

# ESTUDO DOS IMPACTOS DA FALTA DE INVESTIMENTO NA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

**Aline Reis Guedes<sup>1</sup>, Douglas Nobre de Andrade<sup>1</sup>, Edílson Camargo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade do Vale do Paraíba, Av. Shishima Hifumi, 2911,  
aline.guedes@bandeirante.com.br, douglas.nobre@vcp.com.br, ecamargo@univap.br.

**Resumo:** O termo "Qualidade de Energia Elétrica" esta relacionada com os desvios que possam a ocorrer na magnitude, forma de onda e/ou frequência da tensão/corrente elétrica, que podem ser tanto de natureza permanente como transitória e afetam diretamente todo o desempenho do sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Sendo a energia elétrica um dos pilares básicos de nossa sociedade, e de suma importância um plano de desenvolvimento Nacional que contemple toda a infra-estrutura energética do País, o que não vem ocorrendo de forma sistemática ao longo dos anos. Esta falta de investimento sistêmico tem provocado uma queda na Qualidade da Energia Elétrica. Este trabalho apresenta um estudo das principais perturbações que podem interferir na Qualidade da Energia Elétrica, fazendo uma análise dos riscos devidos à falta de investimento do ponto de vista da concessionária e do consumidor.

**Palavras-Chave:** Energia Elétrica, Qualidade, Brasil.

**Área do Conhecimento:**

## Introdução:

O conceito de Qualidade de Energia está relacionado a um conjunto de alterações que podem ocorrer no sistema elétrico. De um modo geral, qualidade de energia é definido como sendo qualquer problema de energia manifestado na tensão, corrente ou nas variações de frequência que resulte em falha ou má operação de equipamentos de consumidores. Tais alterações podem ocorrer em várias partes do sistema de energia, seja nas instalações de consumidores ou no sistema supridor da concessionária.

Estes problemas vêm se agravando rapidamente por diversas razões, entre elas o crescimento da demanda, que tem sido maior que o crescimento da oferta de energia elétrica pelas geradoras. Diante deste quadro, o desafio consiste em encontrar para o setor energético brasileiro um equilíbrio saudável entre a flexibilidade do mercado e a capacidade de coordenação do Estado na consecução dos objetivos de consolidação do processo de desenvolvimento, associado ao setor privado.

O setor privado nacional não apresenta uma grande capacidade de mobilização de investimentos no setor produtivo, o que vem sendo uma das principais razões de deterioração do sistema consumidor. Do outro lado do sistema,

Engenharia Elétrica com o predomínio hidroelétrico em termos de geração, ficamos sujeitos a intervenção do Estado, no que tange os investimentos em geração, o que hoje requer horizontes de investimento mais amplos e taxas de retorno inicialmente mais baixas. Este trabalho mostra os parâmetros que interferem na qualidade da energia elétrica, ressaltando as normas vigentes e apresentando por fim soluções para a melhoria da qualidade de energia no setor energético.

## Conceito: Definição dos itens de Qualidade de Energia.

Na ótica do consumidor, talvez seja mais simples e adequado utilizarmos simplesmente a palavra "distúrbios" para englobar todos os fenômenos que afetam a qualidade da energia elétrica (FRANCO, EDGARD).

Estes "distúrbios" podem ter origem na energia elétrica entregue pela concessionária de energia, ou na rede interna de distribuição (incluindo equipamentos ali instalados) do próprio consumidor. Os acadêmicos e especialistas, no entanto, classificam os itens de qualidade ("distúrbios") conforme segue:

- Transitórios, dos tipos impulsivos ou oscilatórios.
- Variações de Tensão de Curta Duração: Instantâneas, momentâneas, ou temporárias.

- Variações de Tensão de Longa Duração: Interrupções, subtensões ou sobretensões sustentadas.

- Desequilíbrios de Tensão: causados por má distribuição de cargas monofásicas, e que fazem surgir no circuito tensões de seqüência negativa

- Distorções da Forma de Onda: Nível CC, harmônicos, interharmônicos, "notching", e ruídos.

- Oscilações de Tensão: Aleatórias, repetitivas ou esporádicas.

- Variações da Frequência do Sistema: que são definidas como sendo desvios no valor da frequência fundamental deste sistema (50 ou 60Hz).

