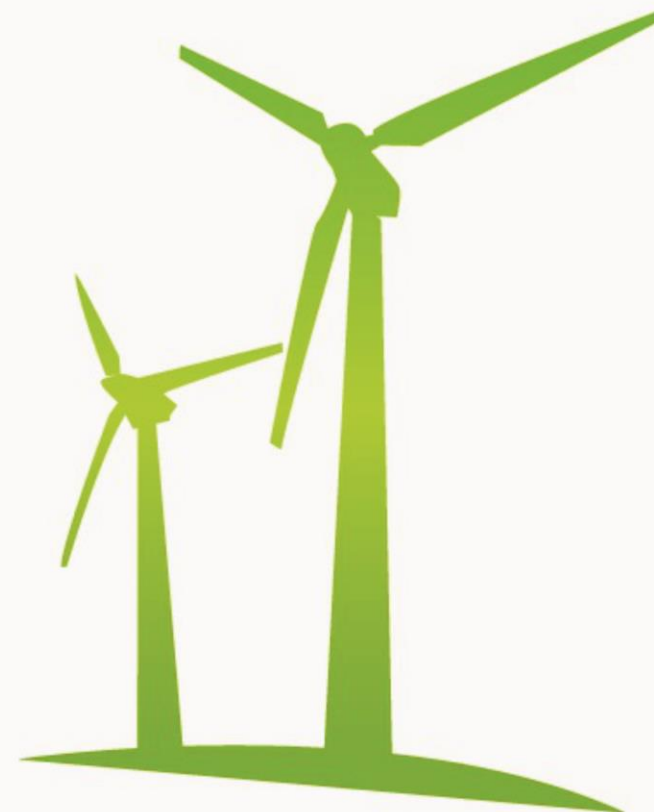
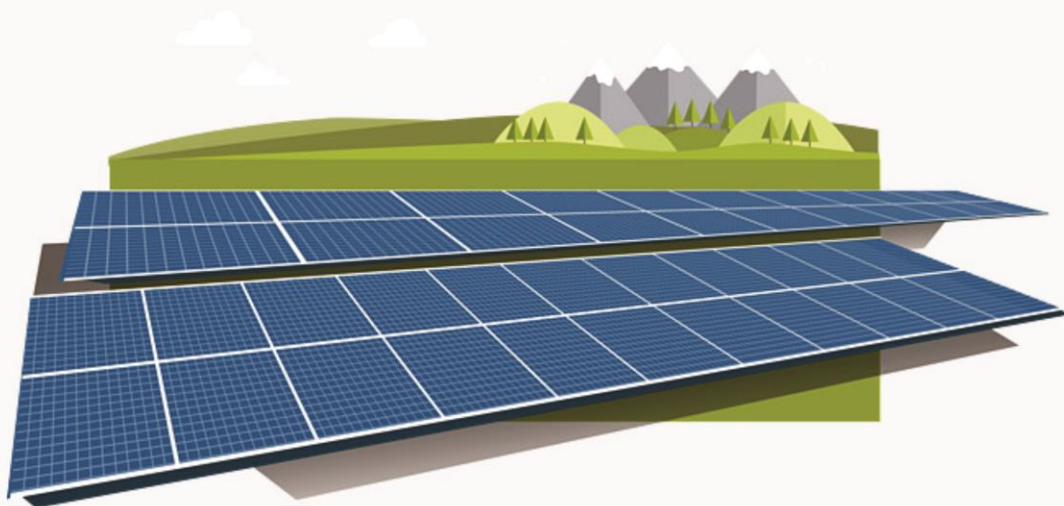


Qualidade de Energia – ELT 448

Aula 1 – Uma visão geral sobre QEE

Victor Dardengo



Avaliações

- Relatórios das aulas práticas (20 pontos)
- Trabalho 1 (30 pontos)
- Trabalho 2 (50 pontos)

Introdução

- O que é Qualidade de Energia Elétrica (QEE) ?
 - Em uma definição abrangente, refere-se como sendo uma medida de quão bem a energia elétrica pode ser utilizada pelos consumidores.
 - Continuidade e forma de onda.

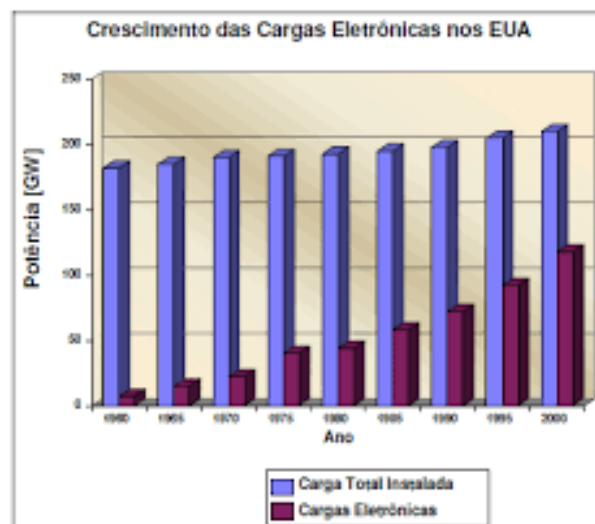


Introdução

- Qual a necessidade de se preocupar com a QEE ?
 - Essencial para o funcionamento da sociedade;
 - Impacto direto aos seres humanos (Ex: bem estar dos consumidores, cintilação luminosa);
 - Interferência em equipamentos sensíveis;
 - Redução de prejuízos a concessionárias e consumidores, principalmente consumidores industriais (perda de produção e estoque);
 - Queima de equipamentos;
 - Aumento da vida útil dos equipamentos.

Introdução

- Origens do problema de qualidade de energia:
 - No início, consumidores residenciais, comerciais e industriais utilizavam em sua maioria cargas resistiva;
 - Alguns poucos consumidores utilizavam cargas eletrônicas;
 - Com o amadurecimento da eletrônica de potência (transistores, diodos, etc), houve um crescimento considerável de cargas eletrônicas em todos os setores.



