

SENDI 2004
XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Sistema de Análise e Registro de Grandezas Elétricas em Linhas e Redes Monofásicas e Trifásicas de Distribuição até 25KV

Giordani R. A., Lopes* J. C. R., Abreu* S. R., Braga R. A. M. e Líbano** F. B.**

RMS INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS
COMPANHIA DE ELETRICIDADE DE NOVA FRIBURGO *
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL **
fblibano@ee.pucrs.br

Palavras-Chave

Qualidade da Energia
Medição da Energia
Sensor Tensão-Corrente

Resumo

O presente trabalho busca contribuir com uma alternativa de solução para preencher importante lacuna das concessionárias de energia elétrica do Brasil, no monitoramento de linhas energizadas.

Assim, a Companhia de Eletricidade de Nova Friburgo e a Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina desenvolveu um Sistema de Medição de Grandezas Elétricas para Média Tensão de fácil instalação.

O equipamento está concebido para uso ao tempo e sob quaisquer condições (sol, chuva), porém sem a necessidade de desligamento da rede e suas conseqüências para os consumidores.

Com esse equipamento, buscam-se melhorias no planejamento da operação da rede, por parte das empresas distribuidoras de energia, através de:

- Aproveitamento da rede pelo conhecimento real do comportamento da carga ao longo do dia;
- Elaboração de estudos de localização, dimensionamento e ajustes de reguladores de tensão no sistema elétrico; Banco de capacitores; Religadores;
- Estudos de expansão do sistema elétrico;
- Estudos de qualidade de fornecimento de energia elétrica;
- Estudos especiais diversos.

1. INTRODUÇÃO

O uso crescente de equipamentos eletro-eletrônicos em consumidores industriais, que contribuem para o aumento da produção, traz associado problemas relacionados à qualidade de energia para as Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica e para os próprios consumidores. Entre os problemas que afetam a qualidade de energia podemos enumerar os seguintes:

- Geração de harmônicos;
- Flicker;
- Oscilação de tensão (Sag e Swell);
- Interrupções de curta e longa duração, entre outros.

Atualmente, existe um número crescente de pesquisas envolvendo normas limitadoras referentes a níveis permissíveis de distúrbios presentes nos sistemas de potência que permitam uma convivência adequada entre equipamentos perturbadores e equipamentos sensíveis às perturbações. Essas normas procuram padronizar as definições das perturbações e os níveis de suscetibilidade dos equipamentos frente a esses problemas.

A competitividade tende a ser mais acirrada com o progresso tecnológico. No setor industrial, tal competitividade só ocorrerá com uma maior produtividade. Para atingir este objetivo, os produtores necessitam ter em mente a importância da identificação e da atuação contra os distúrbios que degradem a qualidade do fornecimento elétrico, isto é, quaisquer mudanças na tensão, corrente ou frequência que interfiram na operação normal de um equipamento elétrico.

A qualidade da energia elétrica não existe em sua forma ideal, isto é, livre de distúrbios. Para que o processo de atenuação dos problemas relacionados à qualidade de energia possa ser efetivo, é preciso que haja uma cooperação entre quatro partes envolvidas no processo: concessionárias, usuários finais, fabricantes de equipamentos e órgãos responsáveis pela elaboração de normas reguladoras.

Nas referências bibliográficas [3, 6], há duas definições de qualidade de energia, dependendo do ponto de vista considerado. Para as concessionárias, define-se qualidade de energia como o grau de proximidade da tensão fornecida com o caso ideal (distorção zero, amplitude e frequência constantes, fonte livre de distúrbios). Neste caso, as concessionárias utilizam indicadores, tais como DEC e FEC, como demonstração de confiabilidade. Para os consumidores, ou usuários finais, a qualidade de energia é qualquer desvio de energia que resulte em mau funcionamento ou falha de um equipamento elétrico.

O termo power quality é definido segundo normas técnicas do IEEE e IEC na referência [4]. Para a norma IEEE Standard 1100, também conhecida como Emerald Book, um alto nível de qualidade de energia é entendido como “um baixo nível de distúrbios tal que permita uma operação bem sucedida de diversas cargas”. A norma IEC 61000-1-1 não utiliza o termo power quality; usa-se o termo electromagnetic compatibility (compatibilidade eletromagnética) para definir a habilidade de um equipamento ou sistema funcionar satisfatoriamente dentro de um ambiente sem que distúrbios eletromagnéticos intoleráveis sejam introduzidos neste.

Resumindo, pode-se dizer que a qualidade de energia é a combinação da qualidade de tensão e qualidade de corrente, ou seja, o grau de desvio de tensão e/ou corrente do ideal. A tensão ideal pode ser entendida como uma forma de onda senoidal com magnitude e frequência constantes. A corrente ideal é entendida como uma forma de onda senoidal com magnitude e frequência constantes e em fase com a tensão.