A figura abaixo mostra as formas de onda típicas dos itens de qualidade mais comuns:

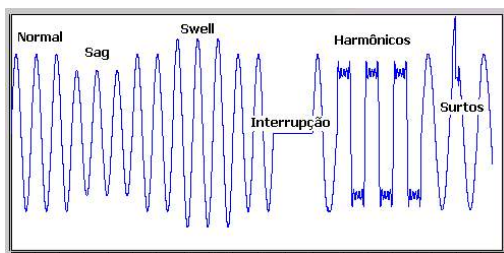


Figura 1: Formas de onda típicas dos itens de qualidade mais comuns.

### Indicadores e normas:

A Regulação adequada da qualidade dos serviços é sem dúvida um ponto muito importante para o funcionamento adequado dos serviços de energia elétrica.

Na experiência internacional mais aderente com as profundas transformações de operação da indústria de energia elétrica é aceito que a qualidade dos serviços de energia elétrica consta de dois aspectos principais, a saber:

A) Continuidade dos Serviços: Conceito vinculado à duração e frequência das interrupções no fornecimento de energia elétrica.

B) Qualidade da Onda de Tensão: Conceito vinculado às perturbações na onda de tensão, envolvendo os níveis de tensão na rede, os afundamento de tensão, as distorções provocadas por harmônicas, os micro-cortes, os flikers, etc.

Trata-se de regulação claramente vinculada a qualidade do produto de energia elétrica. No presente trabalho apenas foram contemplados indicadores pertinentes aos níveis de tensão. Segue as resoluções que regulamentam a Continuidade dos Serviços e a Qualidade da onda de tensão respectivamente:

### Resolução ANEEL nº024

Estabelece as disposições relativas à Continuidade da Distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras (KELMAN, JERSON):

- Da Duração da Interrupção a ser Considerada: a concessionária de distribuição deverá apurar os indicadores de continuidade considerando as interrupções com duração maior ou igual a 3 (três) minutos.

- Dos Indicadores de Continuidade de Conjunto: duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) Intervalo de tempo em que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado, ocorreu descontinuidade na distribuição de energia elétrica. Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) Número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado.

- Dos Indicadores de Continuidade Individuais: a concessionária deverá informar por escrito, em até 30 (trinta) dias, sempre que solicitado pelo consumidor, os indicadores individuais a seguir discriminados: duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DIC) Intervalo de tempo em que, no período de observação, em uma unidade consumidora ou ponto de conexão, ocorreu descontinuidade na distribuição de energia elétrica. Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (FIC) Número de interrupções ocorridas, no período de observação, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão. Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DMIC) Tempo máximo de interrupção contínua da energia elétrica em uma unidade consumidora ou ponto de conexão.

### Resolução ANEEL Nº505

Estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente (ABDO, JOSÉ MÁRIO MIRANDA):

Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC): indicador individual referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensão críticas, no período de observação definido, expresso em percentual;

- Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP): indicador individual referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensão precárias, no período de observação definido, expresso em percentual;

- Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Crítica (DRCM): percentual máximo de

tempo admissível para as leituras de tensão, nas faixas de tensão críticas, no período de observação definido;

- Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Precária (DRPM): percentual máximo de tempo admissível para as leituras de tensão, nas faixas de tensão precárias, no período de observação definido;

O valor da DRCM para o ano de 2004 fica estabelecido em 1,1% (um inteiro e um décimo por cento), sendo o mesmo reduzido de um valor absoluto de 0,2% a cada ano, no período de 2005 a 2007, quando passará a ter valor fixo de 0,5%.

Quando de medições de tensão por reclamação e/ou amostrais o valor do indicador DRP superar o valor de DRPM, este definido conforme art. 24 desta Resolução, a concessionária deverá adotar providências para regularizar a tensão de atendimento, observando, no máximo, os seguintes prazos: 90 (noventa) dias a partir de janeiro de 2006.

Quando de medições de tensão por reclamação e/ou amostrais for constatada a existência de DRC superior a DRCM, este definido no parágrafo único do art. 24 desta Resolução, a concessionária deverá adotar providências para regularizar a tensão de atendimento, observando, no máximo, os seguintes prazos: 30 (trinta) dias a partir de janeiro de 2005 até dezembro de 2006; e 15 (quinze) dias a partir de janeiro de 2007. O valor da DRPM até o ano de 2003 fica estabelecido em 7% (sete por cento), sendo o mesmo reduzido de um valor absoluto de 1% (um por cento) a cada ano, no período de 2004 a 2007, quando passará a ter o valor fixo de 3% (três por cento).