Modificações no setor elétrico

- O setor elétrico como um todo, sobretudo nas últimas décadas, tem atravessado por profundas modificações, gerando uma maior necessidade/preocupação quanto a qualidade da energia elétrica.
- No início, consumidores residenciais, comerciais e industriais utilizavam em sua maioria cargas resistiva;
- Alguns poucos consumidores utilizavam cargas eletrônicas;
- Com o amadurecimento da eletrônica de potência (transistores, diodos, etc), houve um crescimento considerável de cargas eletrônicas em todos os setores.

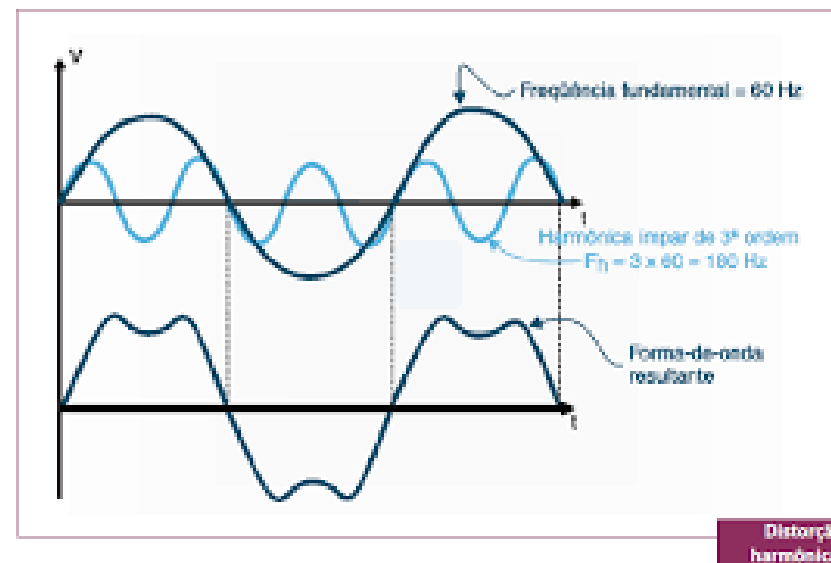
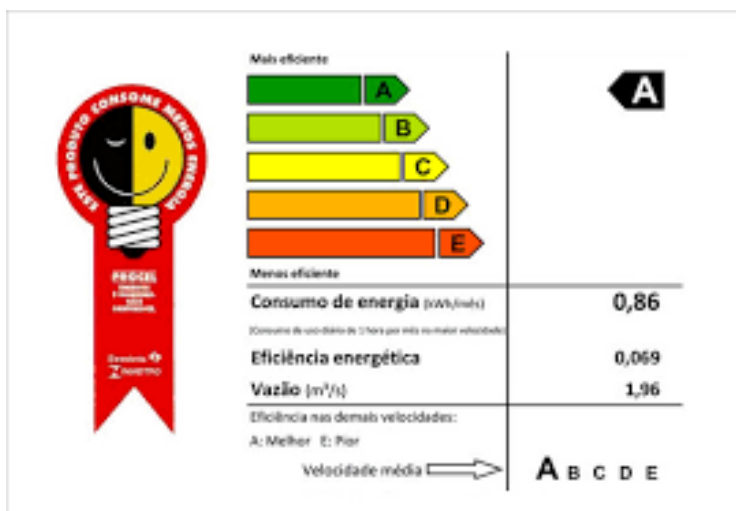
Modificações no setor elétrico

- A liberalização, desregulamentação (ou re-regulamentação) em curso a nível mundial;
- A proliferação de autoprodutores, juntamente com o aparecimento de novas tecnologias de geração;



Modificações no setor elétrico

- O crescente interesse pela racionalização e conservação da energia elétrica, com vistas a otimizar a sua utilização, tem aumentado o uso de equipamentos que, em muitos casos, aumentam os níveis de distorções harmônicas e podem levar o sistema a condições de ressonância;



Modificações no setor elétrico

- Desenvolvimento das linhas HVDC;
 - Transporte de grandes blocos de energia, geralmente em longas distâncias;
 - Pelas linhas de transmissão HVDC percorrem grandes distâncias, através de diferentes tipos de terrenos e condições climáticas, essas linhas são muito susceptíveis a faltas.



Modificações no setor elétrico

- Conscientização dos consumidores em relação à qualidade do produto fornecido pelas empresas de energia;
- Indicadores de qualidade do serviço nas contas de energia elétrica (DIC, FIC, DMIC, etc).
 - DIC (duração de interrupção individual por unidade consumidora): indica quanto tempo o consumidor ficou sem energia no período apurado;
 - FIC (frequência de interrupção individual por unidade consumidora): indica quantas vezes o fornecimento de energia elétrica foi interrompido no período apurado;
 - DMIC (Duração máxima de interrupção contínua), indica o tempo máximo de interrupção contínua de energia elétrica

Modificações no setor elétrico

Falta de energia gera R\$ 346 milhões de compensações a consumidores

Em 2013, foram pagas 100,2 milhões de compensações, segundo a Aneel. Celg, de Goiás, foi a companhia que mais restituiu consumidores no ano.

