



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO - X**

**GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GDS**

**AValiação DO DESEMPENHO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS FRENTE À MÁ QUALIDADE DA TENSÃO DE SUPRIMENTO**

**Mateus D. Teixeira (\*)**  
**LACTEC**

**Arthur F. Bonelli (\*)**  
**LACTEC**

**Alexandre R. Aoki (\*)**  
**LACTEC**

**Arthur G. O. Inácio (\*)**  
**LACTEC**

**Rodrigo A. Peniche**  
**COPEL**

**RESUMO**

Os equipamentos que compõem os processos industriais vêm sofrendo grandes evoluções, sendo dotados cada vez mais por tecnologias eletrônicas, o que agrava a sensibilidade ao suprimento elétrico. Consequentemente há um aumento nas perdas de produção, insumos e avaria dos equipamentos. Por este motivo, tais equipamentos já foram extensamente analisados frente a distúrbios de QEE, todavia de forma individual, já o comportamento dos processos como um todo ainda contém rara literatura. Assim, este artigo apresenta ensaios realizados em três processos industriais típicos frente à QEE além da associação dos seus resultados com dados estatísticos monitorados nas redes da COPEL.

**PALAVRAS-CHAVE**

Afundamentos de Tensão, Curvas de Sensibilidade, Processos Industriais, Qualidade da Energia Elétrica.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Para assegurar a operação adequada de qualquer equipamento eletroeletrônico que compõe um processo industrial é imperativo que a energia elétrica fornecida pelo sistema supridor tenha um bom nível de qualidade em seu fornecimento. Contudo, devido a uma série de fatores, a Qualidade da Energia Elétrica (QEE), sobretudo sob o ponto de vista da qualidade da tensão, pode se apresentar com apreciáveis desvios em relação ao padrão almejado.

Equipamentos e dispositivos conectados aos sistemas elétricos, que em décadas passadas eram predominantemente eletromecânicos, foram e estão sendo substituídos por outros dotados de tecnologia eletrônica e estes se apresentam com uma maior sensibilidade ao suprimento elétrico. Além da insatisfação por parte dos clientes, a perda da QEE ocasiona perdas técnicas e graves prejuízos econômicos em ambos os sistemas, supridor e consumidor, que muitas vezes não são contabilizadas por ambos os agentes.

Muito embora tal mensuração não seja considerada, algumas concessionárias de energia vêm desenvolvendo estudos visando direcionar recursos para melhoria de suas redes e consequente redução do impacto da Qualidade de Energia Elétrica sobre clientes industriais sensíveis a determinados fenômenos. Todavia os relatos e medições dos clientes sejam imprescindíveis na tomada de decisão acerca dos investimentos a serem direcionados, empresas, como a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), adotam metodologias específicas para tal direcionamento, onde o impacto dos problemas de QEE sobre seus clientes é utilizado na composição de uma equação. Para a COPEL tal metodologia é denominada por *pay-off*. No entanto, para se mensurar o impacto

(\*) Centro Politécnico da UFPR, BR 116, km 980, nº 8813, CEP 81.531-980, Curitiba-PR, Brasil –Tel: (+55 41) 3361-6172 – Fax: (+55 41) 3361-6007 – Emails: [mateus.teixeira@lactec.org.br](mailto:mateus.teixeira@lactec.org.br),

econômico causado às indústrias pela má qualidade da tensão de suprimento é necessário conhecer seus processos industriais e de que forma estes reagem aos diversos distúrbios presentes na rede elétrica.

Neste sentido, como é de conhecimento geral, equipamentos de automação industrial, do tipo: controladores lógicos programáveis, fontes, sensores, atuadores, dentre outros, já foram extensamente analisados de forma individual frente a distúrbios associados à QEE (1)-(6), e comprovadamente tiveram seus desempenhos afetados em testes laboratoriais, especialmente no que concerne às Variações de Tensão de Curta Duração (VTCDs). Todavia, o comportamento de processos industriais complexos que envolvam diversos equipamentos de forma conjunta (eletrônicos, eletromecânicos e mecânicos) ainda foi muito pouco investigado (7)-(9). Da mesma forma, é praticamente inexistente dados sobre variáveis mecânicas que sejam capazes de traduzir o efeito final dos fenômenos eletromagnéticos, e conseqüentemente, possíveis impactos econômicos que estes possam repercutir.