#### **Problema: Deficiências devido a falta de investimento**

No Brasil 92% da energia vem de fonte hídrica. Temos um potencial hidrelétrico instalado de 61.000 MW. A deficiência de energia hoje é pela falta de investimento que faz o sistema tornar-se vulnerável e inseguro.

A indústria no Brasil consome 48,4% da energia, o setor residencial é responsável por apenas 25,3% do consumo e o restante é distribuído entre comércio e serviços (13,5%), meio rural (3,8%), serviços públicos (8,7%) (MME).

#### **Deficiência Oferta versus Demanda:**

Enquanto a demanda cresce de modo acentuado, a oferta vem crescendo muito pouco. Isto devido ao modelo adotado pelo governo ser de concorrência. Assim sendo, não havendo expansão da oferta de energia, os preços associados a esse insumo essencial, são elevados, estrangulando de modo geral os consumidores, tendo em vista que os custos dos

bens de consumo também tem elevação. É preciso sem dúvida gerar energia. Se houver aumento de oferta o preço do MWh tenderá a baixar. Para se ter uma idéia a tarifa de energia elétrica passou de 1990 a 2006, em valores médios de 60 R\$/MWh para 275 R\$/MWh, respectivamente (SILVEIRA, JOSÉ LUIZ). Neste mesmo período, o risco de déficit aumentou, ou seja, a energia hoje é mais cara e o risco de déficit maior!

#### **Solução: Reestruturação e Diversificação das fontes geradoras de energia**

A geração de energia elétrica no Brasil é calcada em um parque predominantemente hidráulico, tornando importante a diversificação do nosso parque gerador, assim como medidas de conservação, para aumentar a oferta de energia elétrica no país, tentando acompanhar satisfatoriamente a demanda, que desde o início da privatização do setor elétrico, 1995, tem acompanhado o crescimento do PIB, sem o devido acompanhamento por parte da capacidade geradora ou aumento da oferta de eletricidade.

Esse cenário de disparidade oferta/demanda se complica quando analisamos diversos fatores. Primeiro, a indústria de eletricidade no Brasil precisa de uma reestruturação, passando de uma matriz extremamente hidrelétrica, altamente dependente das variações climatológicas, para uma matriz competitiva, capaz de atender a demanda e o crescimento econômico em tempo hábil. Sem a definição dessa transformação, fica difícil prever as características estruturais e operacionais do mercado elétrico para os próximos anos.

De certo modo, essas alternativas para aumento da oferta de eletricidade no Brasil, devem ser incorporadas visando um desenvolvimento no mínimo auto-sustentável, quando da não possibilidade de sustentável.

Outro ponto importante é a conservação de energia elétrica, quer seja, em nível industrial, como em nível residencial, ou nos demais segmentos, é possível e válido sempre, mas não vai resolver, por si só, os problemas relacionados com a pouca oferta e o elevadíssimo aumento de demanda.

Além destas posturas, se torna fundamental o investimento em novas fontes geradoras e a descentralização da geração. Sendo necessário a implantação, otimização e ampliação dos sistemas de geração distribuída, cogeração, e da geração de energia através de fontes renováveis quando viáveis.

#### **Geração Distribuída:**

Geração Distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias de GD têm evoluído para incluir potências cada vez menores (INEE). A GD inclui:

- a) Co-geradores
- b) Geradores à biomassa;
- c) Geradores de emergência;
- d) Geradores para horário de pico;
- e) Painéis foto-voltáicos;
- f) Pequenas Centrais Hidrelétricas.

O conceito envolve, ainda, equipamentos de medida, controle e comando que articulam a operação dos geradores e o eventual controle de cargas (ligamento/desligamento) para que estas se adaptem à oferta de energia.

A GD tem vantagem sobre a geração central pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica.

Em 2004, ocorre um grande avanço quando a GD é mencionada na Lei 10.848/04 como uma das possíveis fontes de geração de energia. O detalhamento do Decreto 5.163/04 fornece características que ajudarão as empresas distribuidoras, que até então se opunham a esta forma de geração, a enxergarem na GD uma das formas de mitigar riscos de planejamento.

