



CREA-AM

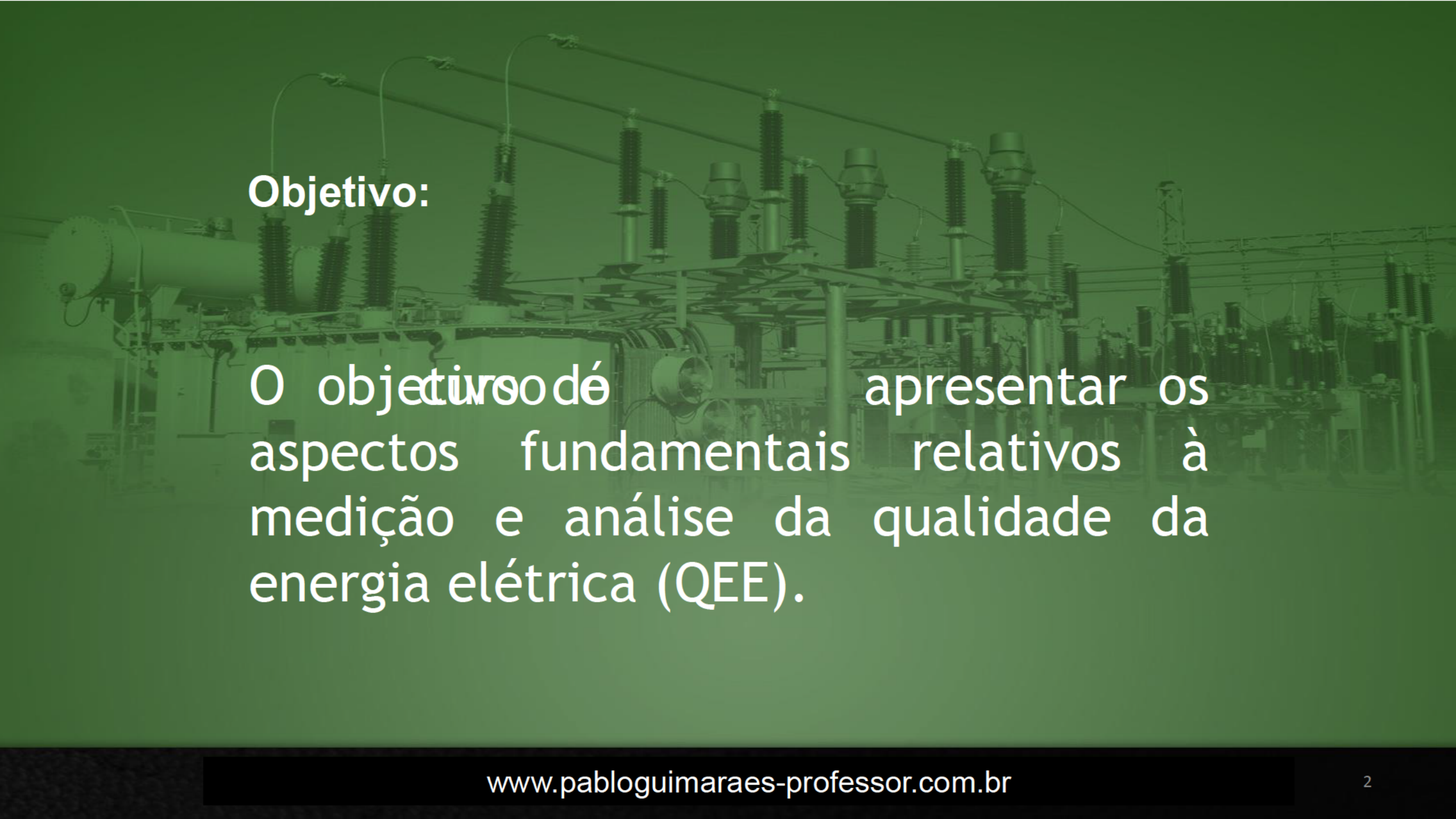
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



ANEEL

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Análise da Qualidade da Energia Elétrica- QEE de uma Instalação



Objetivo:

O objetivo do curso é apresentar os aspectos fundamentais relativos à medição e análise da qualidade da energia elétrica (QEE).

Alguns conceitos sobre QEE

1. Qualidade na Onda

- (designada também por *Power Quality*)
- “Produto” energia elétrica onde todos os parâmetros estão muito próximos dos valores nominais que o definem (nível de tensão, sistema equilibrado e simétrico, frequência, onda sinusoidal...).

2. Confiabilidade no Fornecimento

- (designada também por *Power Reliability*)
- Relacionada com a continuidade do fornecimento. A potência contratada deve estar “sempre” disponível e com qualidade na onda.

3. Qualidade Comercial

- Engloba todos os serviços de interface com o cliente relacionados com o fornecimento deste produto particular.



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Natureza do processo.

Fatores que interferem com a QEE no sistema que a disponibiliza.

- Processo ainda se caracteriza em grandes centros produtores.
- Funcionamento síncrono.
- Oferta = procura em cada instante.
- Sistema Distribuído de T&D até às cargas.
- A QEE no local de geração.
- Degradação introduzida pelo sistema de T&D.
- Degradação introduzida pelas cargas.





CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Caracterização da Qualidade de Serviço atual

- O sistema de T&D está sujeito a fatores perturbadores (alguns inevitáveis):
 1. Descargas atmosféricas,
 2. Quedas de tensão (e sobretensões) entrada e saída de grandes cargas,
 3. Contornamentos nos isoladores,
 4. Agressões físicas (acidentes, animais, erros humanos...).
- Podem-se mitigar estes fatores mas não suprimi-los na totalidade.
- É assim em todo o mundo
- Estes fatores provocam uma degradação cumulativa na QEE.
- Qualidade de serviço no cliente é a resultante da robustez do sistema global aos fatores perturbadores.



CREA-AM

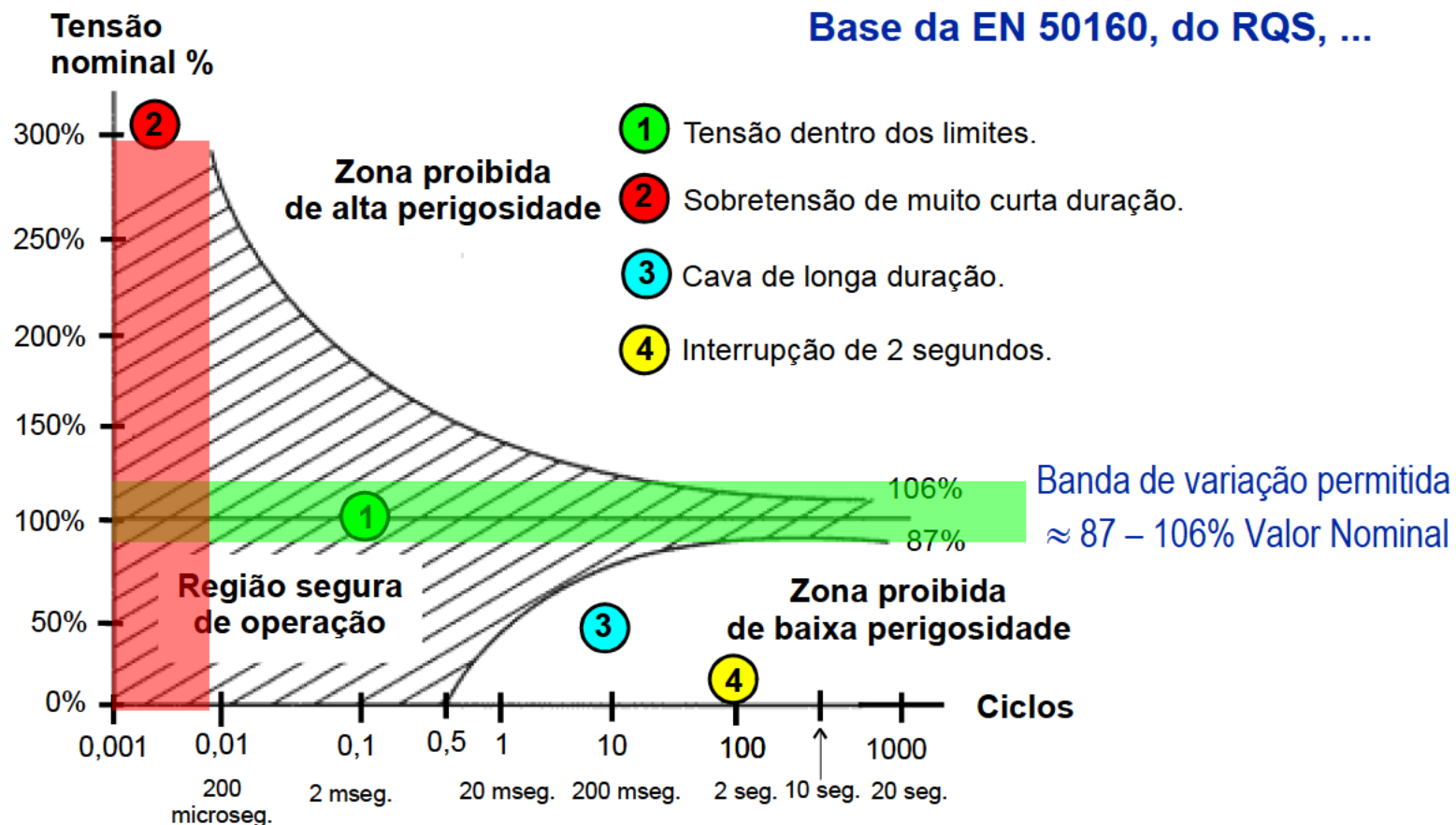
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Curva CBEMA reflete esta realidade

Base da EN 50160, do RQS, ...



Curva CBEMA - “Computer Business Equipment Manufactures Association”, definida pelo EPRI (Tom Key) em 1978.

Partes envolvidas no processo.

“Stakeholders”

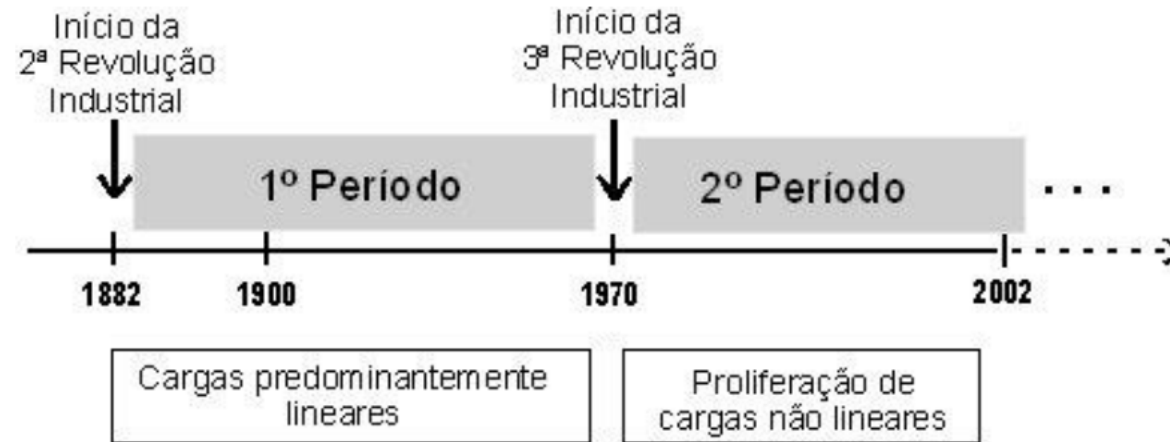
- Empresas do sistema elétrico que englobam:
 - Produção, Transporte, Distribuição.
- Clientes
 - Residencial.
 - Comercial.
 - Industrial
- Fornecedores de equipamentos
- Entidade Reguladora



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Evolução das exigências



Grandes avanços tecnológicos e alteração profunda da natureza das cargas

- Estas são simultaneamente mais sensíveis e mais perturbadoras da QEE
- As cargas não lineares são já 100% em alguns setores.
- Concorrência à escala global
- Margens de lucro marginais em alguns sectores
- Perturbações causam quebra de produtividade - *"PQ Costs"*
- EE **fator crucial para a competitividade**
- "Economia Digital requer energia com *"Qualidade Digital"*

**CREA-AM**Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Confiabilidade atingível e exigências atuais

Nº de noves	Confiabilidade e (%)	Tempos de interrupção por ano	Tecnologias associadas / Exigências
3	99,9	8,7 horas	Valor disponibilizado pelo sistemas de P&T&D tradicionais
4	99,99	52,5 minutos	Valor máximo atingível com sistemas de P&T&D tradicionais.
6	99,9999	31,5 segundos	Valor mínimo exigido pelas cargas da nova economia.
7	99,999999	3,15 segundos	Melhores tecnologias de UPS com <i>Gen-Sets</i> e <i>"Ride Through Capability"</i>
9	99,99999999	31,5 <u>milisegundos</u>	Energia é efetivamente adequada às atuais aplicações da economia digital.
10	99,999999999	3,15 <u>milisegundos</u>	Valor ideal para a qualidade da energia.



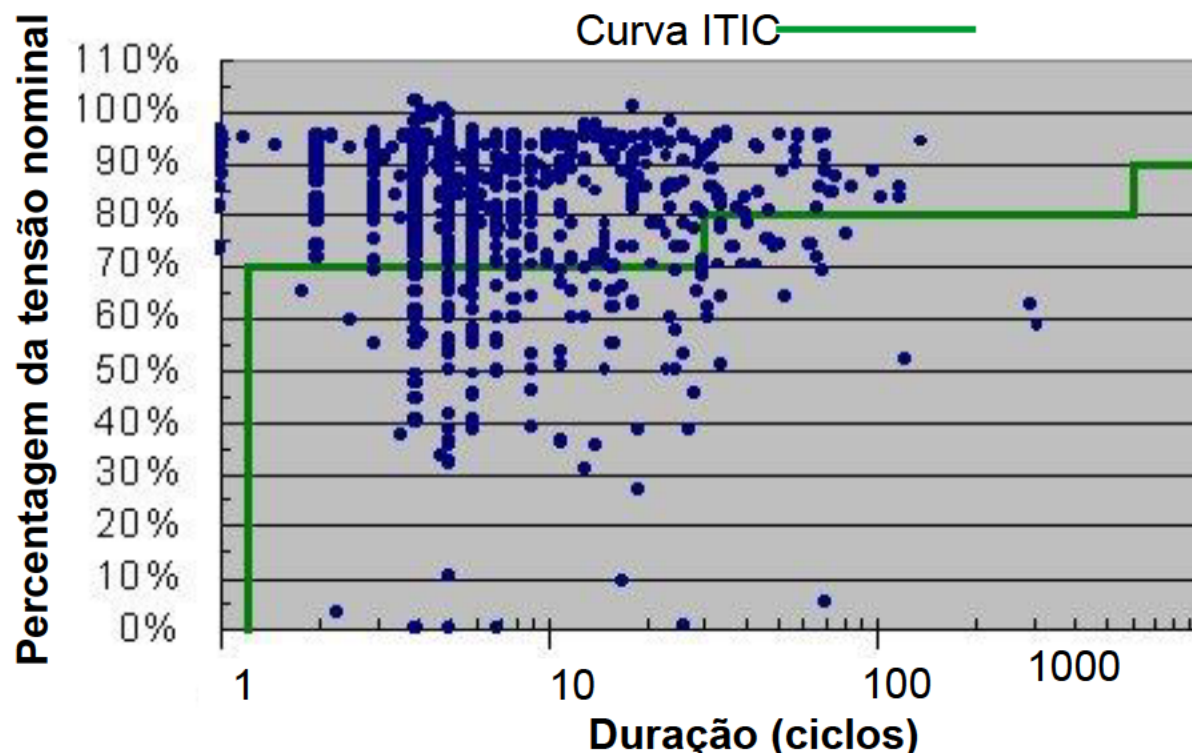
CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Afundamentos, micro-interrupções, picos transitórios, desequilíbrios entre fases, distorção harmônica, sobretensões, interrupções longas.



Monitoramento e registo da qualidade da energia elétrica à entrada de uma fábrica, durante um ano.



CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Consequências da desadequação

- “PQ Costs” que são devidos a:
 1. Perdas de informação,
 2. Perdas de tempo de produção,
 3. Perdas de material em vias de fábrica,
 4. Custos de re-arranque e sintonia de processos,
 5. Perigos acrescidos para a segurança de pessoas e bens,
 6. Perda de credibilidade no mercado,
 7. Aumento dos impactos sobre o meio ambiente.