Dentro deste contexto, este artigo apresenta de maneira objetiva o resultado de uma série de ensaios realizados em três processos industriais reais, a saber: sistema de ventilação, de bombeamento e de transporte por esteira. Através destes ensaios é possível averiguar o real efeito dos afundamentos de tensão sobre tais sistemas. Assim, de posse dos resultados e associando-os a dados estatísticos sobre a ocorrência de eventos de QEE em redes da Copel, é possível avaliar com maior propriedade a alocação de recursos financeiros para melhoria da rede elétrica.

## 2.0 - CURVA ITIC

A representação clássica da tolerância das cargas frente a VTCDs é normalmente realizada através de uma curva cujos eixos representam a intensidade e a duração das variações de tensão.

O primeiro estudo que teve como resultado uma curva de sensibilidade foi apresentado em 1974, onde focou-se a suportabilidade de computadores (10). A partir de então, houve gradual evolução na curva, principalmente pelo fato dos equipamentos utilizados inicialmente se tornaram obsoletos, não podem assim ser considerados como representativo dos novos sistemas computacionais.

Finalmente, a última versão desta curva, denominada Curva ITI (CBEMA) e apresentada na Figura 1, pode ser obtida no site, (11), do Conselho da Indústria da Tecnologia da Informação – ITIC (Information Technology Industry Council).

A Figura 1 mostra 3 regiões distintas, que estão nomeadas como:

- **Região nominal** – o equipamento trabalha normalmente, não apresentando interrupções ou danos elétricos;
- **Região proibida** – há possibilidade de ruptura da isolação dos equipamentos (perda de hardware). Esta região é caracterizada pela presença de sobretensões transitórias e/ou de regime e é descrita como região da suportabilidade do equipamento;
- **Região sem dano** – há possibilidade de paralisação de alguns equipamentos (disfunções), sem, no entanto, ocorrer danos ao equipamento. Esta região é caracterizada pela presença de afundamentos de tensão e é descrita como a região de sensibilidade do equipamento.

Esta curva, como apresentado, foi determinada para certos tipos e modelos de equipamentos digitais, mais especificamente, para computadores. Além disso, mesmo nos casos dos computadores, esta curva não leva em consideração os computadores modernos que utiliza fontes chaveadas, nos quais existe uma faixa de tensão nominal, em vez de uma única tensão nominal, como no caso de computadores antigos que tinham fonte linear.

Com relação aos processos industriais, seus equipamentos podem deixar de funcionar tanto pela queima devido a sobretensões, ou seja, funcionamento na região proibida, como pela alta sensibilidade dos mesmos frente a afundamentos de tensão ou interrupções da energia. Neste cenário, por serem eventos mais frequentes, os afundamentos são os que causam maiores impactos nestes equipamentos os quais são projetados para funcionarem com tensão inferior a tensão nominal de apenas alguns poucos por centos. Desta forma, os processos industriais tendem a sofrer mais paradas devido à extrapolação da sensibilidade dos equipamentos do que da sua suportabilidade.