Do G1, em São Paulo



CONTA MÊS		VENCIMENTO	CONSUMO (Kwh)	TOTAL A PAGAR (R\$)	
FEV/2011		24/02/2011	204	75,86	
DADOS DAS LEITURAS		DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA			
ATUAL:	08/02/2011	CNPJ/CPF:	0000		
ANTERIOR:	10/01/2011	CLASSIFICAÇÃO:	RESIDENCIAL		
APRESENTAÇÃO:	08/02/2011	LIGAÇÃO:	TRIFÁSICA		
PRÓXIMO MÊS:	10/03/2011	MEDIDOR(ES):	00000		
LEITURAS DE ENERGIA		Kwh	KVAh	HISTÓRICO DE CONSUMO (Kwh)	
ATUAL:	60415			FEV/10 206	AGO/10 190
ANTERIOR:	60411			MAR/10 151	SET/10 193
CONSUMO:	204			ABR/10 146	OUT/10 151
RESÍDUO DE CONSUMO:	29			MAI/10 148	NOV/10 168
NÚMERO DE DIAS:	29			JUN/10 187	DEZ/10 162
FATOR MULTIPLICADOR:	001,00			JUL/10 130	JAN/11 102
FATOR DE POTÊNCIA:				MÉDIA CONSUMO ANUAL:	161
DISCRICÃO DA CONTA					
TARIFA FAIXA CONSUMO		204 KWH A R\$	0,3574879 =	72,92	
CONTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA				4,59	
COMP. POR ULTRAPASSOS MENSAL				1,45	
SEU CÓDIGO		TOTAL A PAGAR (R\$)			
MÊS FATURADO		VENCIMENTO			
FEV/2011		24/02/2011			

Exemplo de conta de luz com indicação do valor compensado (Foto: Divulgação/ Aneel)

Consumidores receberam R\$ 346 milhões em compensação por interrupções no fornecimento de energia elétrica em 2013, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Em 2012, as restituições somaram R\$ 437,8 milhões.

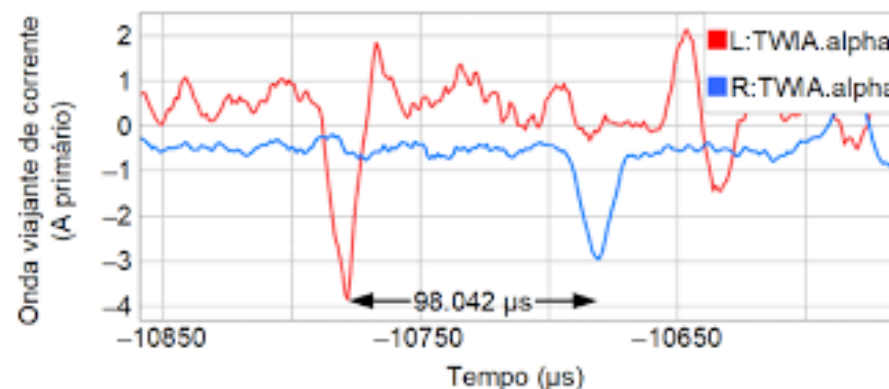
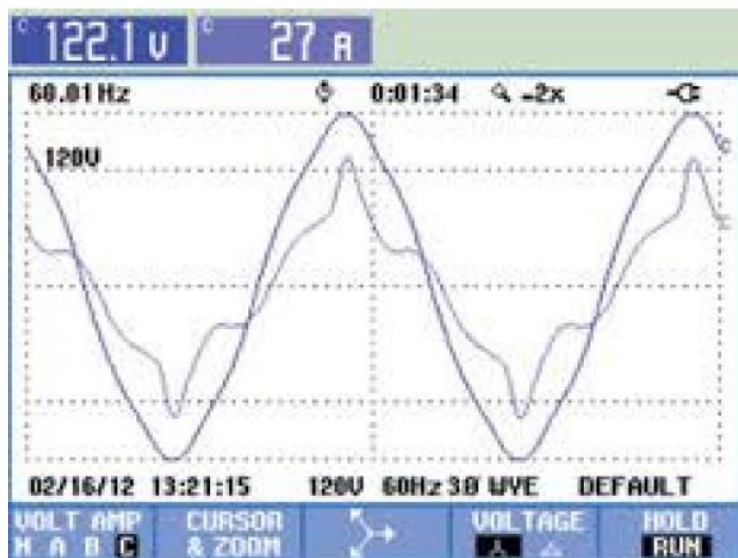
No total, foram pagas 100,2 milhões de compensações – quantidade não necessariamente igual ao número de consumidores, já que um mesmo cliente pode ter recebido mais de uma restituição.

De acordo com o relatório da agência, a concessionária que mais restituiu os

consumidores no ano passado foi a Celg (GO), com um valor total de R\$ 55,7 milhões. Na sequência, aparecem a Light (RJ), com R\$ 45,5 milhões, a Coelba (BA), com R\$ 24,5 milhões, a Cemig (MG), com R\$ 24,2 milhões e a Cemat (MT), com R\$ 19 milhões.

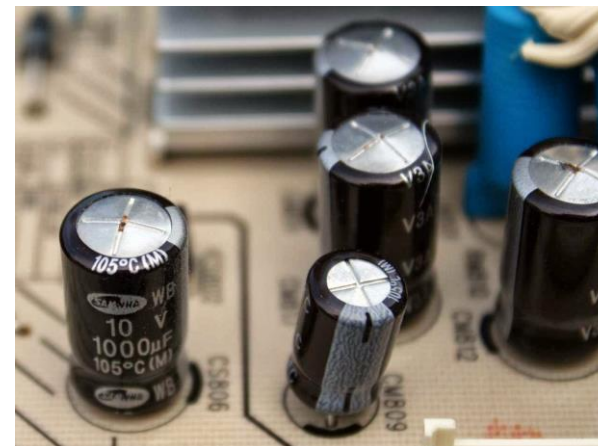
Modificações no setor elétrico

- Fabricação de medidores elétricos capazes de mostrar as formas de onda da tensão e da corrente em tempo real e registrar os fenômenos de QEE, utilizando técnicas de processamento de sinais.



Modificações no setor elétrico

- As consequências da qualidade da energia sobre a vida útil dos componentes elétricos e eletrônicos;



Modificações no setor elétrico

- O peso crescente das questões ambientais associadas às tecnologias de geração.



A qualidade da energia elétrica

- Em geral, os problemas são identificados na ocorrência de defeito nos equipamentos (sobreaquecimento de máquinas elétricas, variações luminosas, vibrações mecânicas, etc)
- O monitoramento da QEE pode levar a manutenção preventiva e eliminação de futuros problemas.