Ademais destas definições, a qualidade de energia também pode ser avaliada através de quatro atributos, conforme apresenta a referência [1]:

Disponibilidade: capacidade do sistema elétrico de fornecer energia na quantidade desejada sem interrupções;

Conformidade: capacidade do sistema elétrico de fornecer energia isenta de distúrbios;

Restaurabilidade: capacidade do sistema elétrico de restaurar rapidamente o fornecimento de energia, minimizando o tempo de interrupção;

Flexibilidade: representa a capacidade que o sistema elétrico tem de assimilar mudanças na sua estrutura ou configuração.

Na referência [5], algumas áreas de interesse da qualidade de energia são abordadas laconicamente. Aterramento, interferência eletromagnética, descargas eletrostáticas e distúrbios em geral são

apresentados como partes relevantes desse tema. A Figura 1 mostra as implicações do tema qualidade de energia nesta dissertação.

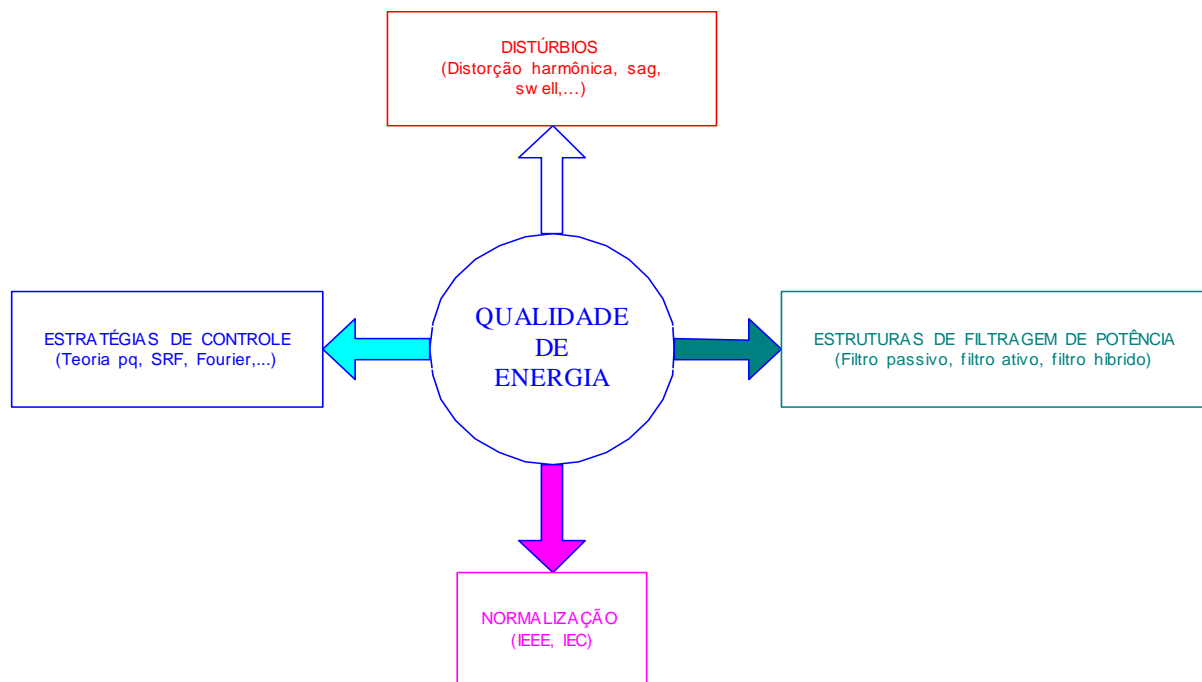


Figura 1 - Implicações do tema qualidade de energia.

Basicamente, quatro etapas devem ser consideradas para a busca de um alto nível na qualidade de energia:

- Identificação do tipo de distúrbio existente no sistema;
- Estudo e elaboração de uma estratégia de controle que possibilite mitigar o distúrbio considerado;
- Análise do sistema para a escolha adequada da topologia de filtragem (tendo como referência para o filtro ativo ou híbrido o controle gerado na etapa anterior);
- Adequação da tensão e/ou corrente dentro dos limites das normas vigentes para o funcionamento adequado de um equipamento e/ou sistema.

A referência [5] propõe que os fenômenos que ocorram nos sistemas elétricos relacionados à qualidade de energia sejam divididos em dois grupos: variações e eventos, conforme representado na Figura 2.