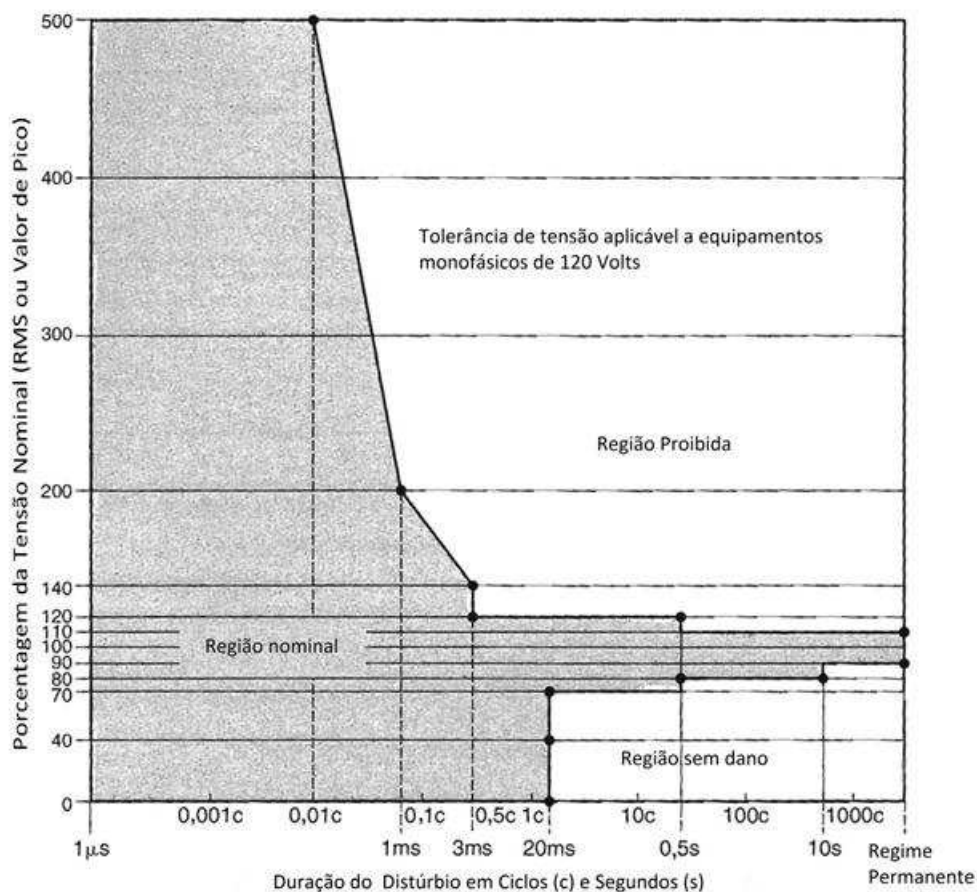


FIGURA 1 – Curva ITIC (CBEMA).

### 3.0 - ESTRUTURA LABORATORIAL

Para representar as instalações tipicamente industriais, foi utilizado três estações de trabalho do Laboratório de Eficiência Energética (LEFE) pertencente à Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

O LEFE emprega uma estrutura laboratorial que reflete com grande fidelidade o comportamento de processos industriais eletromecânicos, bem como uma rede elétrica a qual possibilita a reprodução de distúrbios de QEE, como: VTCDs, desequilíbrios de tensão, distorção harmônica, entre outros. As características destas estações de trabalho estão descritas na sequência.

#### 3.1 Sistema de ventilação

Esta bancada objetiva simular um sistema de ventilação, totalmente automatizado, típico do setor industrial. Basicamente, possui um módulo de carga composto por um damper elétrico, permitindo o controle da vazão de ar, um transmissor de vazão de ar instalado no ventilador que possibilita a verificação deste parâmetro e a atuação do damper visando diminuir, aumentar ou mesmo bloquear o fluxo, sendo todas estas ações visualizadas e controladas via supervisório. Tal bancada possui a possibilidade de ser acionada via partida direta; partida suave com a utilização de um *soft-starter* ou inversor de frequência. Todas as estações de trabalho possui tal característica (ventilação, bombeamento e transporte), alterando somente o módulo de carga. A Figura 2 ilustra a estrutura montada no LEFE para o sistema de ventilação.

Naturalmente, todo este processo necessita de elementos auxiliares de controle, manobra, proteção, medição e supervisão. Estes componentes estão presentes em um painel acoplado à bancada. O CLP responsável por todo o controle também está localizado neste painel. Através de um sistema supervisório instalado em um microcomputador é possível gerenciar e comandar todo o processo remotamente. Todas as estações de trabalho também possuem tal painel.