Monitoramento da QEE

- Saber monitorar e identificar os problemas de QEE é de extrema importância. Mas como diagnosticá-los?
 - Realizar um levantamento sobre os possíveis problemas que poderão ser encontrados;
 - Estudar as condições locais onde o problema se manifesta;
 - Se possível, realizar medições contendo o problema;
 - Realizar uma análise dos resultados obtidos inclusive se possível comparando com outros estudos e/ou simulações;
 - Diagnosticar o problema, sua possível causa e sugestões de soluções.
- Note que a experiência e conhecimento prévio dos diversos tipos de problemas é fundamental para um diagnóstico mais assertivo.

Monitoramento da QEE

- A escolha dos equipamentos de medidas e os locais de monitoramento são também fundamentais no processo de diagnóstico do problema.
 - Surto rápido de sobretensão podem passar despercebidos caso a taxa de amostragem não seja adequada;
 - Fenômenos lentos, por exemplo, necessitam de registradores contínuos para longos períodos de medição (Ex: fenômeno térmico)

Monitoramento da QEE

- Atualmente tem se intensificado a discussão sobre como monitorar e calcular os índices relacionados a qualidade de energia.
- Os processos regulatórios ainda também estão em fase de aprimoramento e podem sofrer alterações.

Congressos de QEE

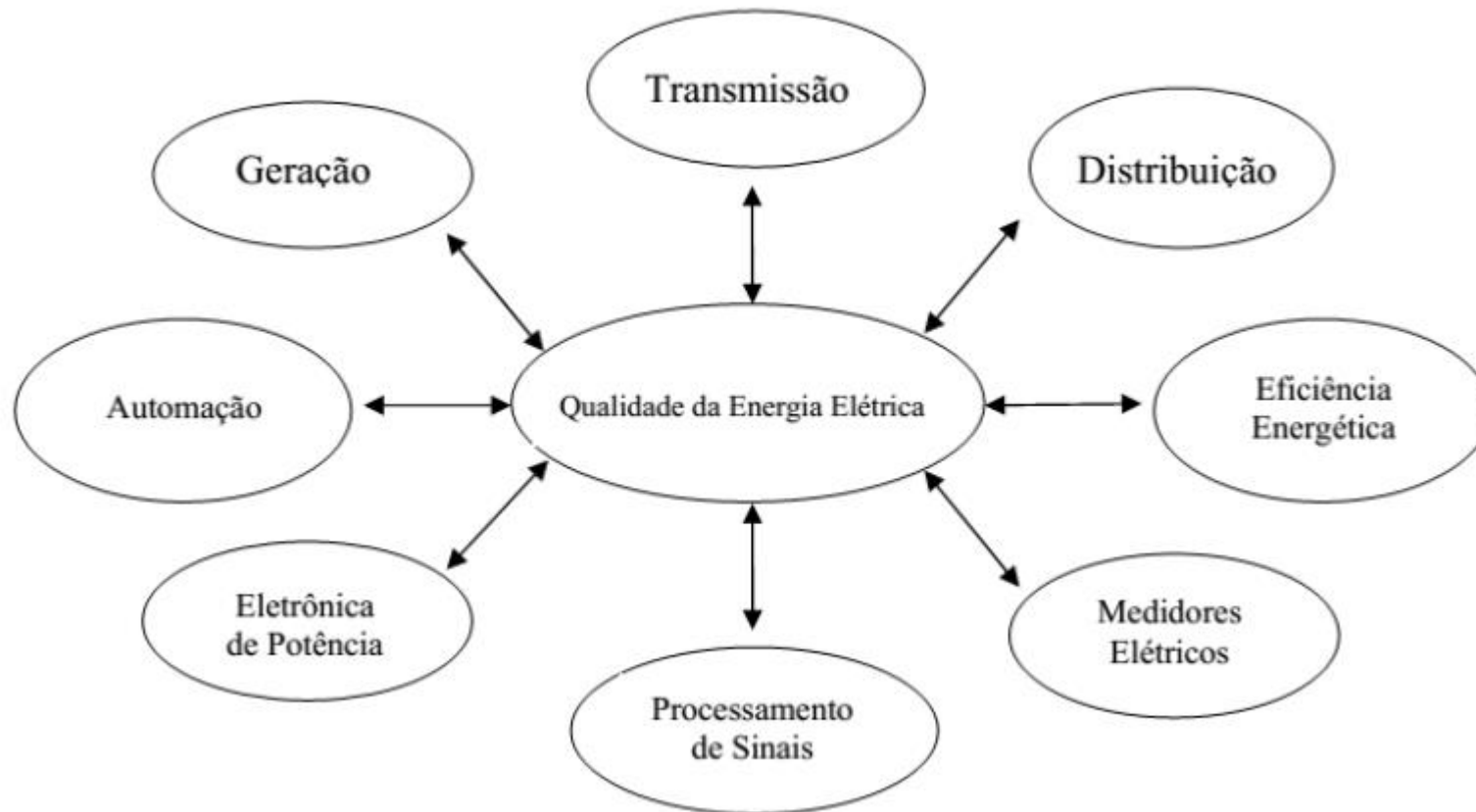
- No âmbito da Engenharia Elétrica, nas diversas áreas de pesquisa, os estudos relacionados à QEE encontram-se em grande ascensão, no Brasil e no exterior, haja vista a quantidade de grupos de pesquisa existentes no mundo, os inúmeros congressos nacionais e internacionais que englobam este tema, como:
 - CBQEE (Congresso Brasileiro de Qualidade de Energia);
 - EPQU (Electrical Power Quality and Utilization);
 - ICHQP (International Conference on Harmonics and Quality of Power);
 - ICREPQ (International Conference on Renewable Energies and Power Quality), entre outros.