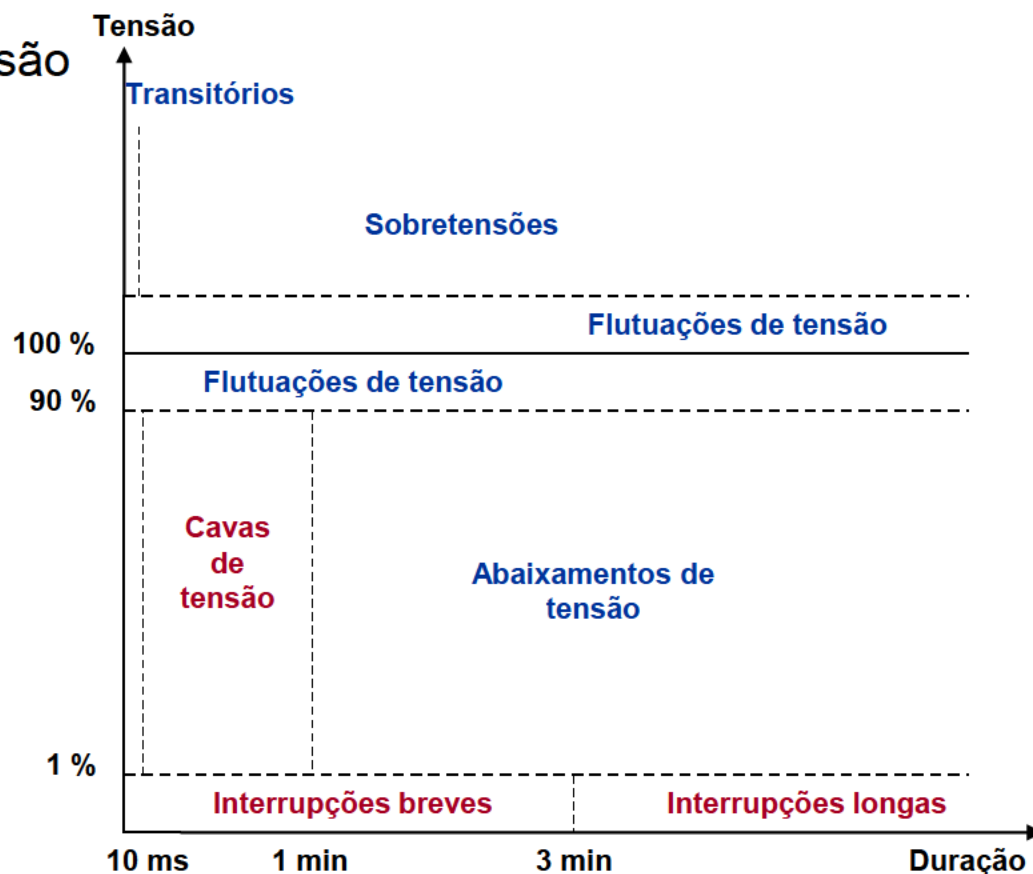
Sectores mais críticos

- Todas as indústrias de processo contínuo
- Todas as indústrias intensivas em TIC (**não devidamente protegidas**)



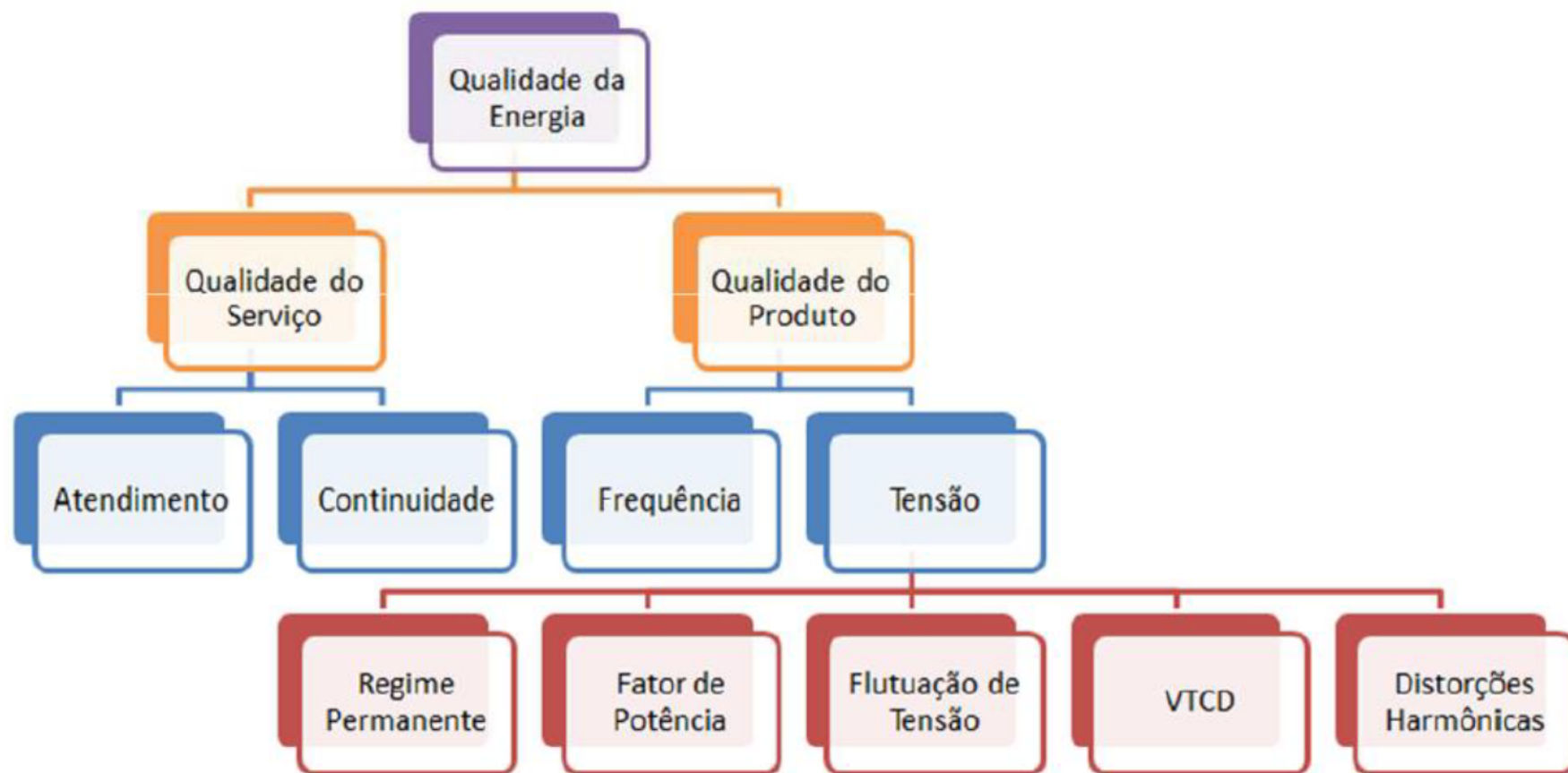
Principais perturbações de QEE

- Variações temporárias de tensão
 - Sobretensões
 - Abaixamentos de tensão
- **Afundamentos de tensão**
- Flutuações tensão $\rightarrow$ Flicker
- Distorção harmônica
- Sobretensões transitórias
- Desequilíbrio de tensões
- Variações de frequência
- **Interrupções breves ($\leq 3\text{min}$)**
- **Interrupções longas ($>3\text{min}$)**





Estrutura da Qualidade da Energia Elétrica





CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Conceitos Importantes

- Continuidade do Fornecimento → disponibilização do serviço ao longo do ciclo de faturamento.
- Qualidade da Energia Elétrica → condições em que a energia elétrica é fornecida ao consumidor. Conformidade da energia elétrica disponibilizada em relação aos parâmetros indicadores ou de referência.



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Resolução da ANEEL

A continuidade do fornecimento é regulamentada por Resolução da ANEEL que estabelece as disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras. Os valores limites dos indicadores DIC, FIC e DMIC mensais são publicados na fatura de cada consumidor, bem como os valores verificados em mês anterior de DIC, FIC e DMIC.



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Continuidade do Serviço

- Siglas usadas para indicadores individuais:

DIC = Duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora.

FIC = Frequência de interrupção individual por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em número de interrupções.

DMIC = Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora.



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Continuidade do Serviço

- Siglas usadas para indicadores coletivos:

ANEEL define as metas DEC e FEC para os conjuntos de consumidores de cada concessionária de distribuição.

DEC = Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em horas e centésimos de hora.

FEC = Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em número de interrupções e centésimos do número de interrupções.

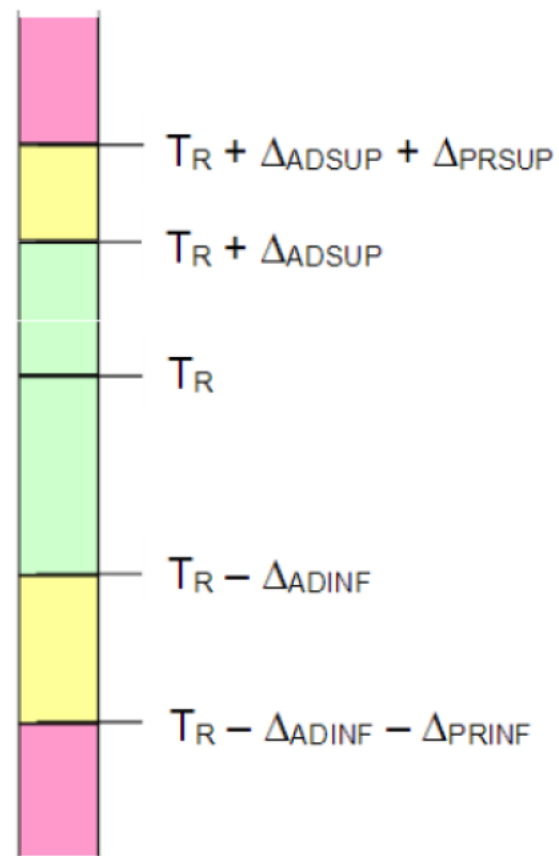


CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Conformidade da Tensão



T_R - Tensão de Referência

Verde - Faixa Adequada de Tensão

Amarelo - Faixas Precárias de Tensão

Rosa - Faixas Críticas de Tensão



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Conformidade da Tensão

Faixa de valores adequados para 220/127V:

$$202 \leq \text{tensão} \leq 231$$

$$117 \leq \text{tensão} \leq 133$$



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Conformidade da Tensão

Faixa de valores precários para 220/127V:

$$191 \leq \text{tensão} < 202$$

$$231 < \text{tensão} \leq 233$$

$$110 \leq \text{tensão} < 117$$

$$133 < \text{tensão} \leq 135$$



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Conformidade da Tensão

Faixa de valores críticos para 220/127V:

tensão < 191 ou tensão > 233

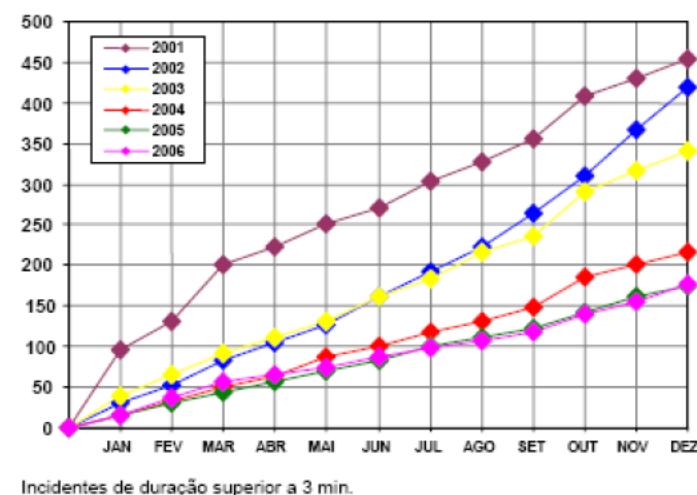
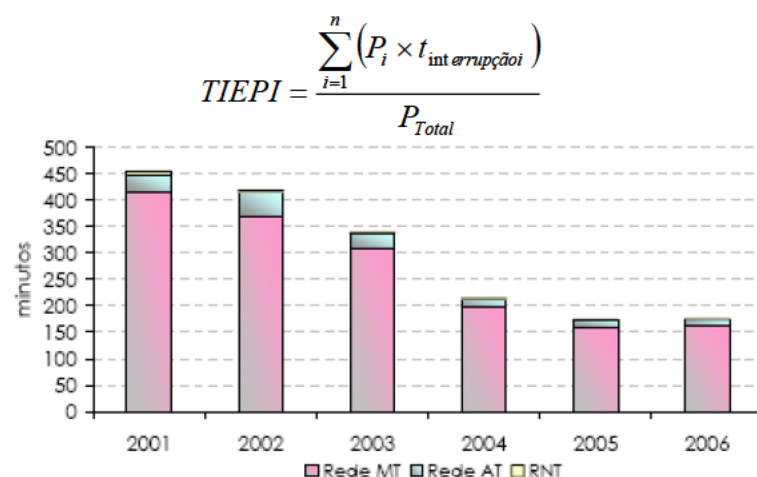
tensão < 110 ou tensão > 135

Classificação das interrupções de alimentação

- Interrupções previstas – Execução de trabalhos programados, no âmbito de ações de manutenção, com aviso prévio dos Clientes
- Interrupções acidentais – Consequência de defeitos transitórios ou permanentes: breves ($\leq 3\text{min}$); longas ($> 3\text{min}$)

Evolução do indicador TIEPI MT

- *Tempo de Interrupção Equivalente da Potência Instalada em MT*





CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Melhoria dos indicadores de continuidade de tensão

- Otimização das topologias de exploração da rede
- Implementação de circuitos redundantes e exploração em malha fechada
- Expansão das redes AT e MT e aumento da potência instalada
- Automatização e telecomando da rede MT
- Reforço das estratégias de manutenção preventiva e preditiva
- Implementação de sistemas de informação técnica e de monitoramento QEE
- Aposta em novos materiais e tecnologias de rede (Ex. condutores cobertos em linhas aéreas MT, reguladores automáticos BT, etc.)



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Melhoria dos indicadores de continuidade de tensão

- Entrada em exploração de novas subestações
- Telecomando da rede MT



Telecomando Rede MT

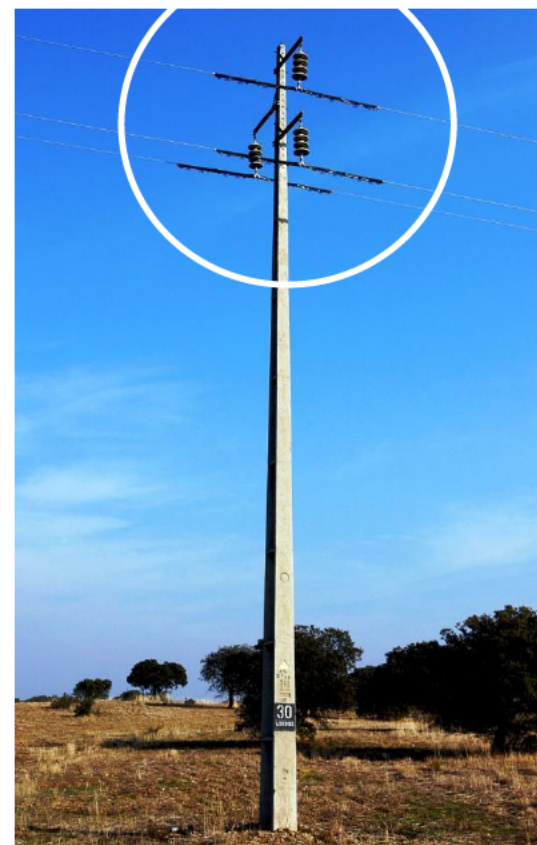


CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

E- ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Melhoria dos indicadores de continuidade de tensão

- Cobertura de pontos críticos – Minimização da ação das aves





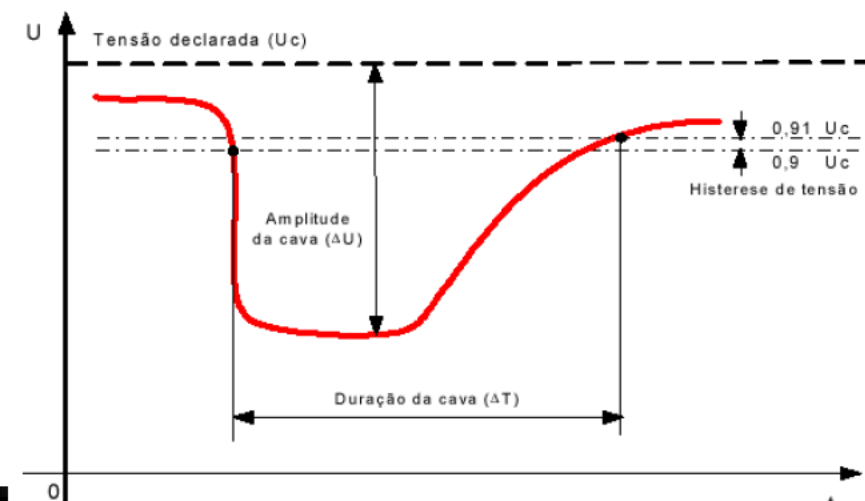
Afundamentos de tensão

Definição baseada na norma NP EN 50160

- “Diminuição brusca da tensão de alimentação para um valor situado entre 90% e 1% da tensão declarada U_c , seguida do restabelecimento da tensão depois de um curto lapso de tempo”