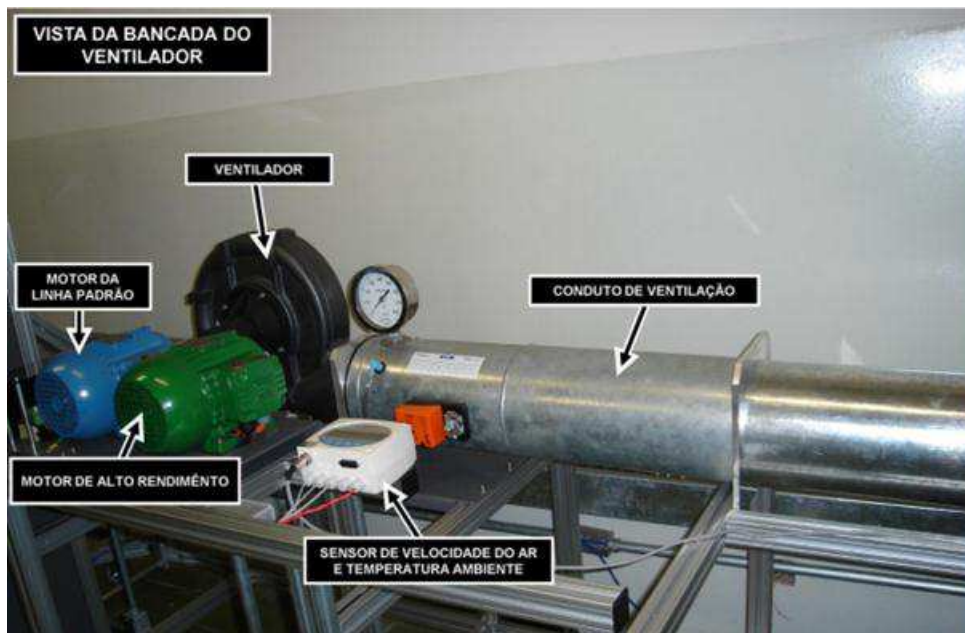


FIGURA 2 – Estação de trabalho de ventilação.

### 3.2 Sistema de bombeamento

O sistema é formado por um módulo de carga que é composto de dois reservatórios com capacidade de 100 litros cada, sendo que o primeiro foi instado na parte inferior da bancada e o segundo a uma altura de 2 metros. Na saída da bomba centrífuga estão presentes uma válvula de retenção, uma válvula elétrica proporcional de estrangulamento e os transmissores analógicos de pressão e vazão. No reservatório superior instalou-se um transmissor de nível. Todos os sensores mencionados têm seus indicativos monitorados (histórico, curvas e valores instantâneos) através do supervisor. A Figura 3 apresenta a bancada montada.



FIGURA 3 – Bancada de bomba centrífuga.

### 3.3 Sistema de transporte

Por fim, a estação de trabalho de transporte compreende um módulo de carga composto por uma correia transportadora com possibilidade de ajuste de angulação para até 30 graus. Além disso, dispõe de um sistema de deslocamento linear responsável pela simulação de carga sobre a correia transportadora. A Figura 4 mostra o sistema montado.

O processo apresentado, apesar de ser simplificado aos processos encontrados nas indústrias, apresentam todos os módulos existentes nos processos industriais, ou seja, módulo de força ou conversão, módulo de controle, proteção e medição e, finalmente, o módulo de supervisão.