Os distúrbios (ou perturbações) que ocorrerem com pequenas variações em relação aos seus valores nominais ou ideais são chamados de variações e os que ocorrerem esporadicamente são denominados eventos. A maioria dos eventos está relacionada com variações na magnitude, ou seja, na redução ou no aumento desta. A norma IEEE Std. 1159-1995 define os eventos de magnitude de tensão em função do tempo conforme a mostra Figura 3. Por exemplo, um afundamento na tensão (sag) ocorre quando a magnitude de tensão estiver entre 10 % e 90 % da tensão nominal com uma duração de meio ciclo a um minuto. Com esta mesma magnitude e para uma duração superior a um minuto, esta perturbação passa a ser chamada de subtensão ao invés de afundamento na tensão.

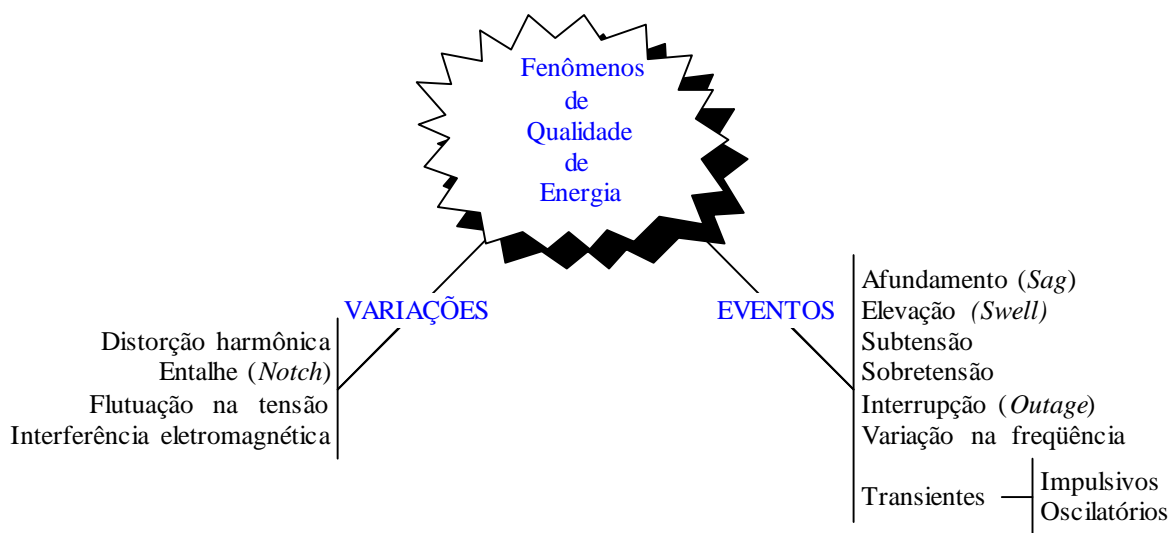


Figura 2 - Divisão dos fenômenos de qualidade de energia em variações e eventos.

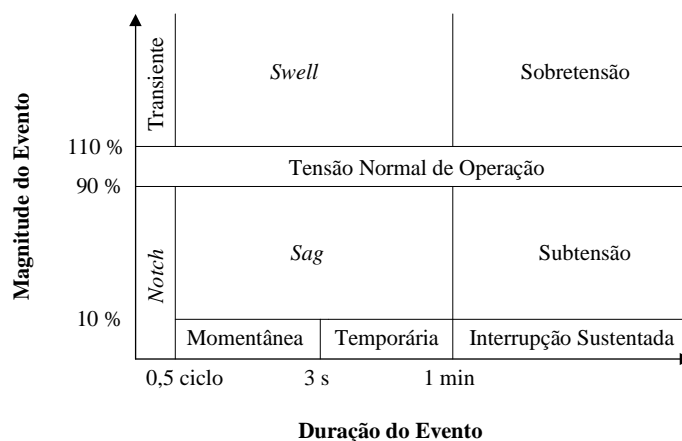


Figura 3 - Definição dos eventos de magnitude de tensão segundo a norma IEEE Std. 1159-1995.

Uma divisão mais minuciosa é apresentada nas referências [3, 6, 7] e utilizada nesta dissertação. A Figura 4 mostra a divisão dos distúrbios mais frequentes em seis categorias e uma descrição dos mesmos é realizada nas seções subsequentes.