Valores indicativos

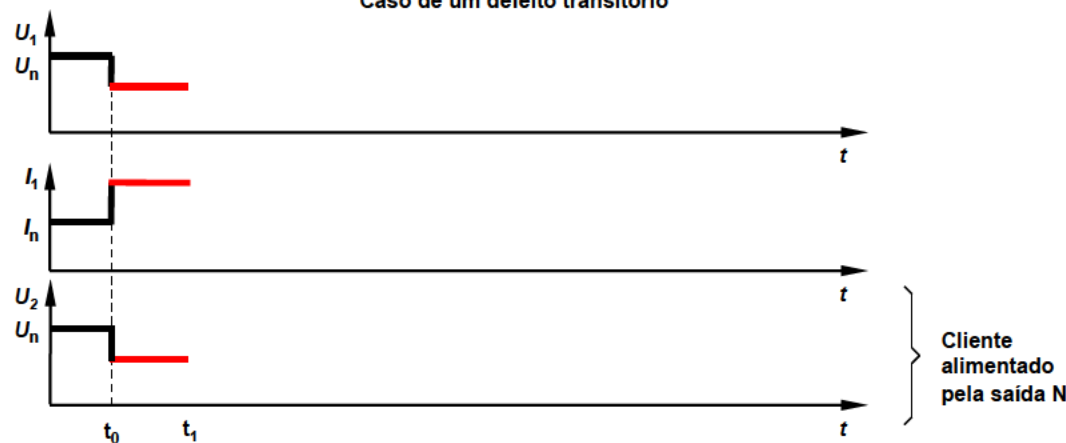
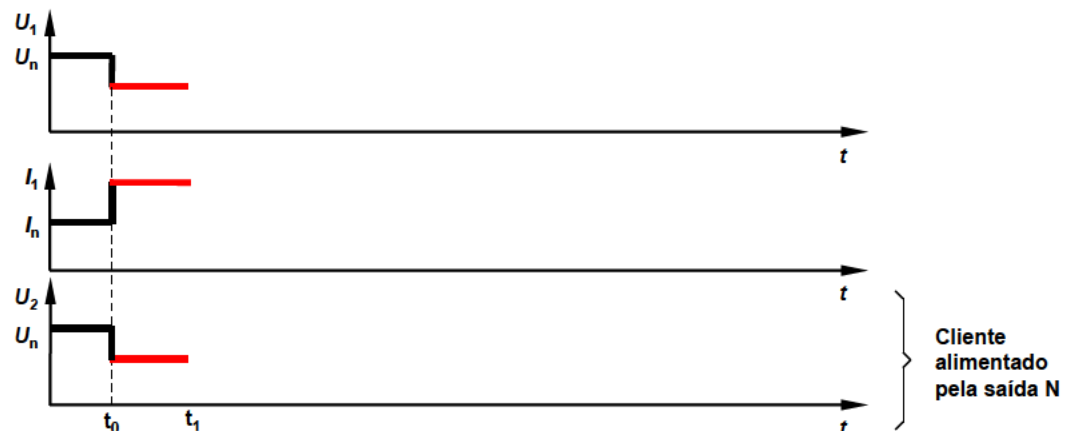
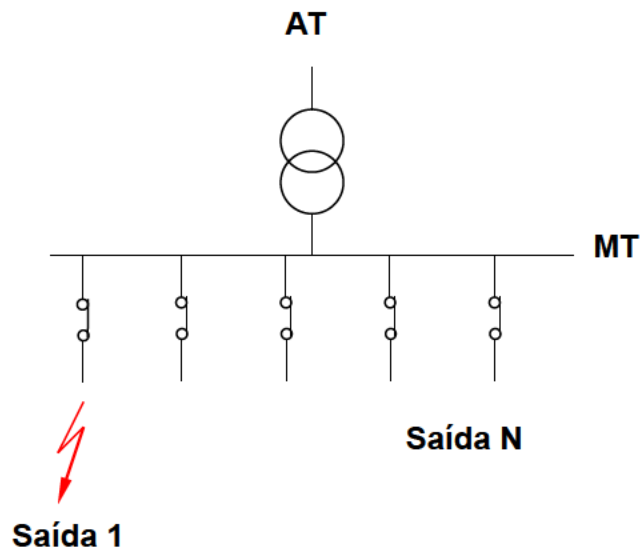
- N.º afundamentos de tensão pode variar das dezenas a um milhar por ano
- Normalmente: Duração < 1 segundo; Amplitude < 60%





Afundamentos de tensão

Origem dos afundamentos de tensão em redes de T&D



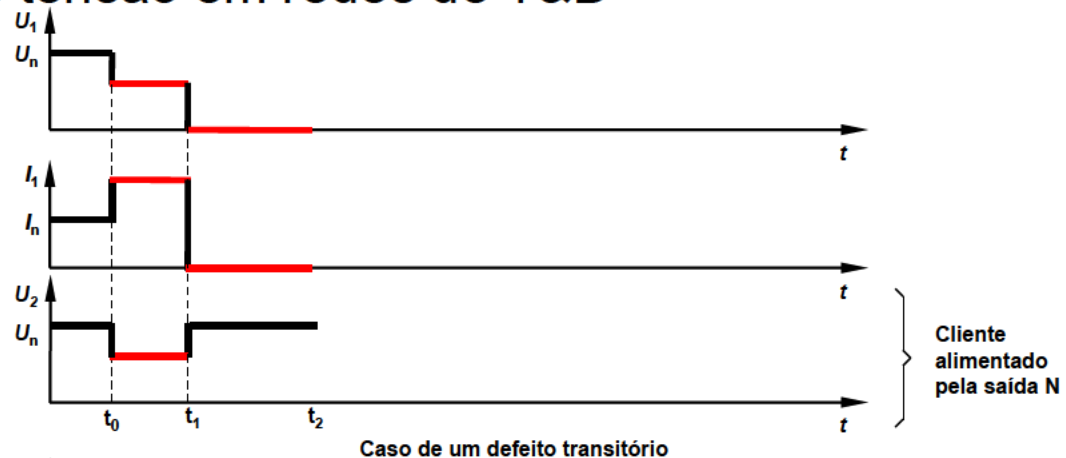
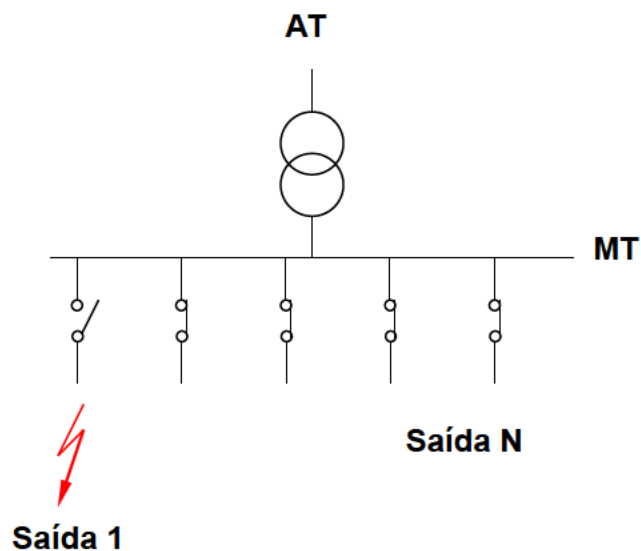


CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

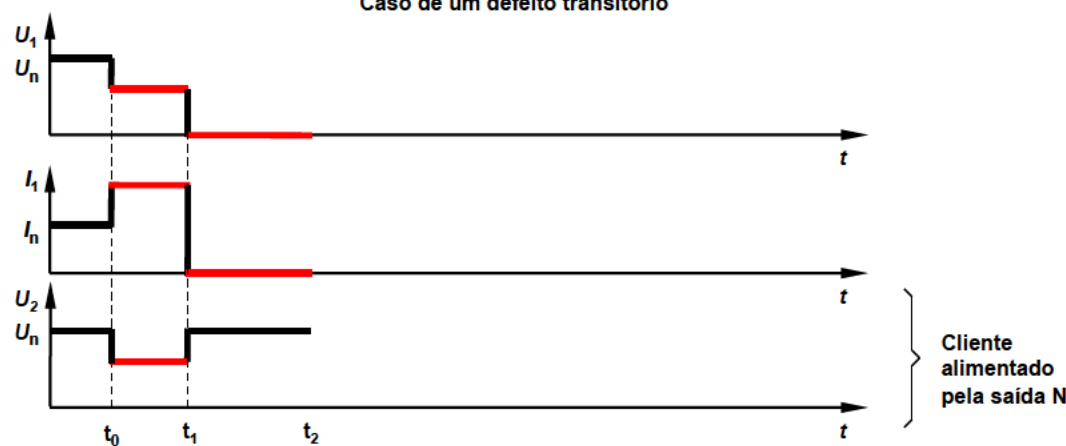
ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Afundamentos de tensão

Origem dos afundamentos de tensão em redes de T&D

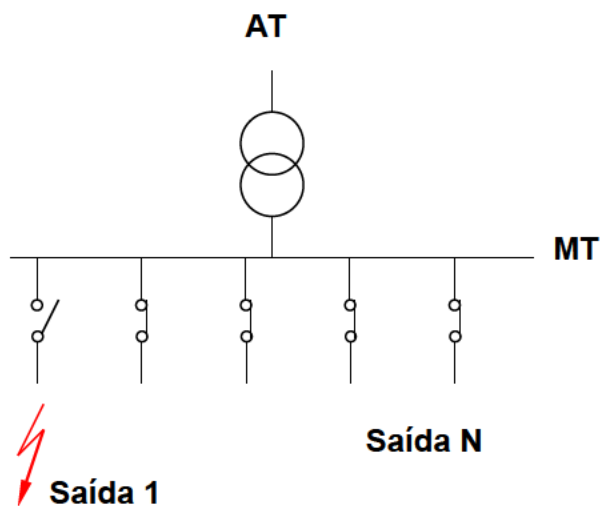
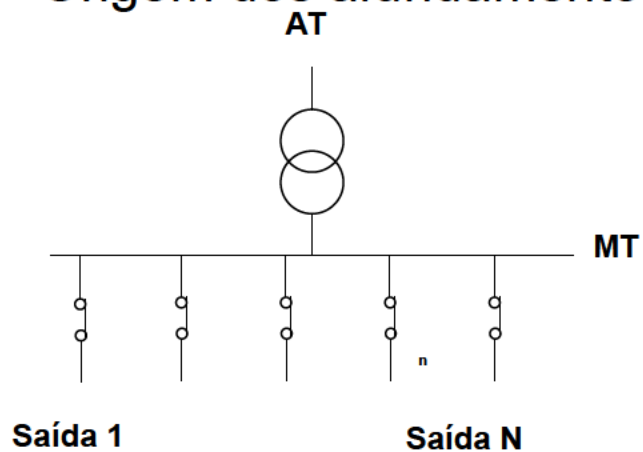


Caso de um defeito transitório

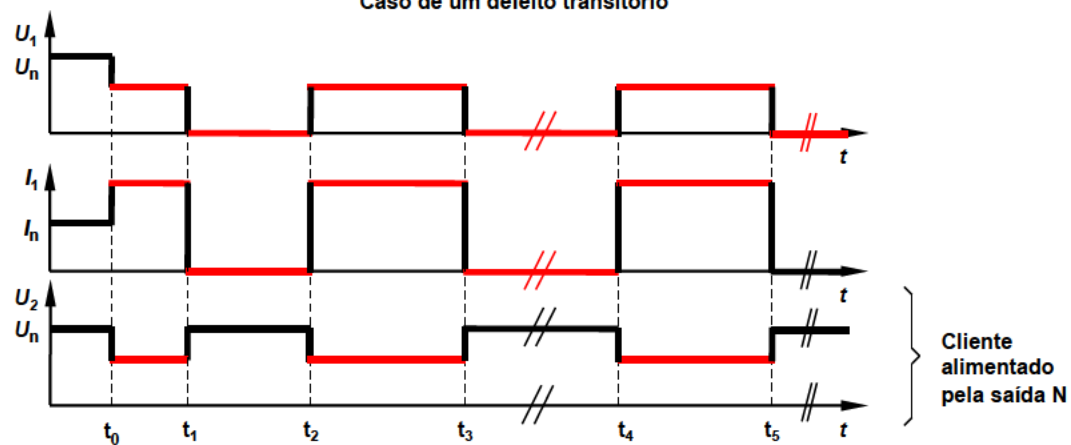


Caso de um defeito permanente

Origem dos afundamentos de tensão em redes de T&D



Caso de um defeito transitório



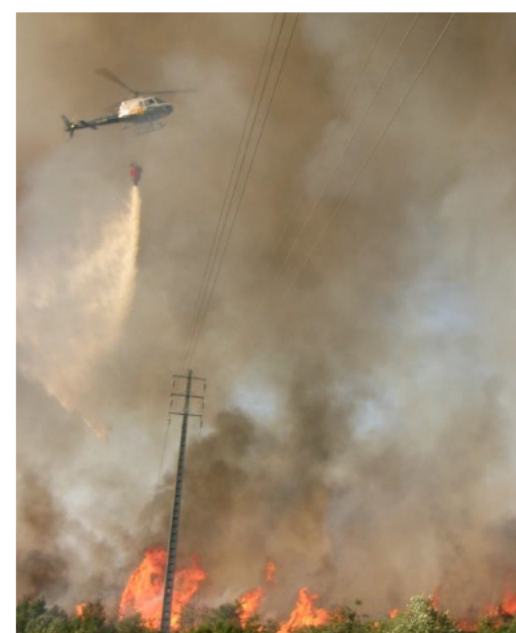
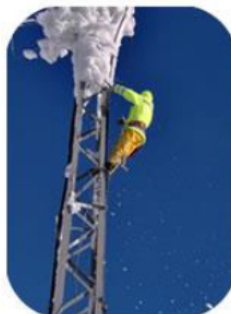
Caso de um defeito permanente



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

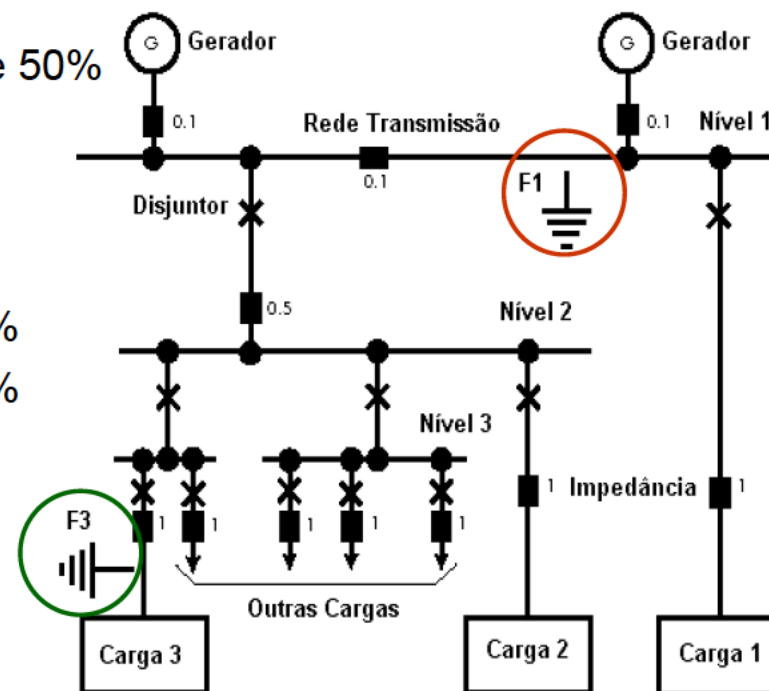
E- ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

A causa dos defeitos em sistemas de T&D é bastante diversificada



Propagação de afundamentos de tensão nos sistemas de T&D

- FALTA em **F1** – é esperado
 - Carga 1 – Interrupção de tensão
 - Carga 2 e 3 – Afundamento de tensão até 50%
- FALTA em **F3** – é esperado
 - Carga 3 – Interrupção de tensão
 - Carga 2 – Afundamento de tensão até 36%
 - Carga 1 – Afundamento de tensão até 2%



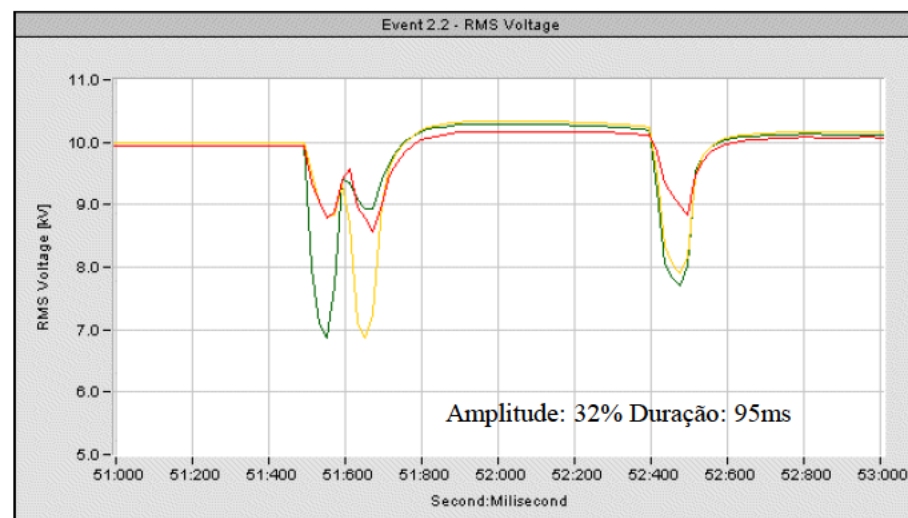
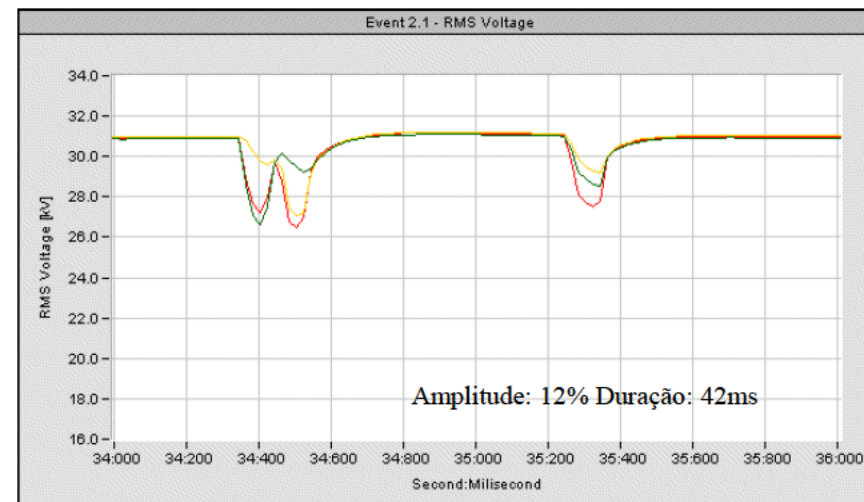
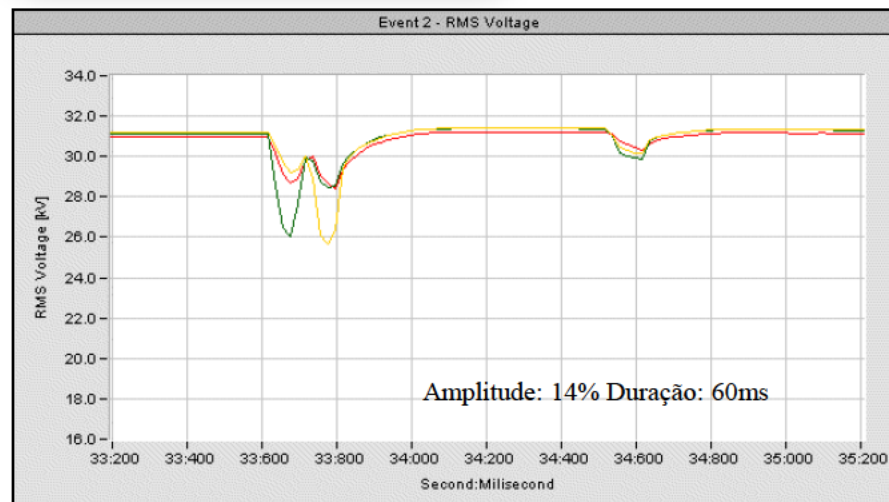
Fonte: Copper Development Association



CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

E-ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA





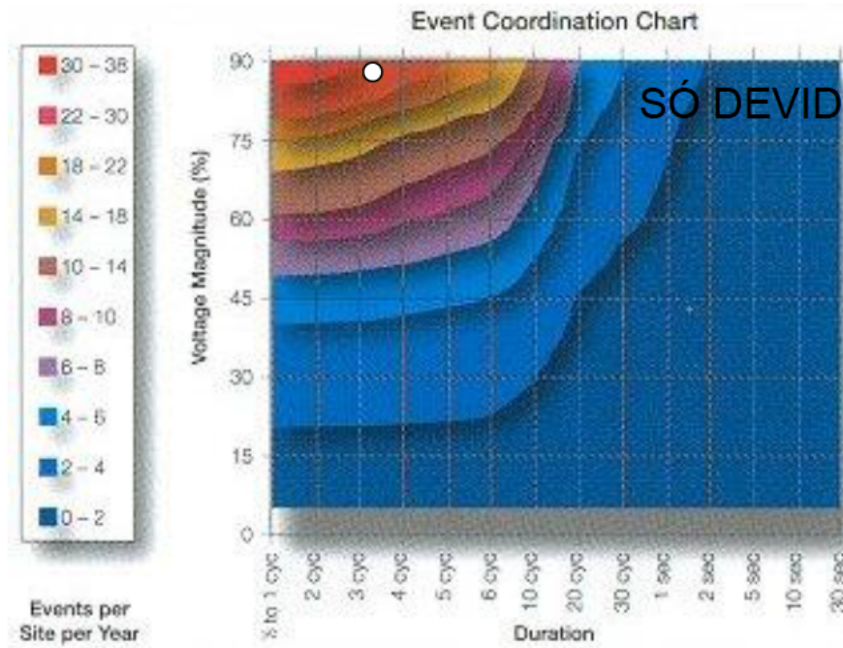
CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

- Consequências dos afundamentos de tensão
 - Afundamento de tensão de reduzida severidade (amplitude 14%; duração 60ms) → Perturbação de funcionamento de 2 Máq. Eletroerosão CNC → Perdas significativas para o Cliente



SÓ DEVIDO AO AFUNDAMENTO DE
TENSÃO

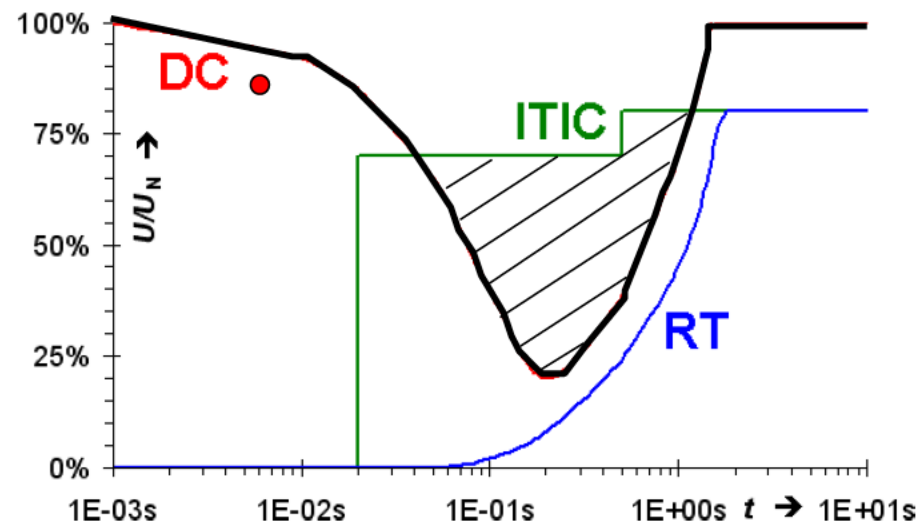
De acordo com este estudo é de esperar que estas máq. CNC sejam sujeitas entre 84 a 114 interrupções por ano

Gráfico da incidência de cavas de tensão por instalação/ano em função da amplitude e duração – Estudo efectuado pelo EPRI (Electric Power Research Institute) ao longo de 9 anos, tendo em consideração 480 locais nos EUA



Mitigação dos afundamentos de tensão

- Vários estudos têm demonstrado que a severidade dos afundamentos de tensão, com origem em defeitos nos sistemas de T&D é superior à tolerância dos equipamentos indicada pelas curvas CBEMA ou ITIC
- Seria **desejável** que os equipamentos electrónicos apresentassem níveis de imunidade superiores aos propostos por estas curvas



DC – Curva característica dos afundamentos de tensão com origem na rede distribuição
ITIC – Curva ITIC
RT – Imunidade exigida

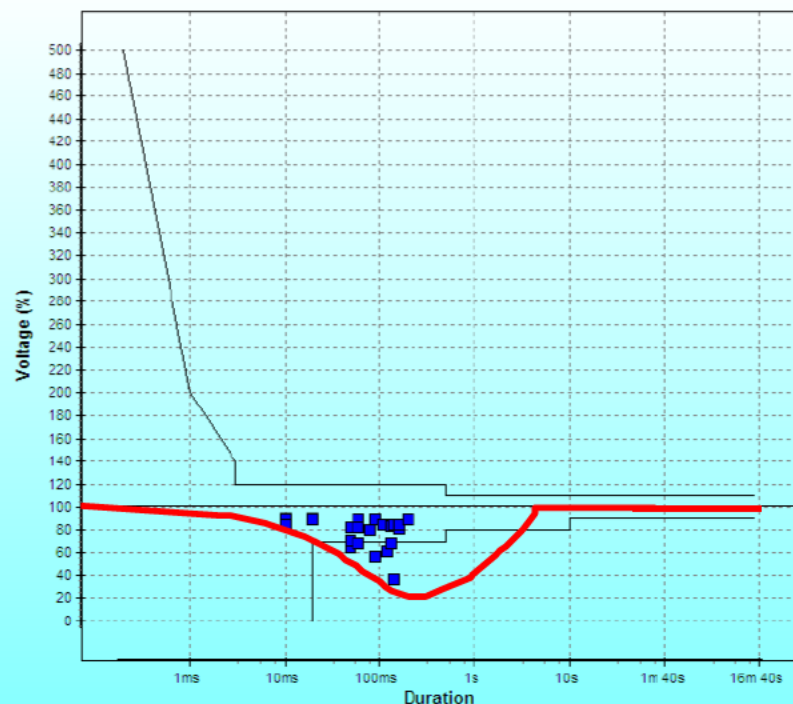
Fonte: Copper Development Association



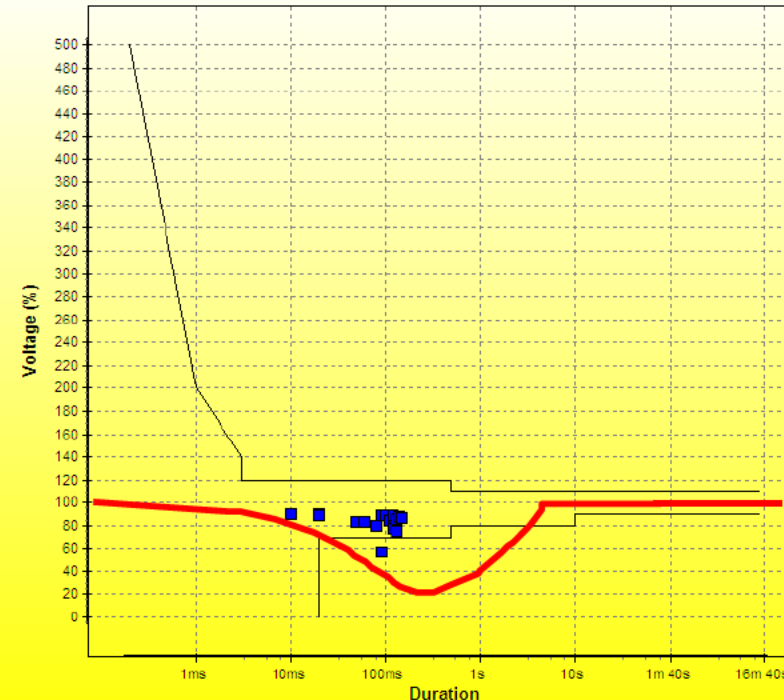
Mitigação dos afundamentos de tensão

- Enquadramento na curva ITIC dos afundamentos de tensão registadas numa subestação da EDP durante o 1º Trim. 2010 (06Jan – 31Mar)

Eventos no BUS MT (13.8kV)



Eventos no BUS AT (69kV)





Sobretensões

Classificação de sobretensões

- Baixa frequência – Quando ocorrem à frequência do sistema (60Hz)
- Alta frequência – Apresentam frequências muito superiores a 60Hz

Sobretensões transitórias

- Variações extremamente rápidas da tensão, com durações tipicamente compreendidas entre os micro e os mili-segundos

	Duração	Frequência (ou taxa de crescimento)	Amortecimento com a distância
Descargas atmosféricas	Muito curta (μ s)	Muito alta (até 1.000 kV/ μ s)	Forte
Descargas electrostáticas	Muito curta (ns)	Alta ($\approx$ 10MHz)	Muito forte
Comutação	Curta (ms)	Média (1 a 200 kHz)	Médio
Sobretensões temporárias à frequência do sistema	Longa (s) ou Muito longa (h)	50 Hz	Não existe

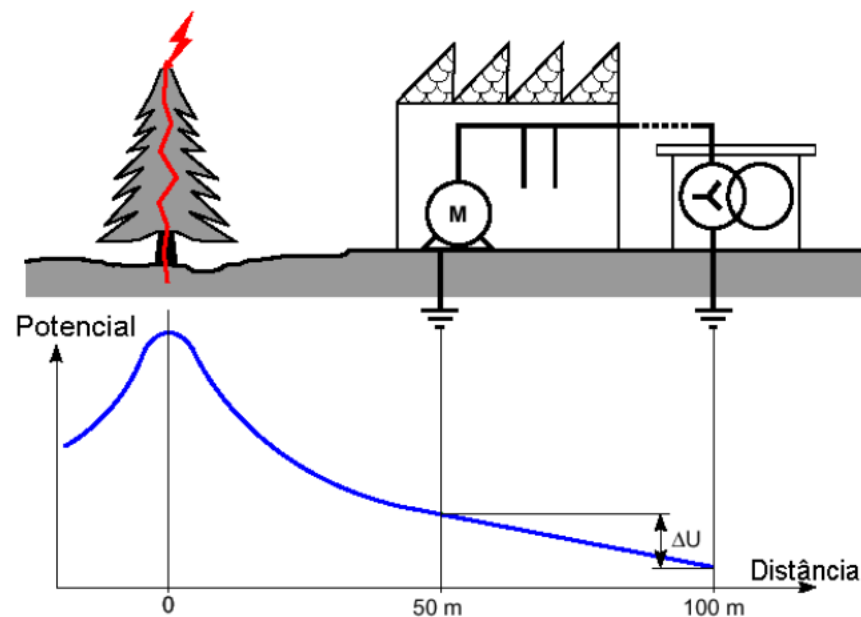


CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Origem das sobretensões

- Descargas atmosféricas
 - A circulação através do solo da corrente de descarga pode provocar uma elevação do potencial de terra



Sobretensão resultante da elevação
do potencial de terra [Séraudie, 1999]



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Oscilações de frequência

A estabilidade da frequência é garantida pelo equilíbrio entre a absorção e a geração de potência ativa nos sistemas elétricos

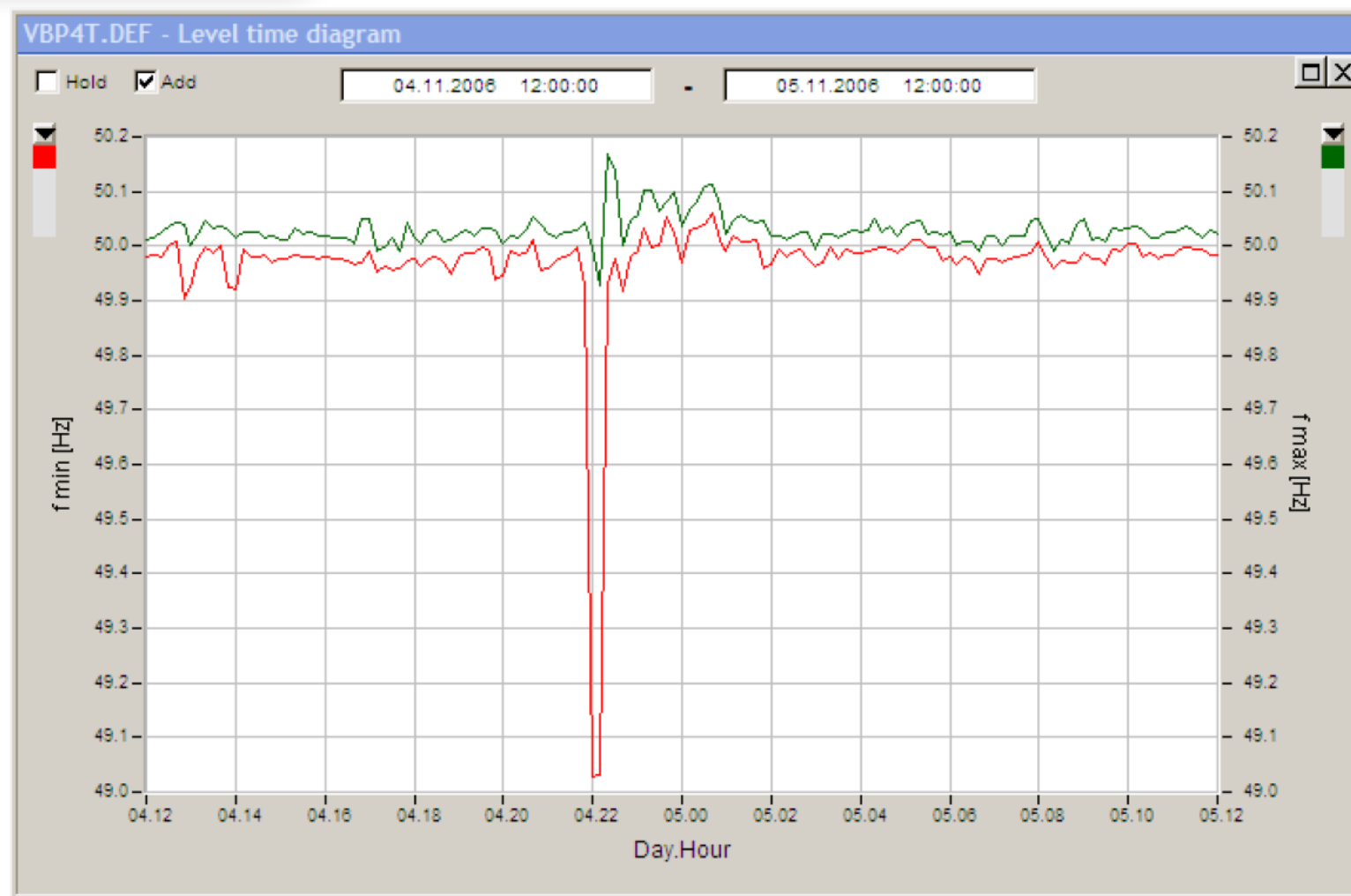
- Em cidades metropolitanas acontecem muitas oscilações de frequência significativas dada a interligação das redes com sistemas industriais

Raramente verificam-se defeitos nas redes de interligação do SIN (Sistema Interligado Nacional) – Oscilações de frequência que podem conduzir ao deslastre de várias subestações nos diferentes estados, ou mesmo, levar ao colapso nacional do sistema elétrico



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

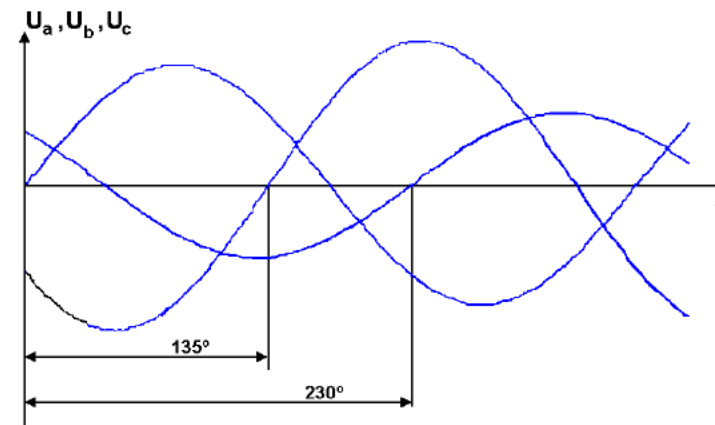
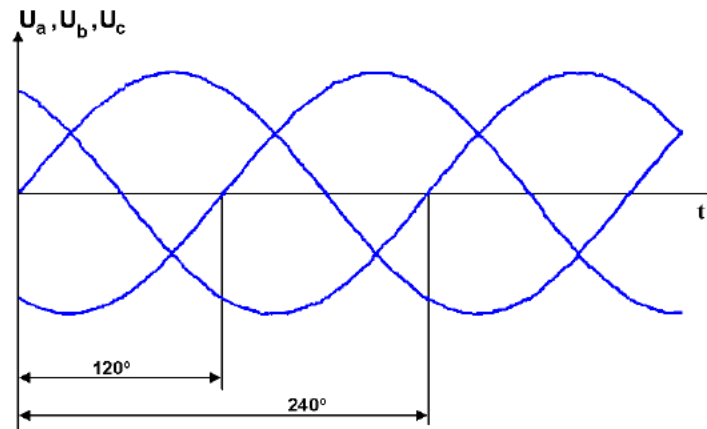




Desequilíbrio de tensões

Sistema desequilibrado ou assimétrico – Situações cujas tensões apresentam amplitudes diferentes ou defasamento assimétrico, diferente de 120°

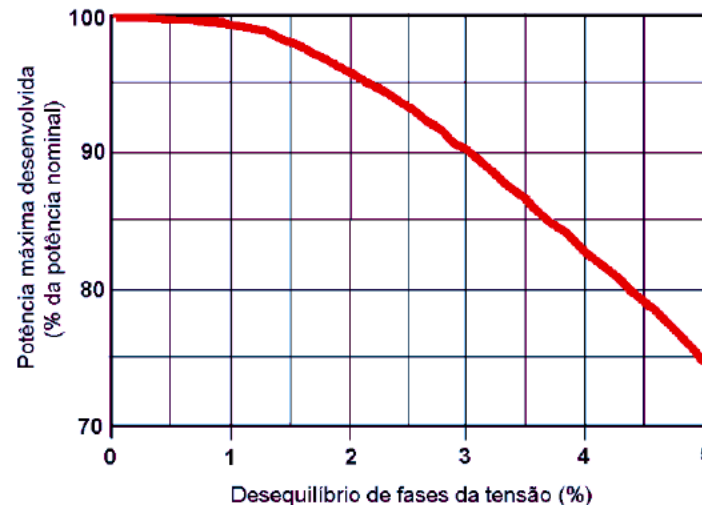
Sistema elétrico equilibrado e Sistema elétrico desequilibrado





Consequências do desequilíbrio de tensões

- Potência máxima desenvolvida por um motor de indução em função do desequilíbrio do sistema de tensões



Mitigação do desequilíbrio de tensões

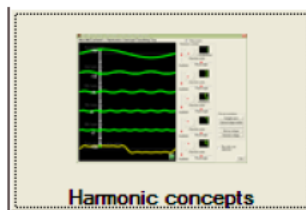
- Redistribuição de cargas
- Aumento da potência de curto-circuito
- Utilização de transformadores com ligações especiais



Distorção harmônica

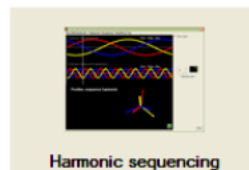
Deformação das senóides da tensão ou da corrente

- Desenvolvimento em séries de Fourier → Decomposição das formas de onda distorcidas em um somatório de senóides com frequências múltiplas da componente fundamental (60Hz)



Classificação das harmônicas quanto à ordem e sequência

Ordem	Fundamental	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º	7.º	8.º	...	n.º
Frequência (Hz)	50	100	150	200	250	300	350	400	...	$n \times 50$
Sequência	+	–	0	+	–	0	+	–	...	...