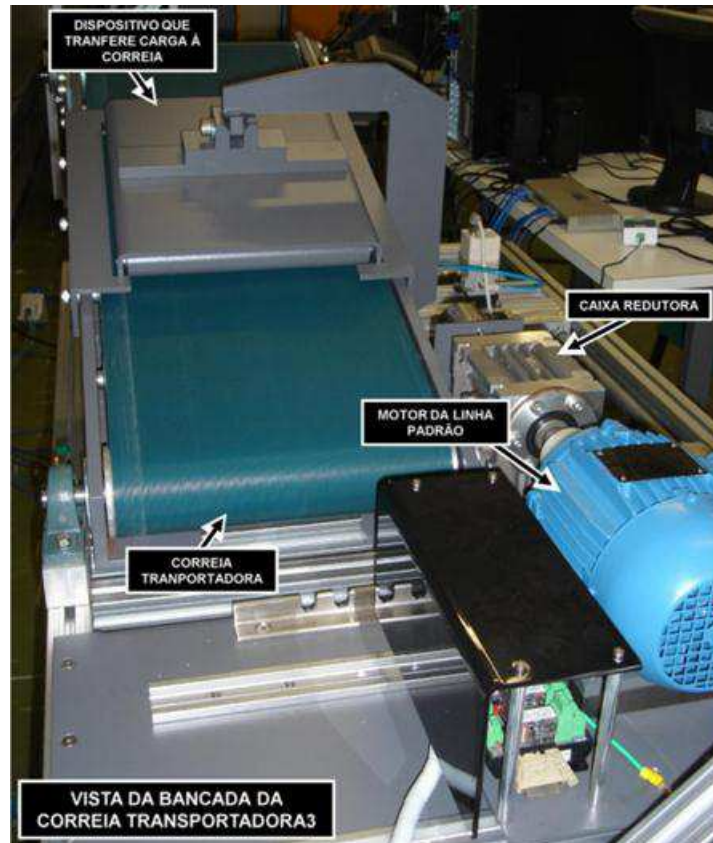


FIGURA 4 – Bancada da correia transportadora.

### 4.0 - ENSAIOS LABORATORIAIS

A metodologia empregada nos ensaios laboratoriais para conhecimento da sensibilidade aos distúrbios de QEE de processos industriais foi baseada especialmente na utilização da norma IEC 61000-4-11 – *Testing and Measurement Techniques – Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests*, devido ao fato de que as variações de tensão de curta duração são os distúrbios mais prejudiciais aos equipamentos elétricos (12)-(14). Dentro deste contexto, o enfoque foi dado para os afundamentos de tensão, pois, como já expresse, são eventos dos quais contêm uma maior ocorrência, se comparado com as elevações de tensão.

Assim, o procedimento analisa diferentes combinações de magnitude, duração e ângulo de fase da tensão nos VTCDs. De acordo com a resposta do processo industrial sujeito a tais distúrbios, o mesmo será classificado de acordo com as seguintes respostas:

- **A:** Desempenho normal, sem alterações perceptíveis;
- **B:** Perda temporária de função ou degradação do desempenho que cessa após a interrupção do distúrbio recuperando seu desempenho normal sem a necessidade de intervenção do operador;
- **C:** Perda temporária de função ou degradação do desempenho cuja correção requer intervenção do operador;
- **D:** Perda de função ou degradação do desempenho que não é recuperável devido a danos no hardware ou software, ou perda de dados.



Os ensaios de VTCDs foram realizados nas três estações de trabalho supraditas, sempre sendo acionadas pelo inversor de frequência. A cada evento a situação operacional da bancada foi verificada e classificada de acordo com as letras indicadas no tópico anterior.

#### 4.1 Sistema de ventilação

A Tabela 1 apresenta a classificação dos eventos aplicados ao ventilador, considerando a resposta do sistema e possíveis alterações no ruído emitido pelo mesmo e percebidos pela equipe técnica do LEFE/LACTEC. Desta maneira, as cores na tabela abaixo indicam três regiões distintas: amarelo, significa região de má operação; laranja indica possibilidade de falha; e vermelho é região de falha do processo.

TABELA 1 – Classificação da resposta do sistema de ventilação aos VTCDs.

Duração	Ângulo	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
½	0°	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	90°	A	A	A		A	A	A	A	A	A
1	0°	A	A	A	A	A	B	B	C	C	C
	90°	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B
2	0°	A	A	A	A	B*	C	-	-	-	-
	90°	A	A	A	A	B*	B*	B*	B*	B*	B*
5	0°	A	A	A	A	B*	C	-	-	-	-
	90°	A	A	A	A	C	-	-	-	-	-
10	0°	A	A	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	A	B	B	B	C	-	-	-	-	-
30	0°	A	A	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	A	B	B	B	C	-	-	-	-	-
60	0°	A	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
90	0°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-

B – Alteração de ruído do ventilador (esta percepção é prejudicada pelo elevado ruído decorrente da operação normal do ventilador e pelo uso de protetores auriculares, no banco de dados do sistema supervisor a identificação deste evento fica prejudicada devido à elevada variação dos parâmetros mecânicos monitorados);

B\* – Paralisação do inversor com consequente religamento.

#### 4.2 Sistema de bombeamento

Seguindo a mesma metodologia, a Tabela 2 abaixo apresenta a classificação dos eventos aplicados à bomba centrífuga.

TABELA 2 – Classificação da resposta do sistema de bombeamento aos VTCDs.