Congressos de QEE

- Seções que abordam o tema em conjunto com outras áreas (COBEP, SNPTEE, SEPOPE, SENDI, SBSE, CIRED, CBA, PESC, PES, APEC, IAS entre outros);
- A Qualidade da Energia Elétrica ou, em inglês Power Quality, difundiu-se rapidamente em diversas áreas da Engenharia Elétrica como: geração, transmissão, distribuição, automação, eletrônica de potência, processamento de sinais, entre outras.

Áreas de abrangência

- A QEE difundiu-se rapidamente em diversas áreas da Engenharia Elétrica:



A QEE vista de diversos ângulos

- A QEE é vista por concessionárias e consumidores da mesma forma?

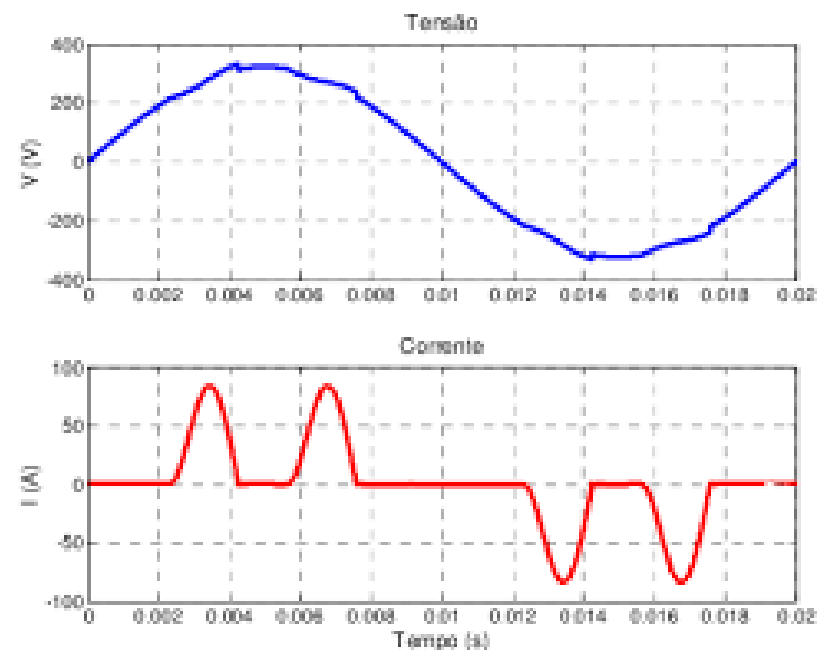
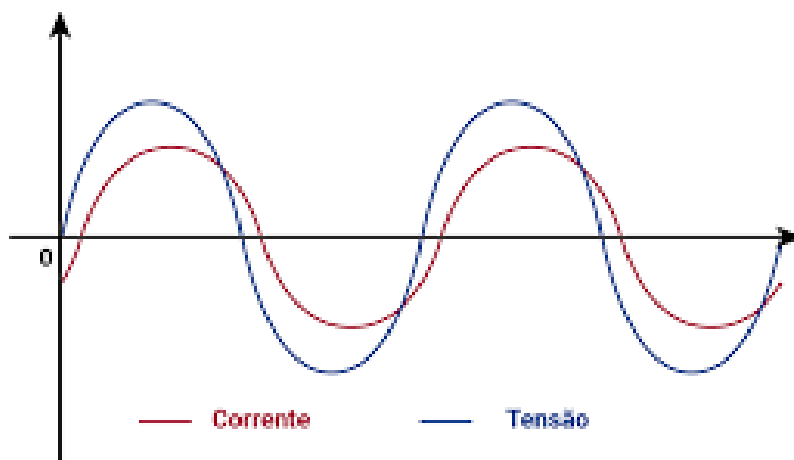


A QEE vista de diversos ângulos

- O tema “Qualidade de Energia Elétrica” tornou-se uma preocupação comum a todos os agentes do setor elétrico, entre eles concessionárias, consumidores e órgão reguladores;
- Todos os aspectos relacionados aos problemas na qualidade da energia são importantes, desde a sua verificação, o seu diagnóstico e, por último, a sua solução, levando em consideração o impacto econômico relacionado.
- As anomalias surgem tanto na tensão, na corrente, quanto na frequência, podendo causar falhas em equipamentos industriais, comerciais e residenciais.

A QEE vista de diversos ângulos

- A tensão é responsabilidade das concessionárias e a corrente depende das cargas.



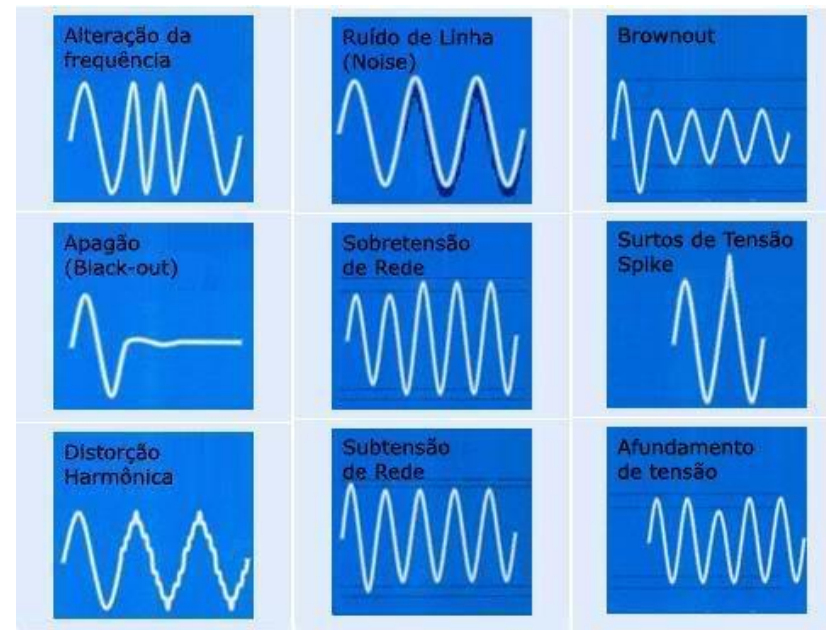
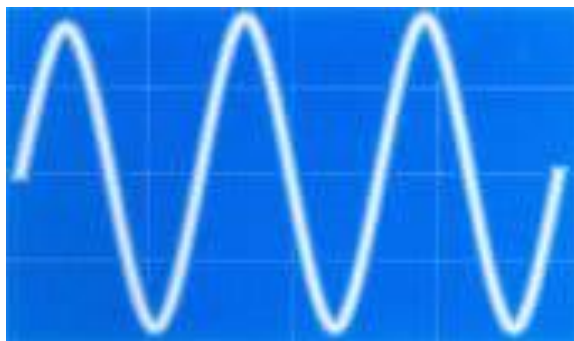
A QEE vista de diversos ângulos