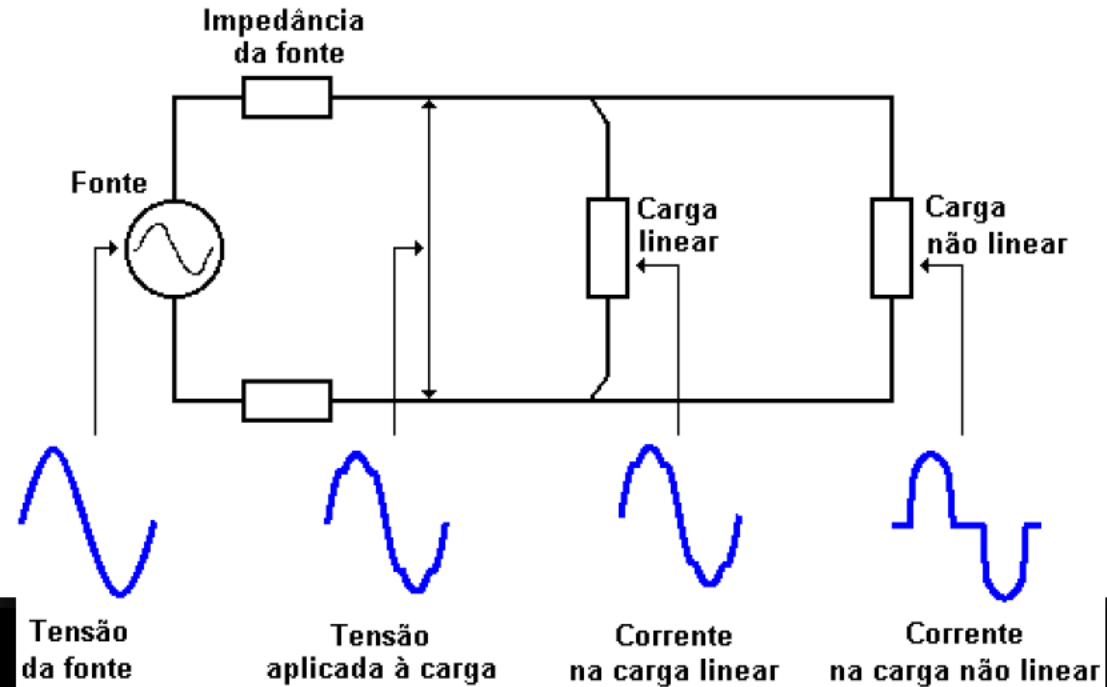


Fonte: PSL – Power Standards Lab



Origem da distorção harmônica

- Cargas não-lineares – Apresentam impedância variável em função da tensão de alimentação → A corrente absorvida não é proporcional à tensão, assumindo formas de onda não senoidais
 - Fontes de alimentação eletrônicas
 - Lâmpadas de descarga
 - Transformadores





CREA-AM

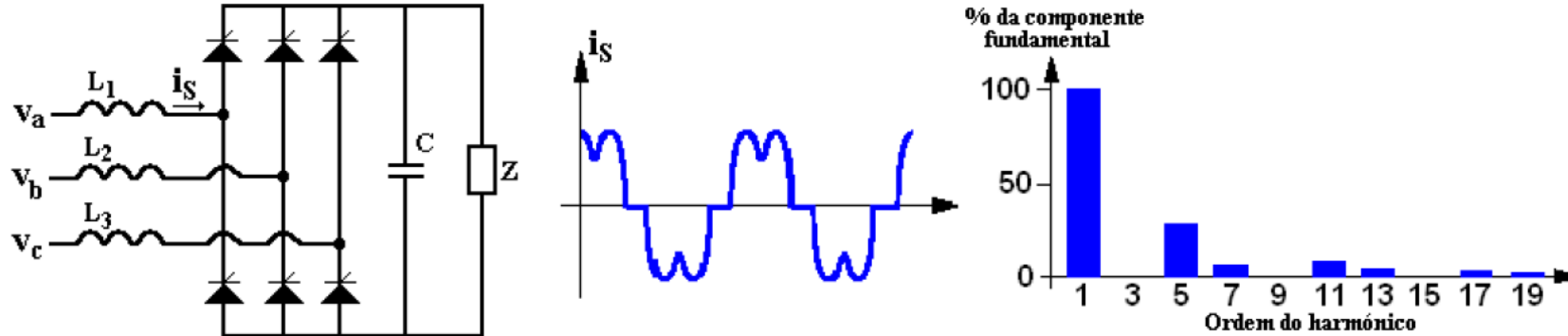
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



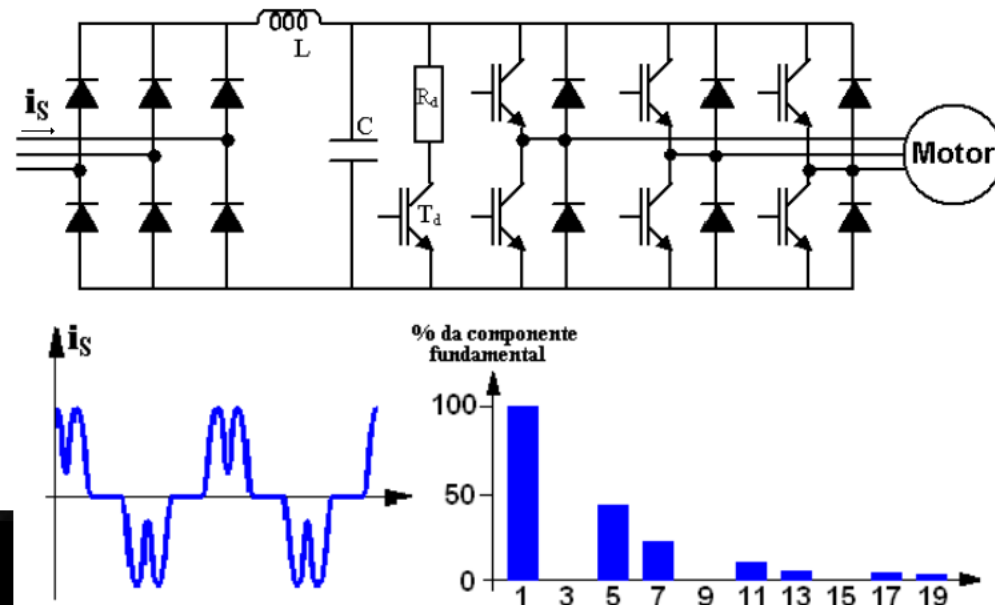
Agência Nacional de Energia Elétrica

Origem da distorção harmônica

- Retificadores estáticos



- Variadores eletrônicos de velocidade





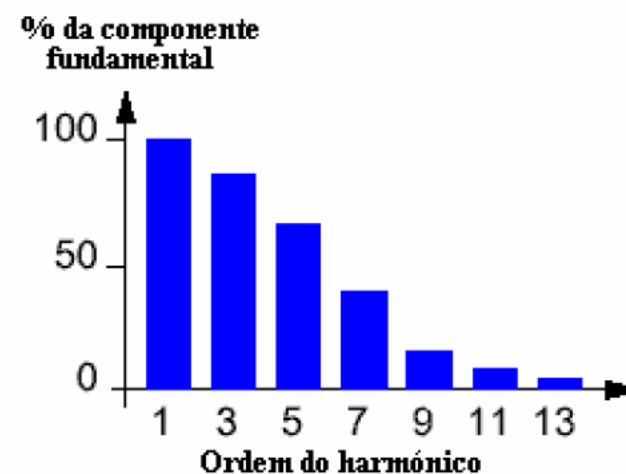
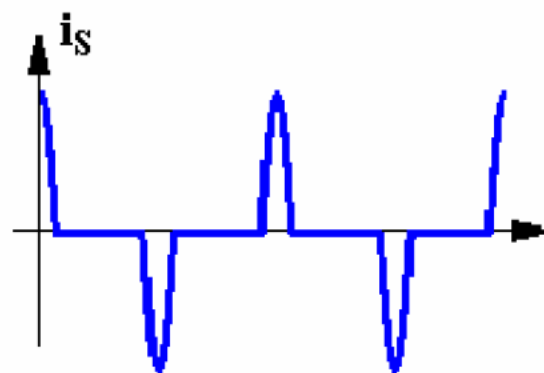
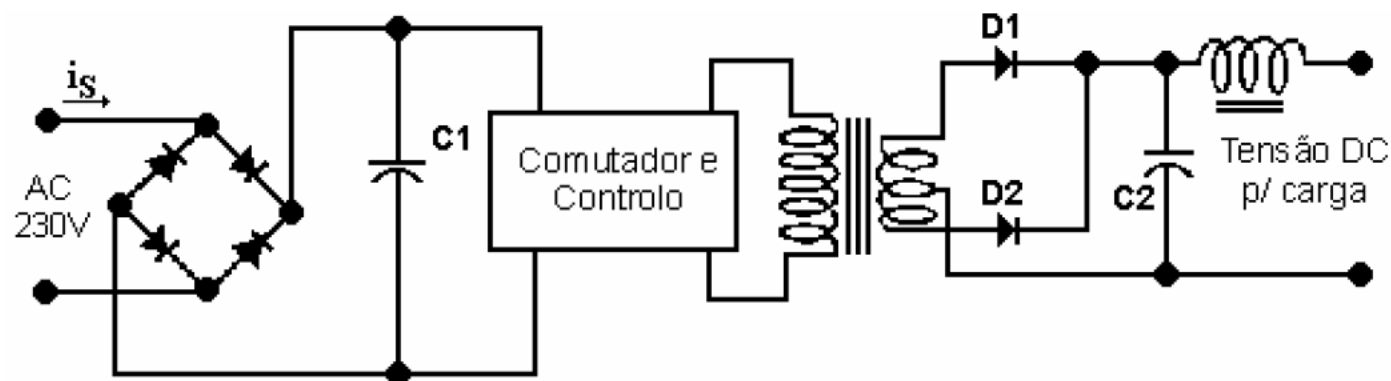
CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Origem da distorção harmônica

- Fontes de alimentação comutadas



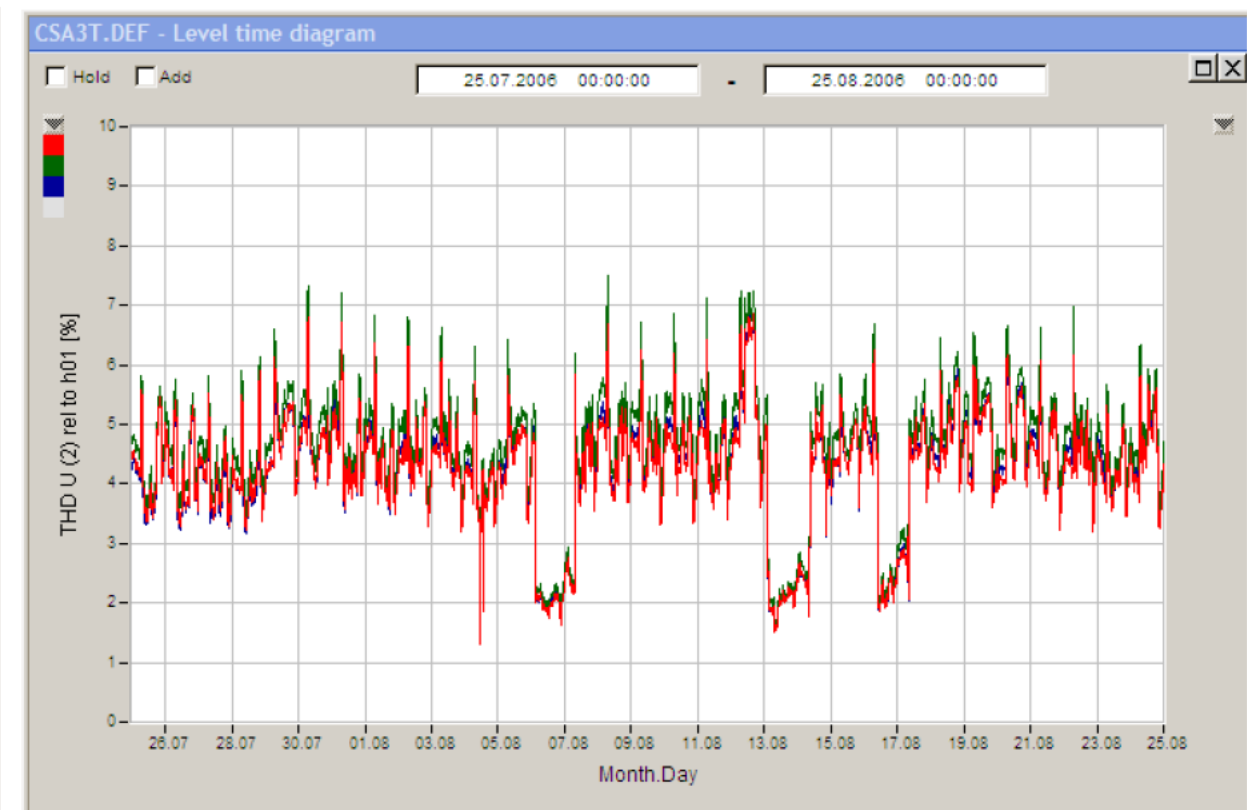
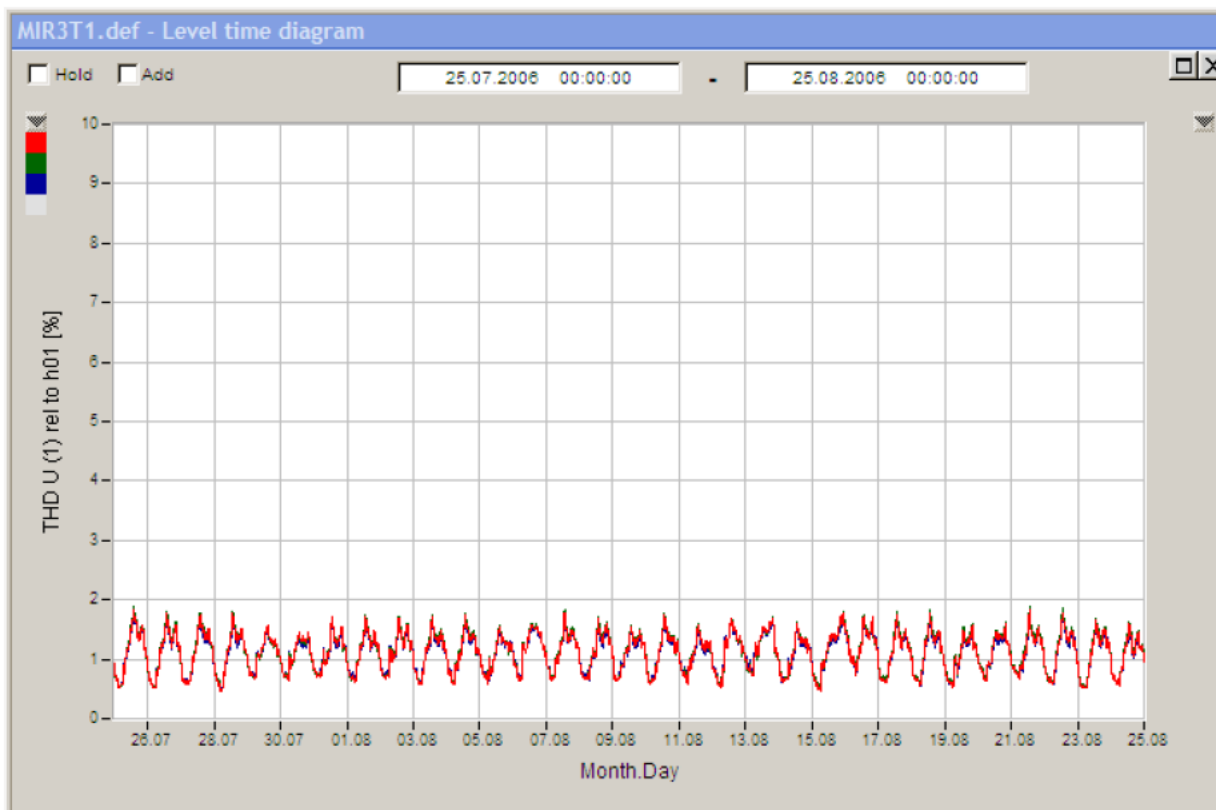