Duração	Ângulo	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
½	0°	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	90°	A	A	A		A	A	A	A	A	A
1	0°	A	A	A	A	A	B	B	C	C	C
	90°	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2	0°	A	A	A	A	A	C	-	-	-	-
	90°	A	B	B	B	B*	B*	B	B	B	B
5	0°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
10	0°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
30	0°	B	B	B	B	C	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B*	C	-	-	-	-	-
60	0°	B	B	B	B	C	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
90	0°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-

#### 4.3 Sistema de bombeamento

Tem-se na Tabela 3 a classificação dos eventos para a esteira transportadora.

TABELA 3 – Classificação da resposta do sistema de transporte aos VTCDs.

Duração	Ângulo	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
½	0°	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	90°	A	A	A	A	A	B	B	B	B	A
1	0°	A	A	A	B	B	B	B	C	-	-
	90°	A	A	A	B	B	B	B	C	-	-
2	0°	A	B	B	B	B	C	-	-	-	-
	90°	A	B	B	B	B	C	-	-	-	-
5	0°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
10	0°	A	B	B	B	C	-	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
30	0°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
60	0°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-
90	0°	B	B	B	B	C	-	-	-	-	-
	90°	B	B	B	B	B*	C	-	-	-	-

## 5.0 - DISCUSSÕES

De posse dos dados apresentados nas tabelas superiores, foram confeccionados os gráficos de sensibilidade dos processos industriais analisados, tais quais se encontram na Figura 5. Ressalta-se que esta figura ainda apresenta a curva ITIC, bem como 214 pontos referentes a medições de afundamentos em uma subestação da COPEL denominada por UMU. As medições dos VTCDs foram realizadas no período de janeiro a maio de 2010.

Destaca-se mais de 60% dos afundamentos de tensão estão acima da curva ITIC, sendo que quase todos estes afetariam pelo menos um dos sistemas industriais analisados. Portanto, uma análise do efeito de afundamentos de tensão em processos industriais baseada na curva ITIC contém grande probabilidade de equívoco.

Os processos produtivos são mais sensíveis a afundamentos de tensão, se comparado com a curva ITIC, pelo fato de serem constituídos por um conjunto de vários equipamentos, como: contadores, conversores de frequência, motores, entre outros. Desta forma as suas curvas de sensibilidade são dadas através dos pontos mais sensíveis de todos os equipamentos que os compõem.