- Do ponto de vista dos consumidores:
 - Qualquer problema de energia manifesta em desvio de tensão, corrente ou frequência e que resulte em falha ou mau funcionamento de equipamento é considerado um problema de qualidade de energia.



A QEE vista de diversos ângulos

- Do ponto de vista das concessionárias:
 - É o grau de proximidade que a tensão fornecida pela concessionária, tem com o caso ideal, em termos de formas de onda, amplitude, frequência, distorção zero, confiabilidade, estabilidade e fontes livres de distúrbios.



A QEE vista de diversos ângulos

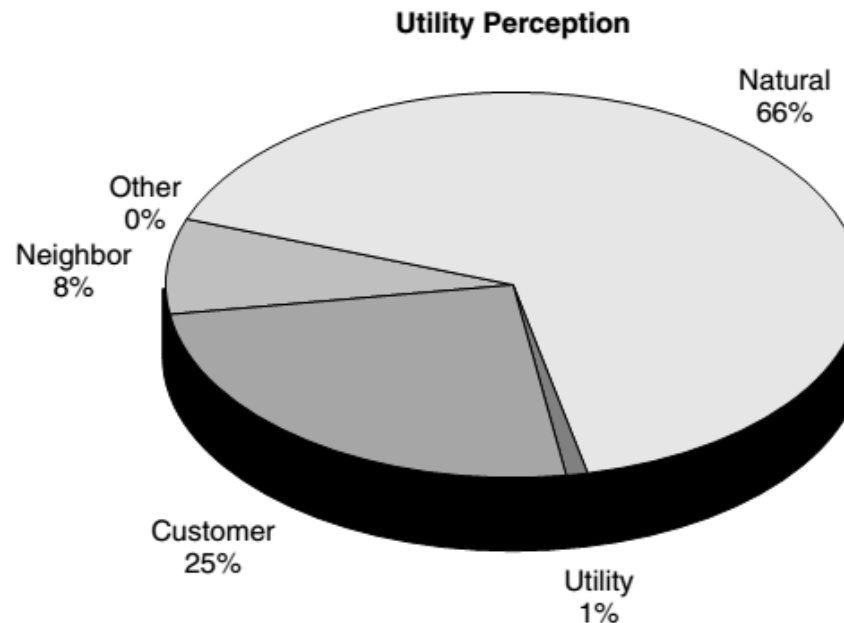
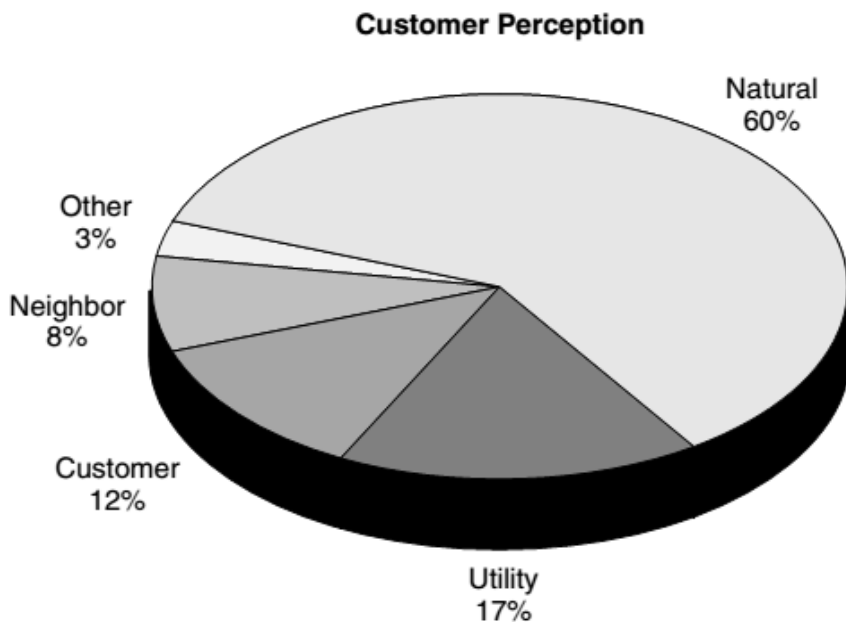
- Do ponto de vista dos órgãos reguladores:
 - As concessionárias de energia devem fornecer continuamente energia elétrica, dentro dos limites estabelecidos por normas, sob pena de multa e ressarcimento dos danos causados pelo fornecimento do produto de má qualidade.

A QEE vista de diversos ângulos

- Para alguns fabricantes de equipamentos eletrônicos é cômodo que não existam normas que determinem:
 - O grau de sensibilidade dos equipamentos frente aos fenômenos de QEE, presentes na rede de energia e;
 - Os limites do nível de perturbação que esses equipamentos podem injetar na rede, sem prejudicar os parâmetros estipulados pelos órgãos reguladores. Já que, após a instalação do equipamento a responsabilidade da má QEE é transferida a concessionária e compartilhada com o consumidor.