Consequências da distorção harmônica

- Ressonância em baterias de condensadores

THD BUS 15kV típico

THD BUS 15kV c/ BC ressonância

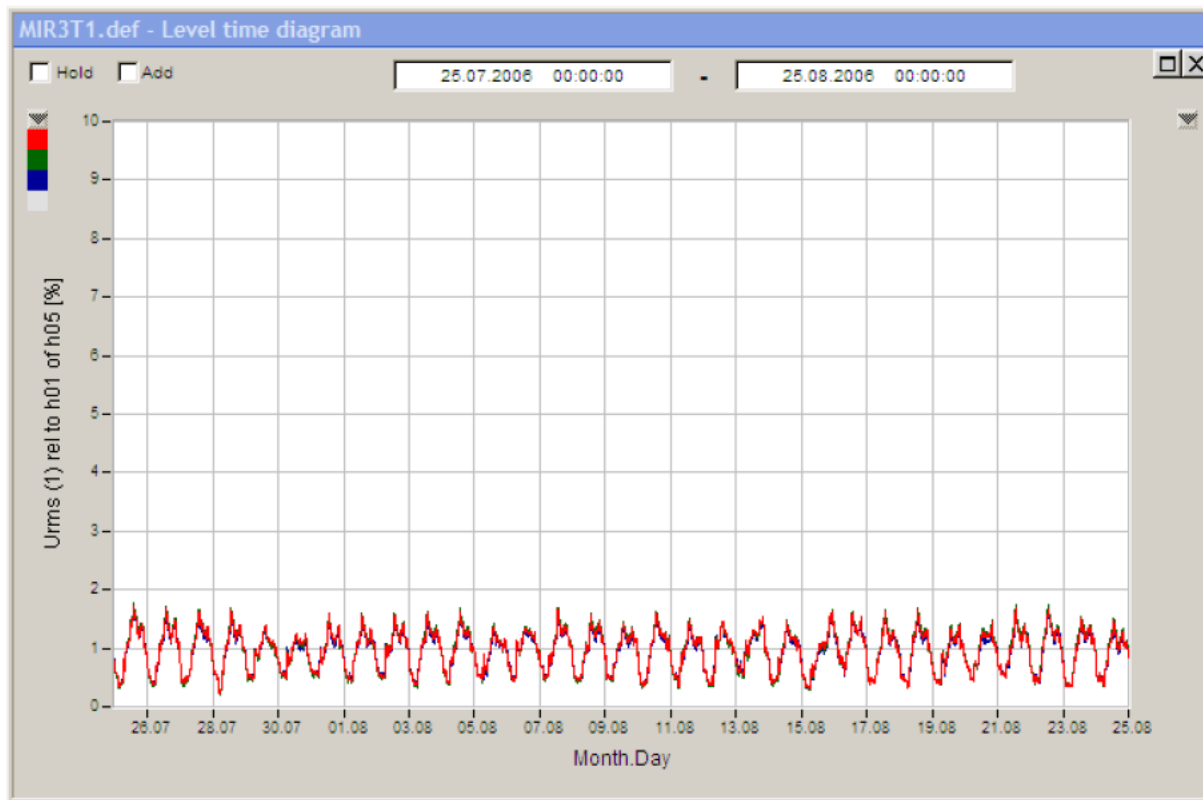




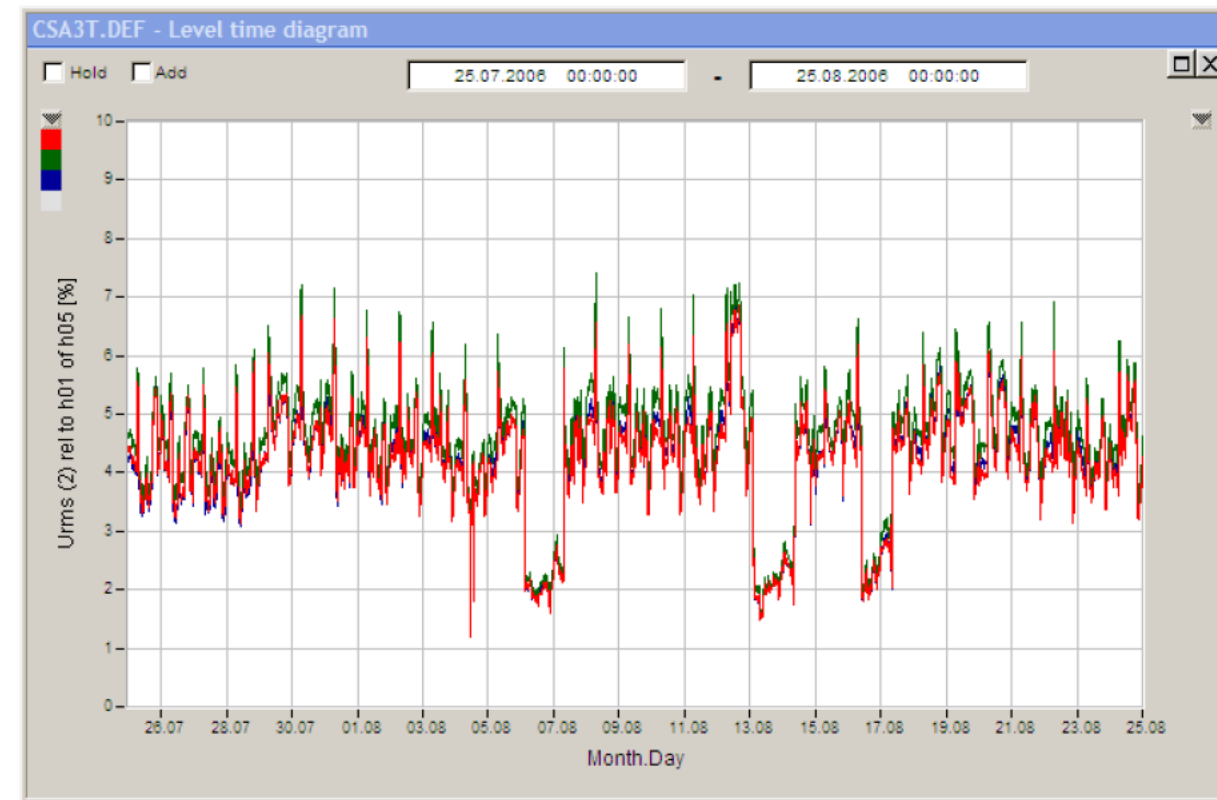
Consequências da distorção harmônica

- Ressonância em baterias de condensadores

5ª harmónica BUS 15kV típico



5ª harmónica BUS 15kV c/ BC ressonância





CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



CINTILAÇÃO LUMINOSA (*FLICKER*)

A cintilação (flicker) corresponde a variações luminosas.

Resulta de pequenas flutuações de tensão provocadas pelo funcionamento de cargas variáveis de grande porte:

- fornos a arco,
- máquinas de solda,
- motores, etc.

Provoca fadiga física e psíquica nos usuários de iluminação conectados nas proximidades da carga perturbadora.

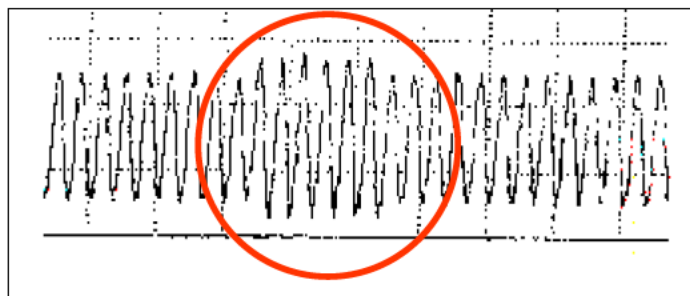


CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

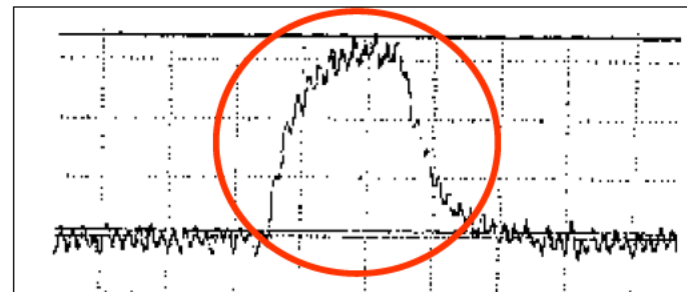
E- ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

CINTILAÇÃO LUMINOSA (*FLICKER*)

Tensão



Fluxo Luminoso





CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Como mitigar os problemas ?

Regulamentar:

1. O nível mínimo de qualidade de serviço que as redes devem disponibilizar (RQS);
2. O nível de imunidade mínima que as cargas devem possuir ***“Ride Through Capability”***;
3. A perturbação máxima admissível para todo o tipo de cargas sobre as redes.



1. Regulamento da Qualidade de Serviço

Ponto de situação

1. Regulamenta o nível mínimo de serviço que as redes devem disponibilizar por região, por nível de tensão, etc...
- Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS) - adotado em Portugal e em plena aplicação e supervisão pela ERSE.



CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



ANEEL

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Procedimentos da Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST

Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica

http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=82



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



OBJETIVOS

- ◆ Estabelecer os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica – QEE;
- ◆ Para a qualidade de fornecimento, definir limites e parâmetros que possibilitem à ANEEL estabelecer -limite para os indicadores de QEE;
- ◆ Para a qualidade dos serviços, estabelecer metodologia para apuração dos indicadores de continuidade, definindo limites e responsabilidades e, estabelecer metodologia de monitoramento automático dos indicadores de qualidade.



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



INDICADORES DE QUALIDADE

Os aspectos da qualidade do produto em regime permanente ou transitório:

- a) tensão em regime permanente;
- b) fator de potência;
- c) distorções harmônicas;
- d) desequilíbrio de tensão;
- e) flutuação de tensão;
- f) variações de tensão de curta duração.



HARMÔNICOS

Valores de referência para as distorções harmônicas totais

Tensão Nominal do Barramento	Distorção Harmônica Total de Tensão (DTT) [%]
$V_N \leq 1\text{kV}$	10
$1\text{kV} < V_N \leq 13,8\text{kV}$	8
$13,8\text{kV} < V_N \leq 69\text{kV}$	6
$69\text{kV} < V_N \leq 230\text{kV}$	3

**CREA-AM**Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

HARMÔNICOS

Valores de referência para as distorções harmônicas individuais

Ordem Harmônica	Distorção Harmônica Individual de Tensão [%]			
	$V_n \leq 1 \text{ kV}$	$1 \text{ kV} < V_n \leq 13.8 \text{ kV}$	$13.8 \text{ kV} < V_n \leq 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} < V_n \leq 230 \text{ kV}$
Ímpares não múltiplas de 3	5	7.5	6	4.5
	7	6.5	5	4
	11	4.5	3.5	3
	13	4	3	2.5
	17	2.5	2	1.5
	19	2	1.5	1.5
	23	2	1.5	1.5
	25	2	1.5	1.5
	>25	1.5	1	1
Ímpares múltiplas de 3	3	6.5	5	4
	9	2	1.5	1.5
	15	1	0.5	0.5
	21	1	0.5	0.5
	>21	1	0.5	0.5
Pares	2	2.5	2	1.5
	4	1.5	1	1
	6	1	0.5	0.5
	8	1	0.5	0.5
	10	1	0.5	0.5
	12	1	0.5	0.5
	>12	1	0.5	0.5



FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

O processo de medição deve ser realizado com o medidor ajustado para o nível de tensão correspondente, em baixa tensão.

Valor de Referência	PstD95%	PstS95%
Adequado	<1 p.u./FT	<0,8 p.u./FT
Precário	1 p.u. – 2 p.u./FT	0,8 – 1.6 p.u./FT
Crítico	>2 p.u./FT	>1,6 p.u./FT



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

- ◆ Não são atribuídos padrões de desempenho a estes fenômenos;
- ◆ As distribuidoras devem disponibilizar, em bases anuais, o desempenho das barras de distribuição monitoradas. Tais informações poderão servir como referência de desempenho das barras de consumidores do Grupo A com cargas sensíveis a variações de tensão de curta duração.



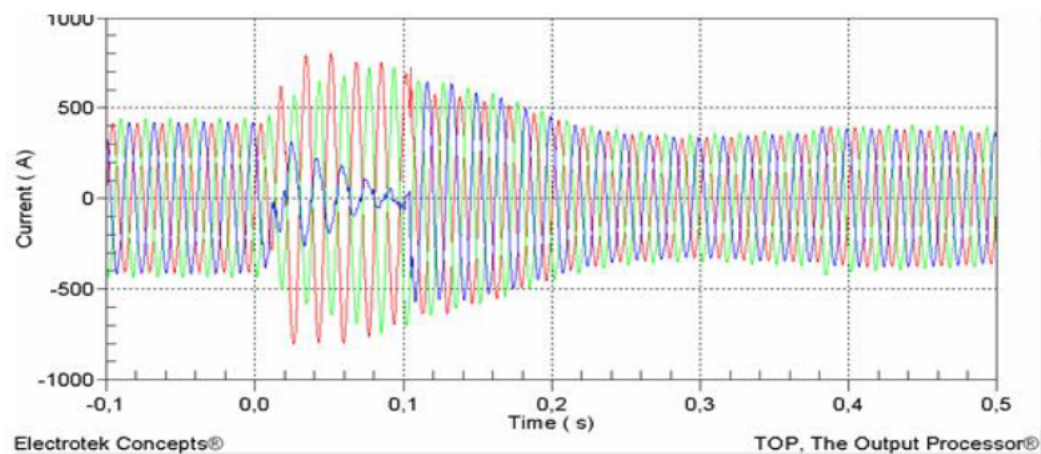
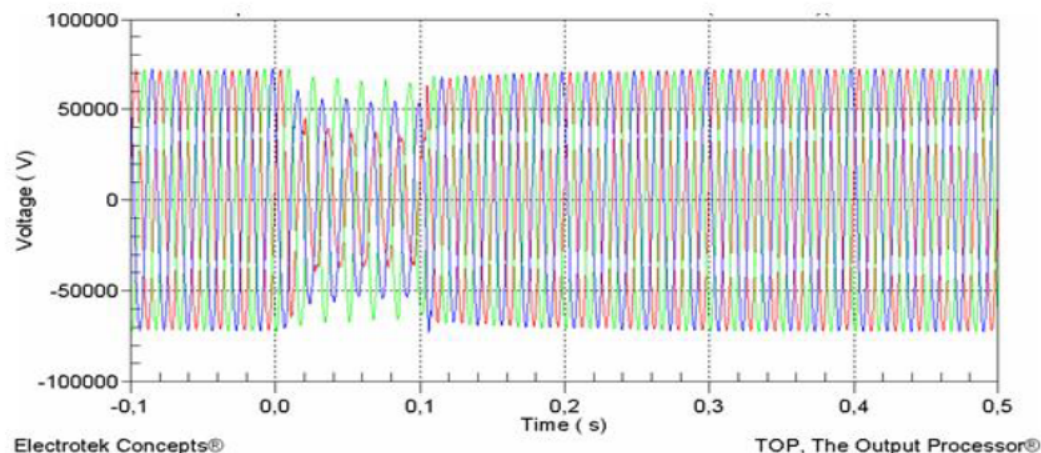
VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

- ◆ Não são atribuídos padrões de desempenho a estes fenômenos;
- ◆ As distribuidoras devem e disponibilizar, em bases anuais, o desempenho das barras de distribuição monitoradas. Tais informações poderão servir como referência de desempenho das barras de consumidores do Grupo A com cargas sensíveis a variações de tensão de curta duração.



VARIAÇÃO DE TENSÃO DE CURTA DURAÇÃO

- Evento 01 – Tensão residual remanescente de 0.52 pu e teve duração de 6 ciclos (99,99ms).





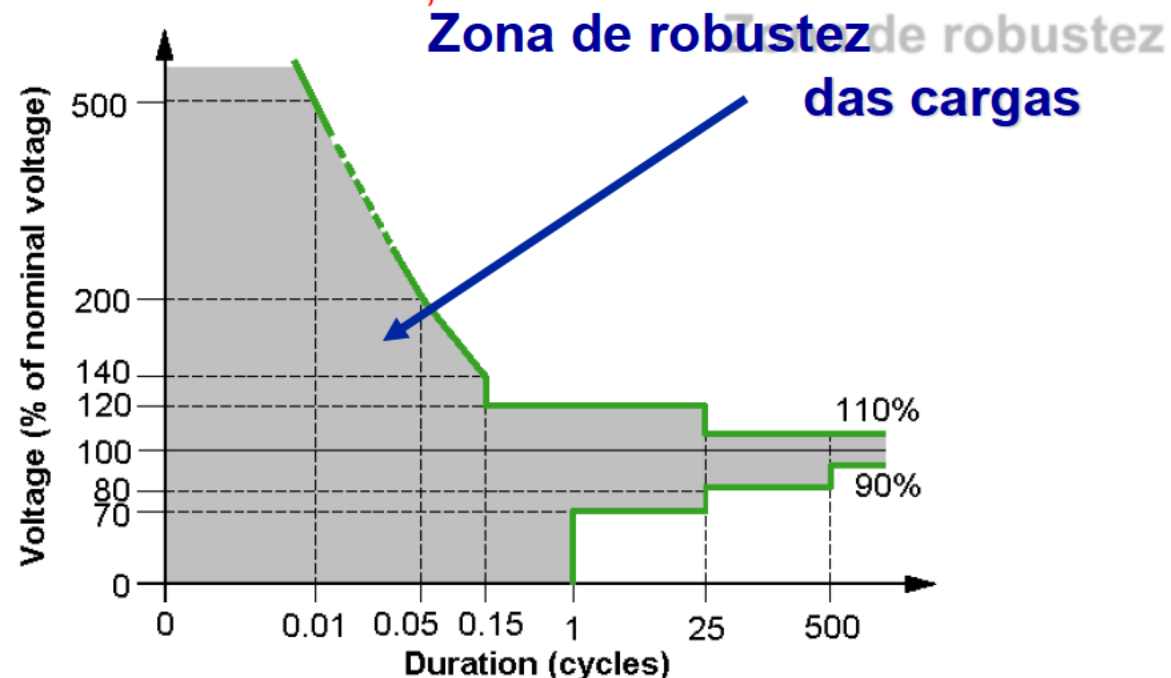
CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

2. Nível de imunidade mínima das cargas

Curva ITIC - “*Information Technology Infrastructure Council*”
definida em 1996 e revista em 2000.

