de medição: Painel LCO, conforme figura abaixo.  
 • Desenho: DGT-B – 1641 R-1 FL 2- FL4



Medição de DHT [%] – Distorção Harmônica Total  
 MAIOR AMPLITUDE - MEDIÇÃO NA FASE "T" - **TRAFO LTOA**

**Análise - Corrente [A]**

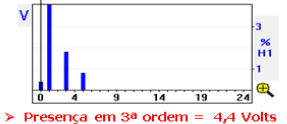
Harmônicos A	2012-06-10, 23:58			
ACA(I)	174,6 A	H	0.0 Hz	0,2%
THD	15,0%		0.1A	AUTO



> Presença em 3ª ordem = 25,6 A  
 > DHTI = 15%

**Análise: - Tensão [V]**

Harmônicos V	2012-06-10, 01:54			
VCA(I)	220,0 V	H	0.0 Hz	0,4%
THD	2,0%		0.5V	AUTO



> Presença em 3ª ordem = 4,4 Volts  
 > Presença da componente DC = 1,2 Volts

Fonte: Do Autor, 2012

## O “Baixo” Fator de Potência - Serviços Auxiliares

O Fator de Potência medido pelo sistema de telemedição estava em torno de 0,79 indutivo ou 79%, considerado baixo segundo o Prodlist-Aneel:2012 deveria ficar entre [0,92; 1 ]

Simulamos a correção do FP elevando de 0,79 ind. para 0,95. Aplicando a equação 1 temos a situação atual e depois da simulação, conforme Quadro V, abaixo.

Quadro V – Simulação - Fator de Potência da Planta

➤ **SIMULAÇÃO DA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA**  
Segundo Prodlist:2012 FP = [ 0,92 : 1 ]

Tabela 1 - Atual		Tabela 2 - Depois	
Serviços Aux. UTE # 3	Dados Atuais	Serviços Auxiliares UTE # 3	APÓS ELEVAR PJ 0,95
Potência Ativa	4,07 MWh	Potência Ativa	4,07 MWh
Fator de Potência	0,79 ind 37,34°	Fator de Potência	0,95 18,19°
Potência Aparente	5,15 MVAh	Potência Aparente	4,28 MVAh
Potência Reativa	3,16 MVAr	Potência Reativa	1,33 MVAr

Fonte: Do Autor, 2012.

➤ Eleva-se o FP de [ 0,79 p/ 0,95 ]  
➤ Aplicando a equação abaixo:

$$FP = \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \cos \left( \arctan \frac{Q}{P} \right)$$

➤ S1 = 5,15 MVA (Antigo)  
➤ S2 = 4,28 MVA (Novo)  
➤ Disponibilizando 800kVA

➤ Se aplicado a correção do FP para 0,95, a corrente consumida pelos serviços auxiliares vai reduzir em 16%

## C. AVALIAÇÃO TÉCNICA

- **TRAFU TU3** – Alimenta os Moinhos, Bombas e Ventiladores: Possui baixo FP = 0,79 e DHTi e DHTv oscilam entre 8 a 10%.
- **TRAFOS AT3** - Alimenta, No break's, Retificadores e Baterias e o **TRAFU LTOA** que alimenta Iluminação e tomadas, são os mais afetados pelo baixo FP = 0,78 e distorções harmônicas total corrente DHTi = 12% e 15%.
- **TRAFU AT0A** – Alimenta o Pátio de Carvão, ETA, é o menos afetado por distúrbios, apresenta baixo FP=0,79 e Distorção ( DHTi = 2% e DHTv =0,5%).
- **Presença Ativa da harmônica de 3ª ordem** em maior amplitude em quase todos os transformadores dos serviços auxiliares.
- **Segundo Schneider Electric:2008** as harmônicas de 3ª ordem possuem sequência zero e somam-se no condutor neutro, gerando aquecimento excessivo reduzindo a vida útil dos transformadores e motores[5].
- **Malha de Aterramento, antiga**, está muito oxidada na subestação 6,3KV.
- **Relatório interno** da empresa aponta indicadores de má qualidade no aterramento da usina UTE3.
- **A Planta estudada foi construída há mais de 45 anos.**

## D. APRESENTAÇÃO POSSÍVEIS SOLUÇÕES

- Implantar um novo projeto p/ malha de aterramento na subestação de 6,3KV, a fim de atenuar os distúrbios eletromagnéticos, principalmente as harmônicas de 3ª ordem (somam-se no neutro). O neutro dos transformadores são aterrados;
- Empregar mais um transformador de 200KVA dividindo as cargas de iluminação e tomadas, conectadas ao Trafo de iluminação LTOA, a fim de isolar o circuito;
- Estudar um filtro de potência variável para minimizar os distúrbios eletromagnéticos já diagnosticados no transformador LTOA;
- Inserir um monitoramento através de oscilógrafos afim de registrar os distúrbios eletromagnéticos ou falhas nos serviços auxiliares. (Ainda não possui Oscilógrafo ).
- Inserir banco de capacitores em ação combinada, no Trafo AT0A ( DHTi = 2% / DHTv=0,5%) e nos terminais da bomba de alimentação ( 1.8MW ) para correção do fator de potência;
- “Na simulação, elevou-se o FP em conformidade com o PRODIST ANEEL:2012 de [0,79 p/ 0,95] e como resultado, obteve-se um alívio de carga em torno de 16% no consumo dos serviços auxiliares e de 1.6% para o gerador. Disponibilizando 800KVA para a planta, potência aparente equivalente ao TRANSFORMADOR AT3”.

## V. REFERÊNCIAS

- [1] ANDO JUNIOR, Oswaldo Hideo. Desenvolvimento de uma metodologia para identificar e quantificar distúrbios da qualidade da energia elétrica. 2009. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- [2] HARMÔNICAS nas Instalações Elétricas: Causa Efeitos e Soluções. PROCOBRE: Aplicações do cobre. 2007. Acessado 1º de março de 2012. Em: [http://www.procobre.org/pr/pdf/pdf\\_pr/06\\_harmonic.pdf](http://www.procobre.org/pr/pdf/pdf_pr/06_harmonic.pdf);
- [3] CAPELLI, Alexandre. Harmônicas Nas Instalações Elétricas Industriais. Revista Saber Eletrônica. Editora Saber Eletrônica: São Paulo. Nº 389. Junho 2005. Pág 31 a 37.
- [4] ION/DOP, Sistema de Telemedição dos dados de Fator de Potência, consumo, distorção Total – Tensão ( DHT), Florianópolis, 2012.
- [5] SCHNEIDER ELECTRIC, Workshop instalações elétricas de baixa tensão, 2009. Acessado 10 de maio de 2012. Disponível em: [www.schneider.com.br](http://www.schneider.com.br)
- [6] IEEE STANDARDS BOARD. IEEE Std 1159 – 1995: Recommended practice for monitoring electric power quality. 1995.
- [7] BOLLEN, M. H. J. Understanding Power Quality Problems: voltage sags and interruptions. New York: IEEE Press, 1999.
- [8] QUALITY PLAN. Documentos da qualidade, bibliografia interna da empresa de geração de energia elétrica, junho de 2012.
- [9] DUGAN, R. C.; McGranagem, M. F.; Beaty, H. W. Electrical Power System Quality, Ed. McGraw-Hill, 1996.
- [10] PRODIST ANEEL modulo 8 , revisão 4. Procedimento de distribuição de energia elétrica nacional. Acessado no dia 2 de junho de 2012. Em [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo8\\_Revisao\\_1\\_Reticacao\\_1.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo8_Revisao_1_Reticacao_1.pdf)