A QEE vista de diversos ângulos

- Pontos de vista sobre as causas dos problemas de QEE:

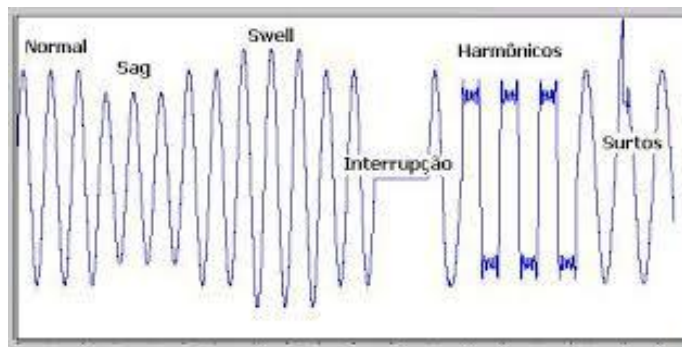


Qualidade da Energia Elétrica

- QEE, como a qualidade de outros bens e serviços, é difícil de quantificar:
- Não há uma definição única de energia de qualidade;
- Existem normas e critérios técnicos que podem ser medidos, mas a decisiva medida da QEE é determinada pelo desempenho e produtividade do equipamento do usuário final;
- Se a energia elétrica é inadequada para essas necessidades, a “qualidade é ruim”.

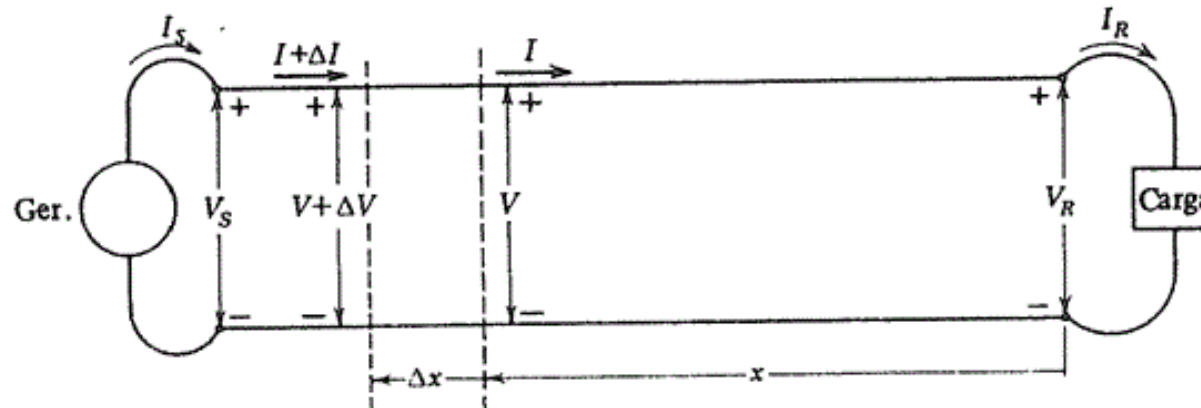
Qualidade da Energia Elétrica

- Muitos autores costumam dizer que a QEE é, na verdade, a qualidade da tensão, uma vez que as concessionárias não têm controle sobre as correntes que determinadas cargas podem injetar na rede.
- Sistemas de energia CA são projetados para operar em uma tensão senoidal (normalmente 50 Hz ou 60 Hz). Qualquer desvio significativo na forma de onda, seja magnitude, frequência é um potencial problema de qualidade de energia.