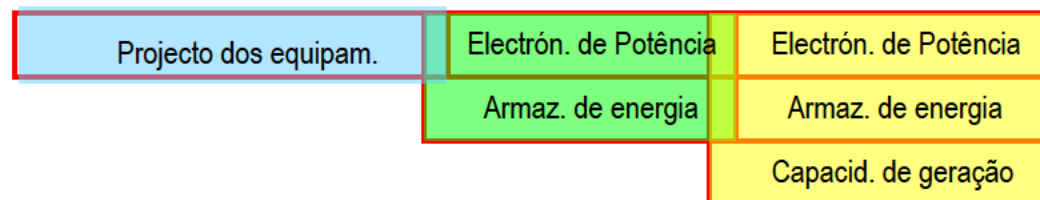
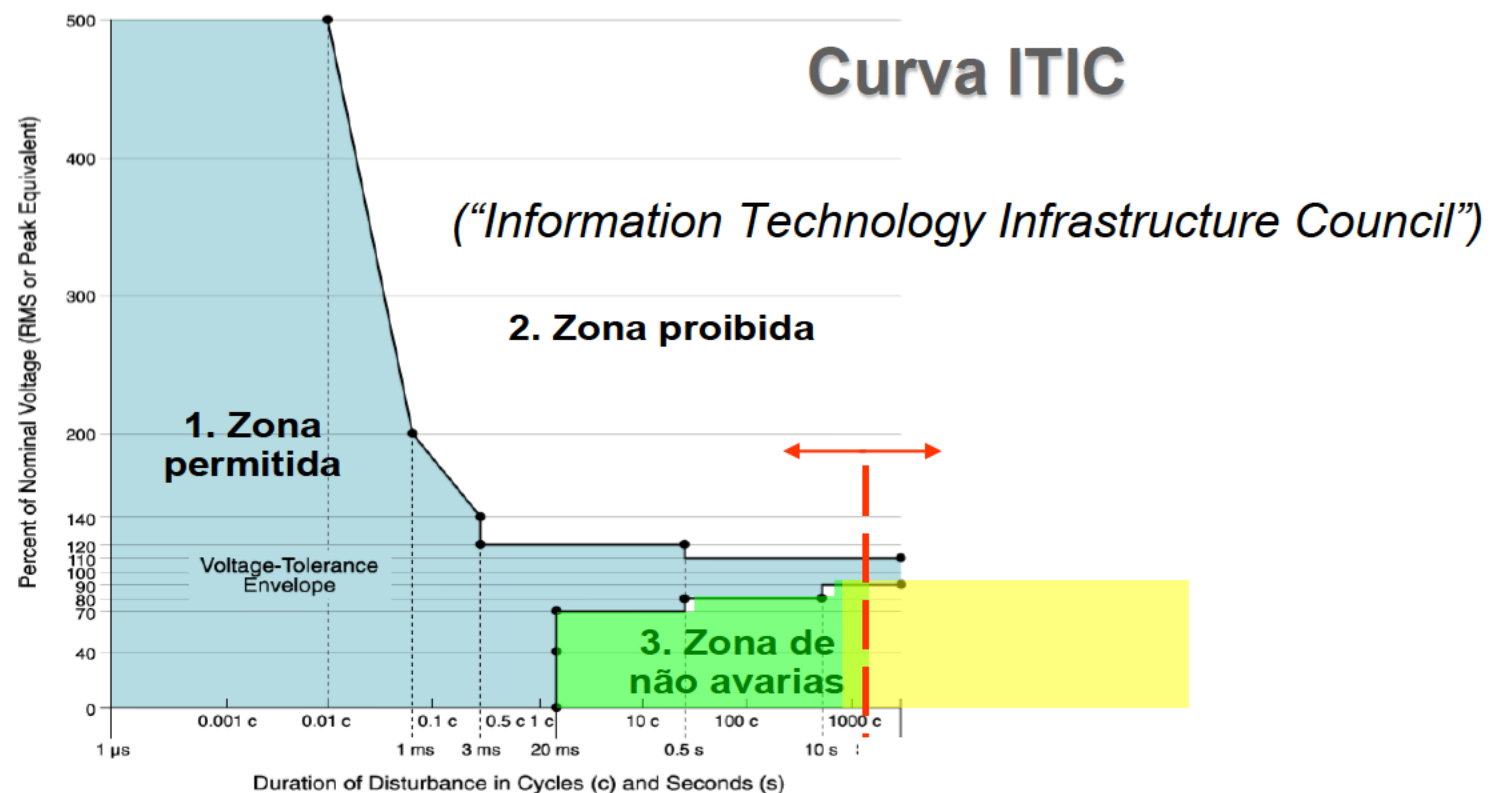
Outras referências **SEMI F45, SEMI F47...**





CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

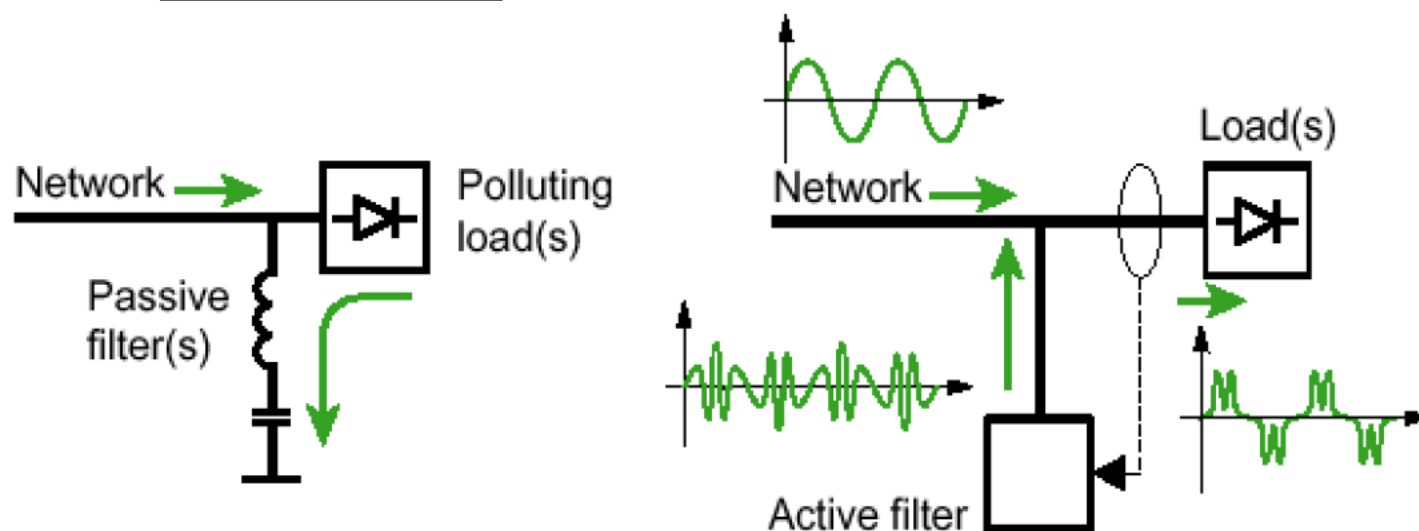


CUSTOS



3. Máxima perturbação admissível para as cargas

- Imposição de limites para a Poluição Harmônica ($T. Ind.$ e THD)
 - Normas IEEE 519, IEC 61.xxx, etc.
- Controle da perturbação ao nível de cada componente individual
 - Atuação preventiva (novas topologias e novas tecnologias,
 - Atuação curativa



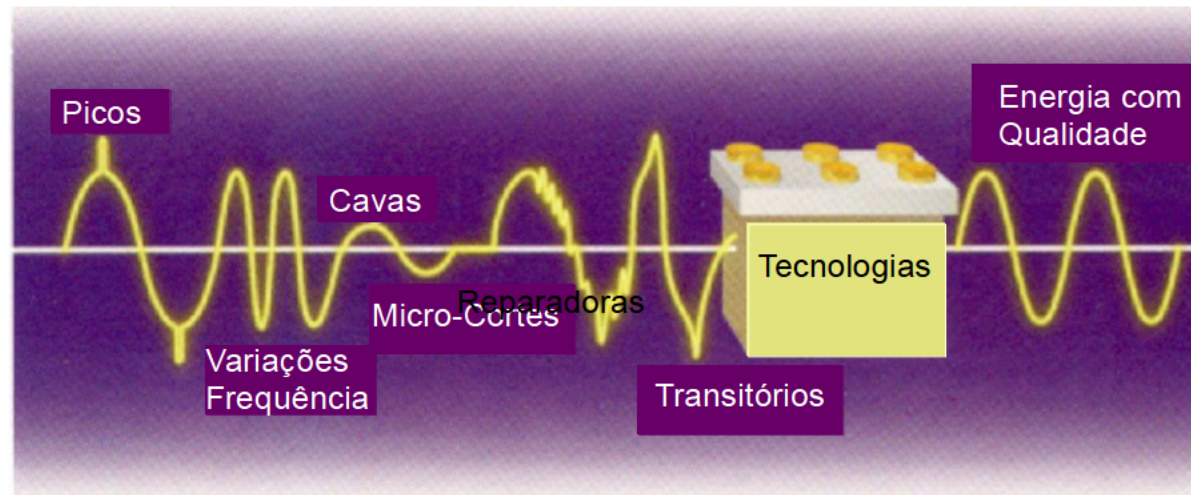
Sistemas de filtragem **PASSIVA**, **ACTIVA** e **HÍBRIDA**.



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Uso de tecnologias reparadoras



- “*Ride Through Capability*” pode ser efectuada:
 - Ao nível de um **dado componente** crítico,
 - De um determinado **receptor específico**,
 - De uma **instalação completa**,
 - De um **grupo de instalações** ou clientes (Subestação ou P.T.)
- **Envolve sempre investimentos – e custos – adicionais.**



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Inspecções e Manutenções

Metodologia de trabalho

- 1ª Fase – Análise preliminar das instalações de Clientes ou PRE potencialmente sensíveis a perturbações de QEE
- 2ª Fase – Monitorização da tensão ao nível de SE ou PTD de acordo com um plano previamente estabelecido
- 3ª Fase – Análise causa/efeito – Registos de monitorização face às perturbações reportadas pelos Clientes ou PRE
- 4ª Fase – Apresentação de conclusões e/ou recomendações
 - EDP → Exploração e manutenção da rede
 - Clientes → Equipamentos que sofreram perturbações



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Inspecções e Manutenções

Defeito numa linha MT do Barramento II

- Curto-circuito na SE de Cliente → Disparo com religação do disjuntor da linha MT
- SE com humidade elevada e ruído característico de contornamentos





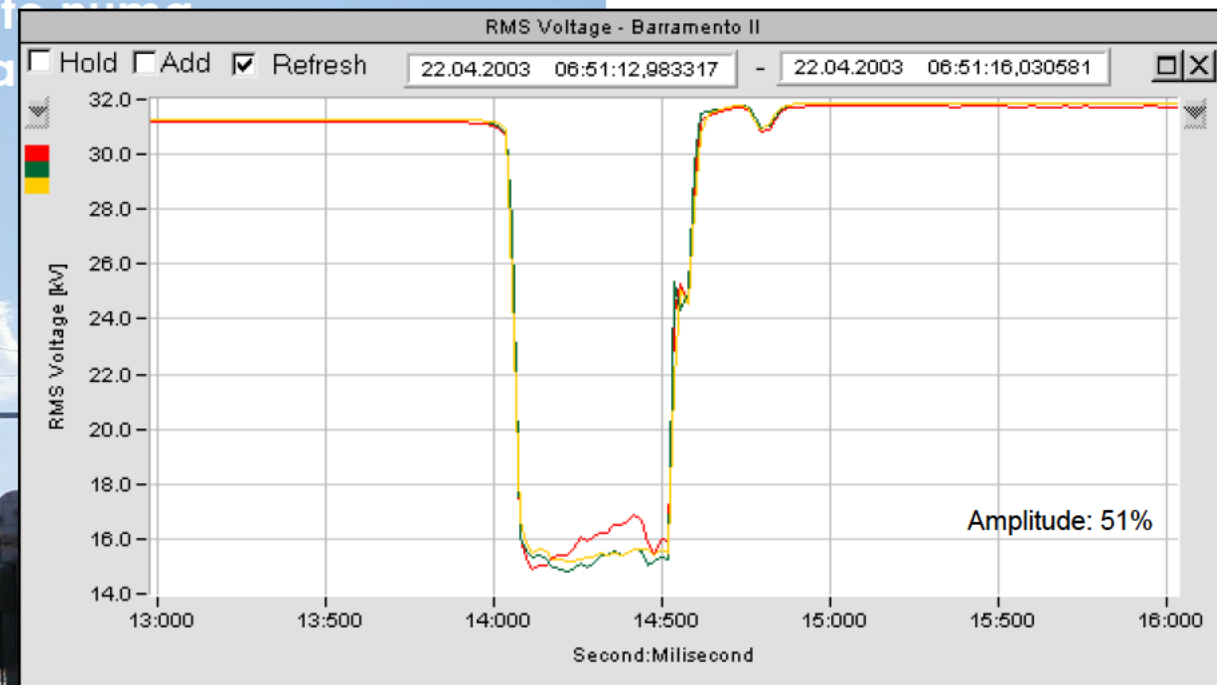
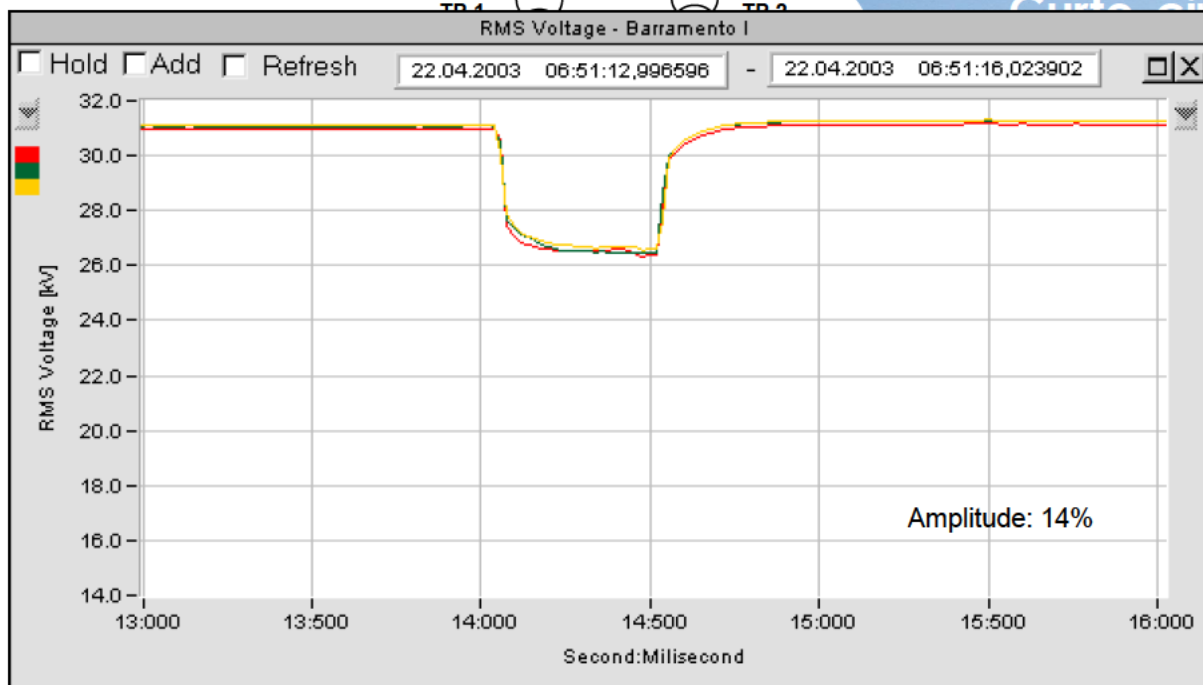
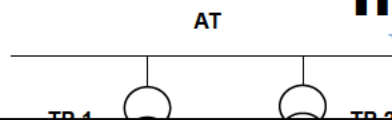
CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Inspecções e Manutenções



Barramento I

Barramento II



CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Neste caso, as principais causas das perturbações de QEE

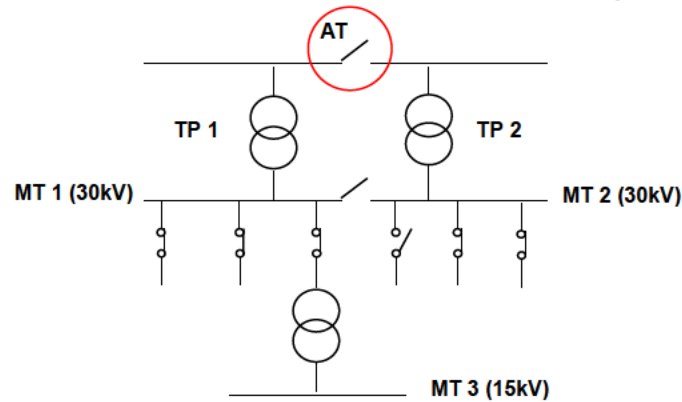
- Interferência de Aves em linhas aéreas AT
- Contactos acidentais de guias em linhas aéreas, por terceiros
- Descargas atmosféricas
- Perturbações de tensão com origem na rede MAT
- Defeitos na rede MT