### **Cogeração:**

Outra saída para situação do setor elétrico brasileiro é a cogeração (SILVEIRA, JOSÉ LUIZ). A cogeração é um método efetivo de conservação de energia primária (energia de um combustível) que pode ser aplicado ao setor industrial ou ao setor terciário (hospitais, hotéis, shopping center's, restaurantes, aeroportos, etc.) quando economicamente justificado. Este termo é usualmente empregado para designar geração simultânea de calor útil (vapor, água quente, água gelada, ar quente e frio) e potência (mecânica ou elétrica) a partir da queima de um único combustível, e sua racionalidade comporta visões distintas de acordo com a aplicação a que se destina. Entre as tecnologias empregadas para a cogeração, se enquadram as que utilizam turbinas a vapor, turbinas a gás, turbinas a gás associadas em série com turbinas a vapor (ciclo combinado), motores de combustão interna (motores automotivos ou industriais), entre outras em menor escala de comercialização. Os níveis globais de eficiência destas modalidades de plantas de cogeração se situam entre 50 e 85 %.

No Brasil, a evolução deste modo de geração de energia vem ocorrendo principalmente nas indústrias de grande porte (açúcar e álcool, papel

e celulose, químicas, petroquímicas, etc). A cogeração se mostra mais economicamente justificável quando da disponibilidade de combustíveis originados nos próprios processos industriais, como é o caso do bagaço de cana, na indústria de açúcar e álcool, licor negro ou lixívia, casca de madeira, na indústria de papel e celulose.

### **Fontes de Energia Renováveis:**

Ainda são soluções coadjuvantes complementares, devido as características geográficas ou limitações tecnológicas, mas devem ser desenvolvidas (GUERRINI, IRIA MÜLLER).

- Energia Eólica: pode ser aplicada quando houver ventos constantes com uma velocidade média de 10 m/s e velocidade mínima de 6 m/s. No Brasil isto só é possível em alguns locais do Nordeste e Sul do País.

- Energia Fotovoltaica: utiliza o processo de radiação solar. No território brasileiro existe uma radiação solar média de 900 W/m<sup>2</sup>. Atualmente uma planta fotovoltaica converte deste total, no máximo 81 W/m<sup>2</sup> de eletricidade.

- Energia das Marés: é obtida de modo semelhante ao da energia hidrelétrica. Constrói-se uma barragem, formando-se um reservatório junto ao mar. No Brasil temos grande amplitude de marés, por exemplo, em São Luís, na Baía de São Marcos (6,8m), mas a topografia do litoral inviabiliza economicamente a construção de reservatórios.

### **Conclusão:**

Este artigo mostra que se faz necessário um novo arranjo entre Estado e mercado, aplicando um Planejamento Integrado de Recursos de modo a conservar energia e aumentar a oferta por cogeração, através de desenvolvimento estruturas de Geração Distribuída utilizando, quando viável, fontes renováveis de energia. O desafio consiste em encontrar para o setor energético o equilíbrio saudável entre demanda versus oferta.

### **Referências Bibliográficas:**

**ABDO, JOSÉ MÁRIO MIRANDA.** Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.aneel.gov.br>, de 2006.

**FRANCO, EDGARD.** Engecomp Tecnologia em Automação e Controle LTDA. Disponível em: [http://www.engecomp.com.br/pow\\_qual.htm](http://www.engecomp.com.br/pow_qual.htm). Acesso em 2006.

**GUERRINI, IRIA MÜLLER.** Setor de Física da Universidade de São Paulo. Disponível em

física.cdcc.sc.usp.br/olimpíadas/01/artigo/fontes\_elétricas.htm/, de 24/08/2001.

**INEE.** Instituto Nacional de Eficiência Energética. Disponível em [http://www.inee.org.br/forum\\_sobre\\_gd\\_cg.asp](http://www.inee.org.br/forum_sobre_gd_cg.asp), de 2005.

**KELMAN, JERSON.** Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.aneel.gov.br>, de 2006.

**MME.** Ministério de Minas e Energia. Disponível em [http://www.mme.gov.br/site/select\\_main\\_menu\\_item.do](http://www.mme.gov.br/site/select_main_menu_item.do). Ano base 2004.

**SILVEIRA, JOSÉ LUIZ.** Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/energiaeletrica/energia13.htm>, de 10/07/2001.0:30hrs.