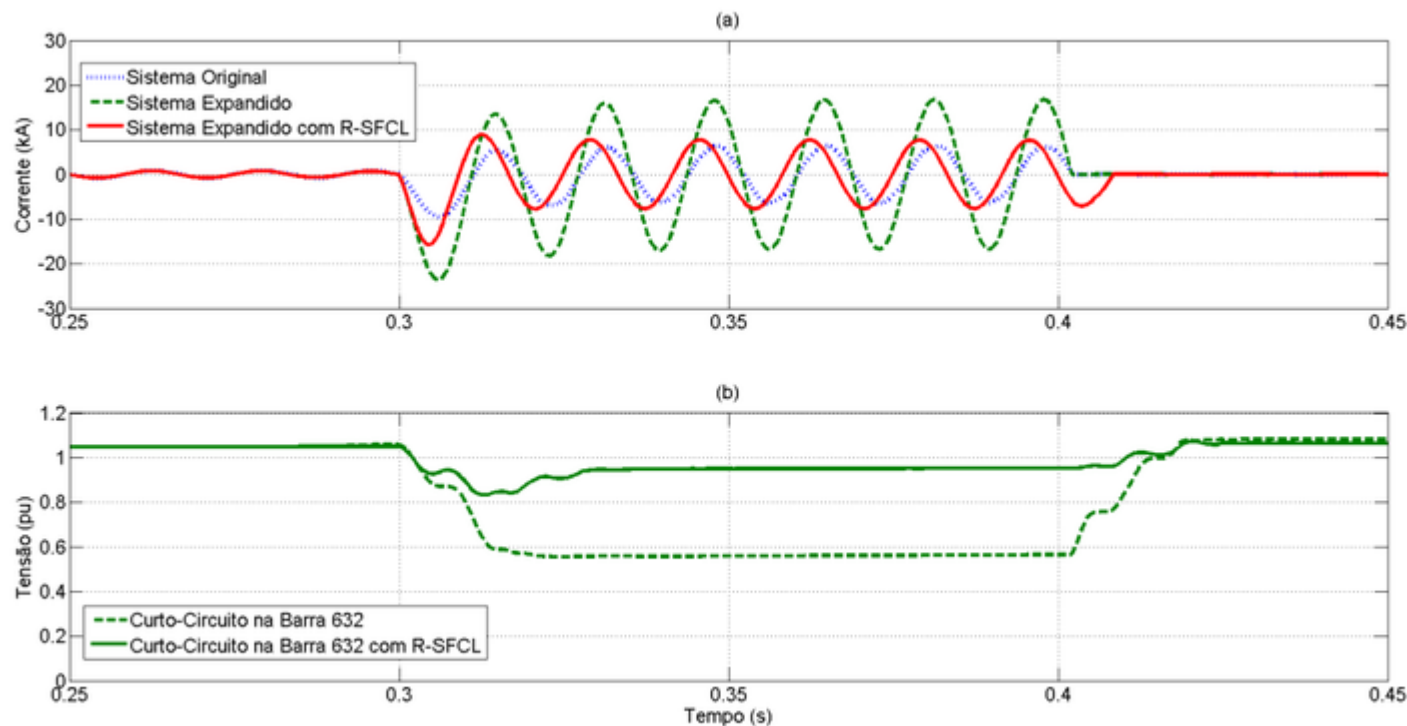
Qualidade da Energia Elétrica

- Embora os geradores possam fornecer uma tensão quase perfeita de onda senoidal, a passagem de corrente através da impedância da LT pode causar uma variedade de perturbações da tensão.



Qualidade da Energia Elétrica

- Apesar da tensão ser a maior preocupação em termos de qualidade de energia, devemos também abordar os fenômenos da corrente para compreender a base de muitos problemas.



Por que estamos preocupados com a QEE ?

- Uma das principais causas para o estudo da QEE é a razão econômica e sociais.
 - Os distúrbios associados impactam desde a qualidade de vida das pessoas até influência direta nas produções industriais. A perda da QEE pode reduzir a vida útil de dispositivos, limitar a capacidade efetiva dos equipamentos, trazer um mau funcionamento de máquinas além de aumento das perdas elétricas. Uma energia de qualidade pode ainda reduzir os investimentos em equipamentos em determinadas áreas por parte das concessionárias a curto prazo.
- Com o aumento da concorrência de serviços de geração, os clientes tenderão a optar por um fornecedor que entregue uma energia mais “limpa”.

Por que estamos preocupados com a QEE ?

- Para clientes residenciais, a principal preocupação quanto a QEE está relacionada realmente a falta de energia.
- Mas o uso cada vez maior de equipamentos sensíveis nas residências, como computadores, tem tornado cada vez maior a preocupação da qualidade de energia como um todo.



Por que estamos preocupados com a QEE ?

- Para clientes industriais, a falta de energia por exemplo, afeta todo o sistema produtivo, muitas vezes não somente durante o falta de energia, mas por muitas horas depois, já que muitas vezes é necessário que o processo seja reiniciado, com as máquinas passando por todo um processo de limpeza, etc. Por exemplo, nas indústrias alimentícias.
- Soluções?



Por que estamos preocupados com a QEE ?

- Cabe salientar que até bem pouco tempo atrás, a maioria dos consumidores industriais entendia que gerenciar a energia elétrica significava controlar a demanda, o fator de potência e administrar os contratos juntos a concessionária.
- Poucos se falava em supervisão de grandezas como tensões, correntes, potências e muito menos em distorções harmônicas ou transientes. Note entretanto, que muitas das vezes os problemas de qualidade de energia percebido pelas indústrias podem ser resultados de seus processos internos.

Algumas situações ilustrativas

- As situações aqui tratadas foram retiradas da apostila “Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica”, desenvolvidas por Sigmar Maurer Deckmann e José Antenor Pomilio .
- A máquina de refrigerante:
 - Problema de queda de tensão nos computadores;
 - Constatou-se que o problema era referente a partida da máquina de refrigerante;
 - A solução mais simples foi trocar a máquina de posição.



Algumas situações ilustrativas

- Indústria siderúrgica e o forno elétrico:
 - uma distribuidora de energia elétrica foi interpelada por uma indústria siderúrgica com a reclamação de que suas novas e modernas máquinas de laminação não estavam funcionando adequadamente, ocorrendo muitas falhas do sistema de controle do processo de laminação.
 - Foram feitas medições no local pela concessionária e se constatou que de fato os níveis de harmônicas e de flicker estavam acima dos limites permitidos.

Algumas situações ilustrativas

- Indústria siderúrgica e o forno elétrico:
 - Os problemas com os laminadores eram causados pelo forno a arco instalado na própria indústria e que, portanto era ela quem causava as perturbações da tensão de alimentação em toda a região circunvizinha
 - O consumidor foi causa e vítima da perda de QEE.



Algumas situações ilustrativas

- Equipamento novo pior que o antigo. Queima do ventilador de resfriamento das aletas do transformador
 - Em uma empresa um motor é controlado por uma ponte retificadora tiristorizada, a qual é alimentada por um transformador exclusivo, com tensão de saída de 1,5 kV. Depois de muitos anos de operação foi necessário substituir o transformador.
 - O novo dispositivo, após alguns dias de uso, teve sua proteção de sobretemperatura ativada, levando ao desligamento do processo. A falha inicialmente identificada foi a queima do ventilador de resfriamento das aletas do transformador. O ventilador foi substituído. No entanto, após mais alguns dias a mesma falha se repetiu
 - Os engenheiros da empresa fizeram medições no local e verificaram que a tensão se apresentava com forte distorção. Tal comportamento é típico de retificadores trifásicos que alimentam carga indutiva, como era o caso. No entanto, isso deveria ocorrer desde sempre e não deveria ser causado pelo novo transformador.
 - O que se verificou como causa da falha foi fazer a alimentação do ventilador a partir de tal tensão. As elevadas taxas de variação da tensão (dv/dt), associadas às capacitâncias entre espiras do enrolamento, provocaram, paulatinamente, a perda de capacidade de isolamento, levando à queima do ventilador.
 - A solução, simples, foi deslocar a alimentação do ventilador para uma rede “limpa”, com o que se solucionou o problema



Dúvidas?!

Obrigado!

Victor Dardengo

GESEP - Gerência de Especialistas em Sistemas Elétricos de Potência

E-mail: victor.dardengo@ufv.br