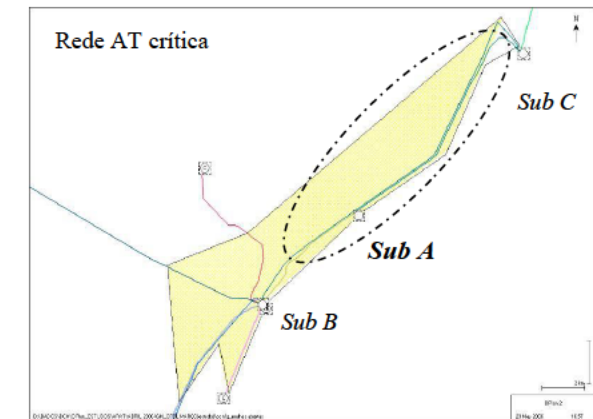


Ações de melhoria desenvolvidas

- Monitoramento permanente da QEE em AT e MT → Apoio à decisão
- Deslocalização da linha MT com maior incidência de defeitos
- Otimização da configuração da rede AT face à sensibilidade do Cliente
 - Cavas amplitude 53% para durações < 500ms
 - Cavas amplitude 24% para durações > 500ms

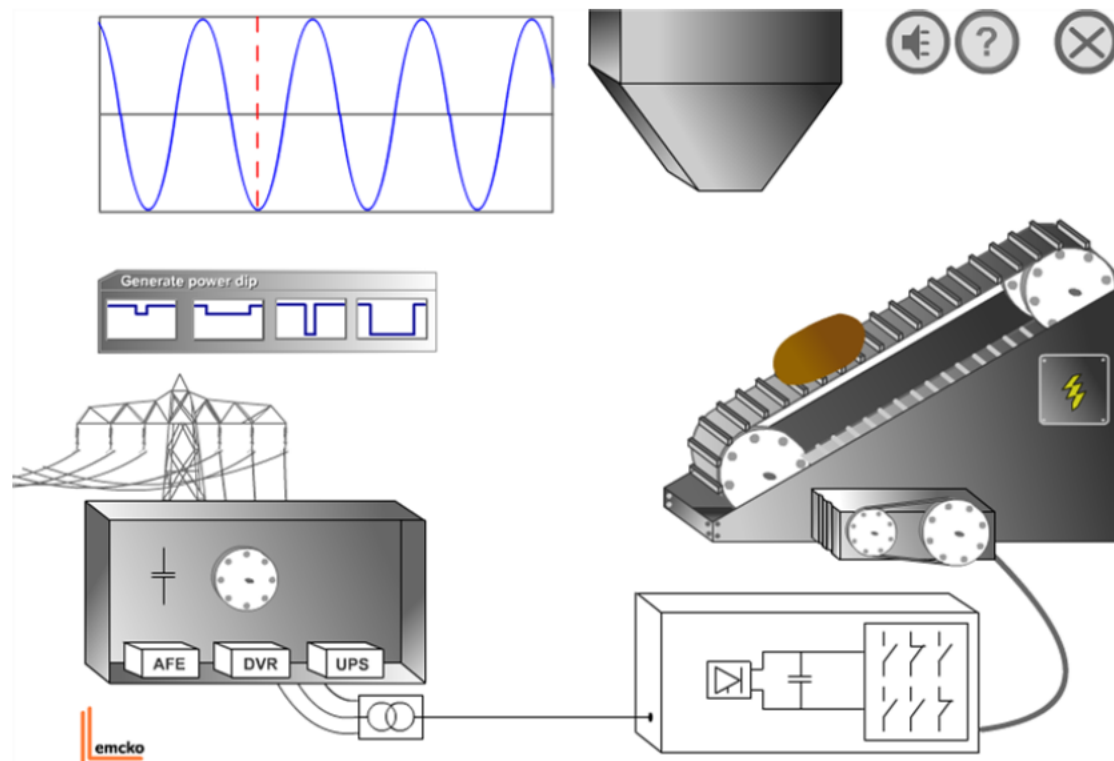
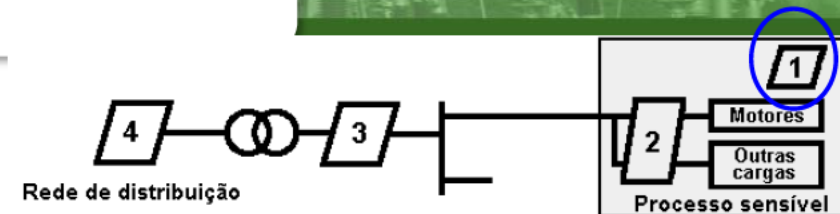


	Rede AT – Malha fechada	Rede AT – Configuração radial
60 kV	68 km	41 km
30 kV	4,3 km *	4,3 km *
15 kV	21,5 km	23,2 km



Soluções ao nível do equipamento crítico

- Selecionar equipamento com imunidade
- Configurar rigorosamente os sistemas de proteção
 - Garantir o compromisso segurança/disponibilidade



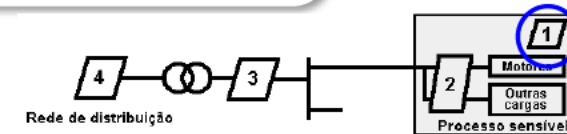


CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Soluções ao nível do equipamento crítico

- Explorar todas as funcionalidades do equipamento
- Exemplo – Ativação da função de controle de subtensão
(aproveitamento da energia cinética na presença de quedas de tensão)



VEV ABB ACS600 400kW



Ventilador 3.000 rpm

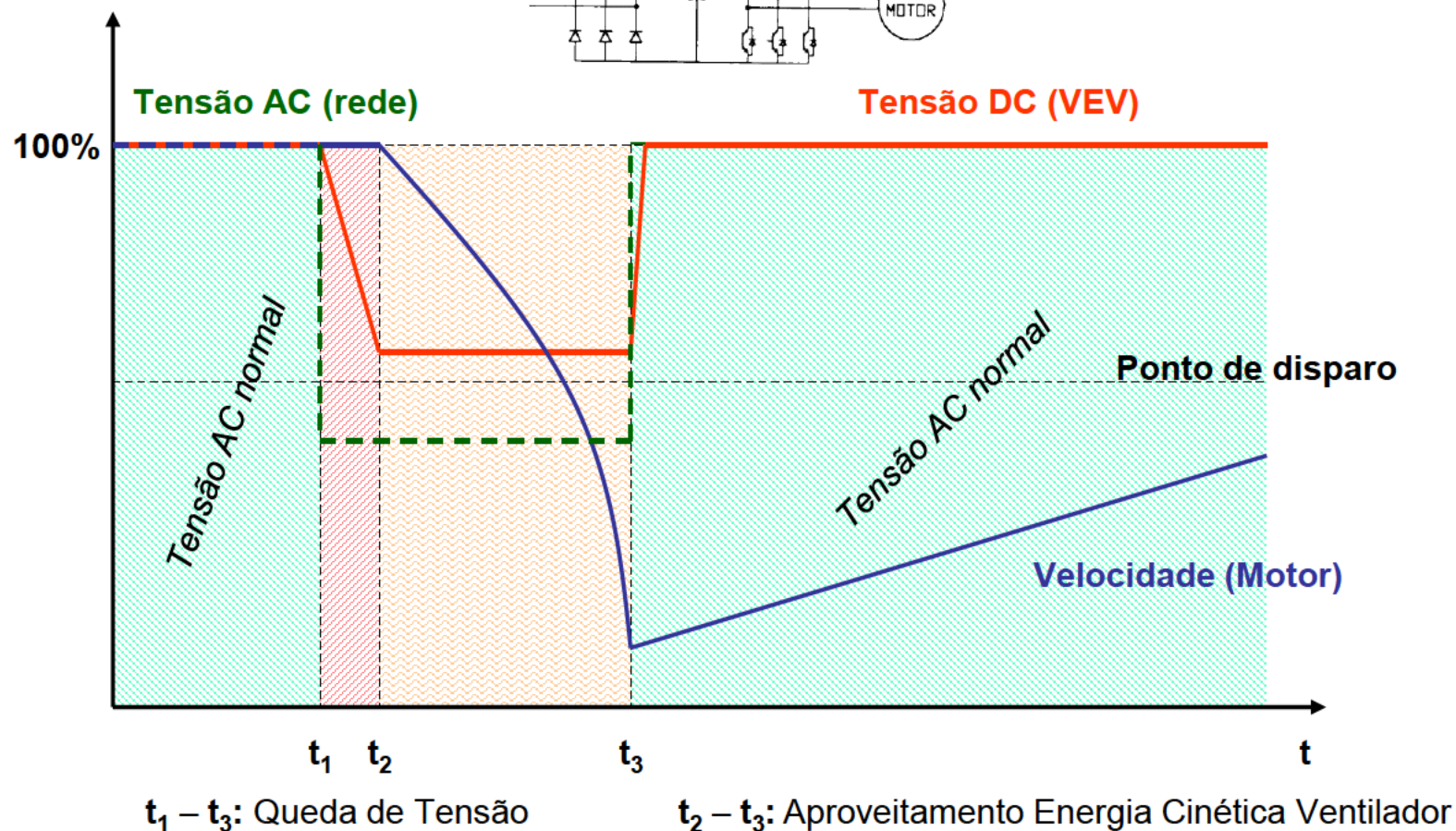
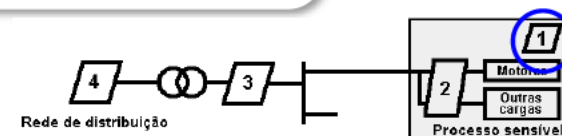
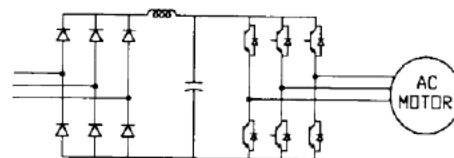


CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

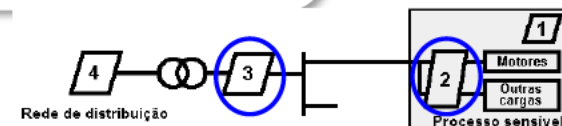




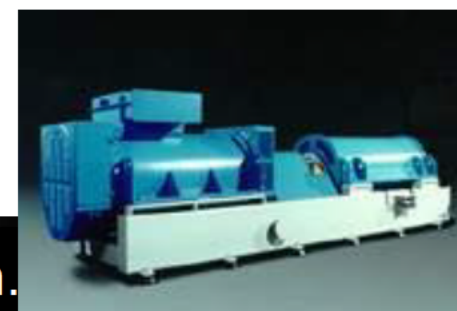
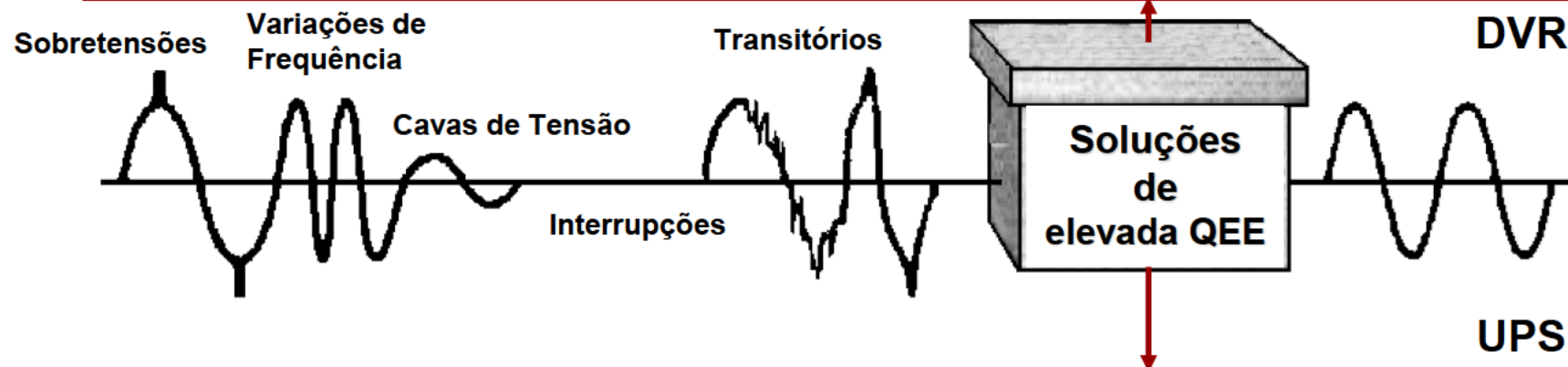
CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Soluções ao nível do processo/instalação



DySC™
Product Family
1.5 kW to 2000 kW





CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Plataforma de monitoramento da QEE

- Monitoramento remoto de SE, PTD e PTC
- Recolhimento periódico e automático dos dados de QEE
- Armazenamento e gestão centralizada dos dados de QEE
- Elaboração automática de relatórios
- Disponibilização da informação de QEE
 - Apoio à rede distribuição
 - Clientes
 - Otimização da exploração das instalações/equipamentos
 - Apoio na fase de planejamento de novas unidades industriais
 - Entidade Reguladora

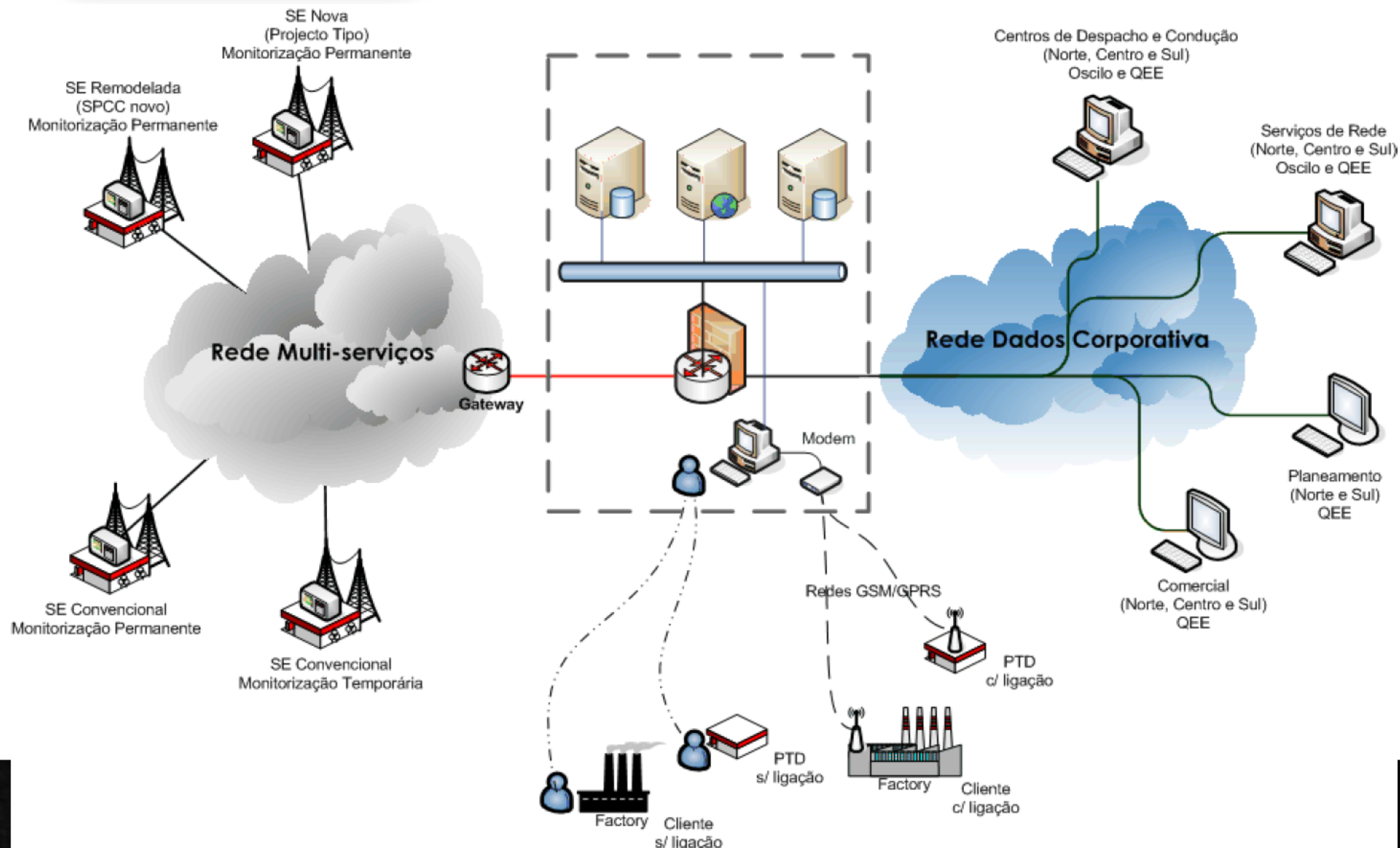


CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

ANEEL

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA





CREA-AM
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas



Conclusões

- É fundamental possuir uma visão alargada e rigorosa sobre a problemática da QEE.
- Não existe qualidade total e fiabilidade a 100% em nenhuma parte do mundo.
- As medidas efetivas de melhoria devem traduzir-se numa **atitude preventiva** em torno dos seguintes domínios:
 1. Adquirindo formação sobre novas metodologias e tecnologias ao serviço da QEE,
 2. Maximizando a qualidade atingível com os sistemas de P&T&D tradicionais,
 3. Efetuando uma seleção rigorosa dos novos equipamentos conversores:
 - Mais eficientes,
 - Menos poluidores,
 - Com maior imunidade (ou robustez!) aos fenômenos perturbadores.
- A combinação destas medidas induz – de forma direta - grandes benefícios na **melhoria da produtividade** e do **aumento da competitividade** de todos os sectores onde sejam integradas.



CREA-AM

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Amazonas

OBRIGADO!

Pablo Guimarães da Silva 

pabloguimaraes.eng@gmail.com

<http://www.pabloguimaraes-professor.com.br>