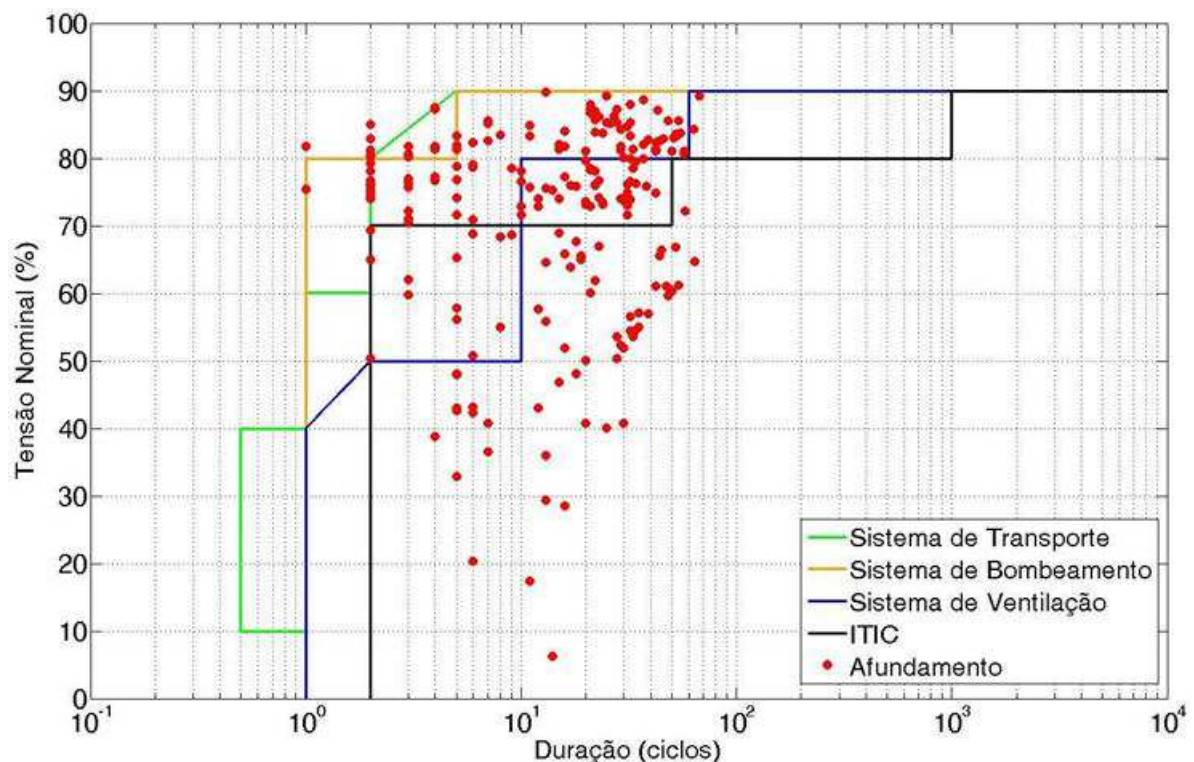


FIGURA 5 – Curvas de sensibilidade versus afundamentos de tensão.

## 6.0 - CONCLUSÃO

O presente artigo inicia-se pela apresentação da curva ITIC. Uma explanação detalhada da mesma se faz necessária pelo fato desta ser considerada a principal referência quando se trata de análise dos efeitos de VTCDs em sistemas elétricos.

Na sequência, teve-se uma visão geral do Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Uberlândia, onde se realizou ensaios de afundamentos de tensão em três processos industriais típicos: ventilação, bombeamento e transporte. A partir destes ensaios, foram geradas tabelas que apresentassem a sensibilidade dos processos a afundamentos de tensão, sendo que, para cada um se obteve quatro regiões: operação normal, sensibilidade, possibilidade de falha e falha.

Por fim, apresentou-se um gráfico o qual contém a curva de sensibilidade de cada processo industrial nos padrões da curva ITIC. O mesmo também apresenta a curva ITIC além de 214 pontos os quais representam medições de afundamentos de tensão em uma subestação da COPEL. Tal gráfico evidencia que todos os processos industriais se dispuseram mais sensíveis do que a sensibilidade da curva ITIC, salvo uma pequena região do sistema de ventilação.

Quanto aos afundamentos de tensão mensurados, ressalta-se que mais de 60% dos mesmos se situaram acima da curva ITIC, ou seja, em sua região de operação normal. No entanto, praticamente todos estes afetam ao menos um dos sistemas industriais abordados. Este fato levanta uma dúvida de até que ponto é plausível a utilização da curva ITIC para análises técnicas de afundamentos de tensão no que diz respeito a sistemas industriais.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) FILHO, J. M.; POLICARPO, J.; e CARVALHO, P. L. "Impacto Das Voltage Sags Sobre Equipamentos Eletrônicos", II SBQEE – Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica, São Lourenço-MG, Agosto 1997.
- (2) MAGALHÃES, R. N. "Controlador Lógico Programável no Contexto da Qualidade da Energia Elétrica", *Dissertação de Mestrado – UFU*, Agosto 2004.
- (3) SANTOS, R. F. S.; SILVA, S. R. "Estudo de Caso de Sensibilidade de Equipamentos Industriais Frente a Afundamentos de Tensão", XVII SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Uberlândia – MG, Outubro 2003.
- (4) SANTOS, R. F. S.; SILVA, S. R. "Sensibilidade de Controlador Lógico Programável Frente a Afundamentos de Tensão", VI SBQEE – Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica, Belém-PA, Agosto 2005.
- (5) MACGRANAGHAN, M. F.; MUELLER, D. R.; and SAMOTYJ, M. J. "Voltage Sags in Industrial Systems". *IEEE Transaction on Industry Applications*, Vol. 29, no. 2, pp. 397-403, Mar/Apr. 1993.
- (6) BELCHIOR, F. N. "Análise Comparativa e Melhorias de Desempenho de Conversores de Frequência Frente a Afundamentos de Tensão", *Dissertação de Mestrado – UFU*, Fev. 2003.
- (7) WAGNER, V.; GREBE, T.; KRETSCHMANN, R.; MORGAN, L.; and AL PRICE. "Power System Compatibility with Industrial Process Equipment". *IEEE Industry Application Magazine*, Vol.1, 1th, pp. 11-150, Jan/Feb, 1996.
- (8) BENDRE, A.; KRANZ, W.; and BRUMSICKLE, W. "Equipment Failures Caused by Power Quality Disturbances", *Industry Applications Conference*, 2004. 39th IAS Annual Meeting, Vol. 1, 2004.
- (9) KAGAN, N.; e MOTOKI, E. M. "Procedimentos para Mitigação da Qualidade de Energia na Indústria Têxtil", VII CBQEE – Conferência Brasileira Sobre Qualidade da Energia Elétrica, Santos-SP, Agosto 2007.
- (10) IEEE Std 446. "Recommended for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications", IEEE – Orange Book, 1974.
- (11) INFORMATION TECHNOLOGY INDUSTRY COUNCIL. "ITI (CBEMA) Curve", <http://www.itic.org/>, Abril 2010.
- (12) IEEE PROJECT 1346 WORKING GROUP. "Electric Power System Compatibility with Industrial Equipment - Part 1 - Voltage Sags", 1994.
- (13) BOLLEN, Math H. J. "Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions". IEEE Press, 2000.
- (14) OMORI, J. S.; e PRADO, F. A. "Afundamentos de Tensão no Consumidor AAM do Brasil – Estudo de um Caso de Sucesso", VI SBQEE – Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica, Belém-PA, Agosto 2005.



## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Mateus Duarte Teixeira**

Graduado em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Federal de São João del-Rei (2001) e mestre em Qualidade de Energia pela Universidade Federal de Uberlândia (2003). Atualmente é pesquisador pleno do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, tendo ocupado anteriormente a gerência de negócios da Unidade de Negócios de Qualidade de Energia da ARTECHE EDC, onde foi responsável pela implantação e gerência da unidade até 2010. Têm atuado em projetos de P&D, estudos técnicos e consultorias que envolvam modelagem de sistemas elétricos, aplicação de bancos de capacitores e filtros harmônicos, estudos de eficiência energética e fontes alternativas de energia.

**Arthur Fernando Bonelli**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia em 2008 e mestrado em Qualidade da Energia Elétrica pela mesma instituição em 2010. Atualmente é pesquisador do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC. Têm atuado em diversos projetos de P&D, estudos técnicos e consultorias. Têm experiências em qualidade da energia elétrica, geração eólica, máquinas elétricas, conversores de potência, modelagens de equipamentos na plataforma ATP, entre outros.

**Alexandre Rasi Aoki**

Obteve sua graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá, respectivamente em 1996, 1999 e 2003. Atualmente é Pesquisador Sênior na Divisão de Sistemas Elétricos do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC e Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná – UFPR. Seus interesses de pesquisa incluem aplicações de sistemas inteligentes para sistemas de potência e smart grids. Ele também é membro do Comitê de Estudos C6 – Sistemas de Distribuição e Geração Distribuída do Cigré Brasil.

**Arthur Guilherme Oliveira Inacio**

Graduando em Engenharia Mecatrônica (Controle e Automação) na Pontifícia Universidade Católica do Paraná, com conclusão prevista para 2011. Atualmente é estagiário do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, onde trabalha em diversos projetos envolvendo Qualidade da Energia Elétrica. Desenvolve seu projeto de graduação na área de processamento de imagens e robótica.

**Rodrigo Antonio Peniche**

Possui graduação em engenharia elétrica pela Universidade Federal de São João del-Rei e mestrado em Ciências pela Universidade Federal de Uberlândia (2004), nesta mesma escola cursa atualmente o doutorado como aluno especial. Sua experiência profissional inclui o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) e a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), onde atua na área de planejamento da expansão do sistema de distribuição em alta tensão. Tem experiência na área de engenharia elétrica, com ênfase em sistemas de potência, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade da energia, ressarcimento de danos, modelagem computacional de dispositivos elétricos, monitoração e diagnósticos da qualidade da energia elétrica, análise de vida útil de equipamentos elétricos, dentre outros.