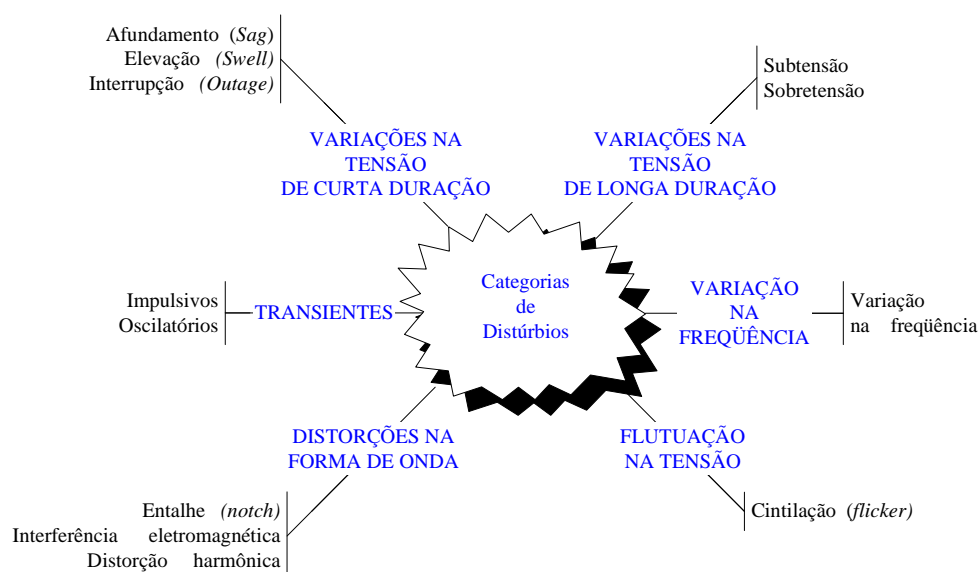


Figura 4 - Divisão dos distúrbios de energia elétrica em seis categorias.

Com isso buscou-se desenvolver um Sistema de Análise e Registro de Grandezas Elétricas em Média Tensão (Sensor e Medidor), de fácil instalação que possibilite o monitoramento de Linhas e Redes Monofásicas e Trifásicas de Distribuição até 25kV energizadas. Objetivando a verificação do atendimento de valores mínimos de qualidade, além de servir como importante ferramenta para aferição de estratégias de planejamento, possibilitando dessa forma correções de rumos de processos, necessidade de aquisição de equipamentos para melhoria da qualidade (regulador de tensão, capacitores, etc), ou seja, validando decisões tomadas.

O sistema é composto de um SENSOR (por fase), mais um registrador que fará a leitura dos sinais enviados pelo mesmo. Este sistema será portátil, dando a possibilidade de instalação em diferentes pontos do sistema.

Este Sistema de Análise e Registro de Grandezas Elétricas em Média Tensão, pretende atender as determinações da Resolução ANEEL nº 505, de 26 de novembro de 2001, que estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente, e atender futuras Resoluções relacionadas a Harmônicos e Flicker.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 - Estudo e Elaboração da Especificação

Algumas recomendações para o projeto do Sistema Medidor de Grandezas Elétricas foram verificadas conforme a seguir:

Garras:

Devem ser de fácil instalação, tanto ao contato (Turma de Linha Viva), quanto com bastão (Turma de Linha Morta);
Possuírem parafuso (Plástico ou polimérico) de fixação para evitar mau contato;
Terem proteção contra sobretensão, sobrecorrente;
Terem proteção contra UV.

Cabos da Média Tensão:

Cabo de tensão deve ter isolamento para 50KV, com um comprimento de 6 metros;
Cabo terra deve ter também a isolamento para 50KV, com um comprimento de 7 metros.

Cabos de Baixa Tensão:

Cabo de tensão deve ter isolamento para 1KV, com um comprimento de 2 metros;
Cabo de neutro e terra devem ter também isolamento para 1KV, com um comprimento de 2 metros;

Medidor:

Atende a resolução 505 da ANEEL, em todos os seus itens;
Possui proteção contra sobretensão, sobrecorrente;
Possui programação através de software ou do painel do equipamento;

O conjunto:

Possui uma caixa de bateria, que tenha autonomia para 48 horas;
Possui caixas de transporte em campo.

2.2 – Desenvolvimento de Garra

O primeiro projeto em CAD foi criando buscando atender as características desejadas. A Figura 5 abaixo ilustra um primeiro esboço desenvolvido.

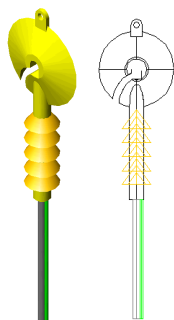


Figura 5 – Primeiro esboço de um design da sonda

Analisando o primeiro esboço observou-se que o seria interessante que a sonda não tivesse uma área lateral muito grande, pois o vento poderia deslocá-la do ponto de instalação. Como sua espessura era relativamente estreita deixaria a mesma instável do ponto de vista de fixação. Desta forma partiu-se para um novo design, ilustrada pela Figura 6.

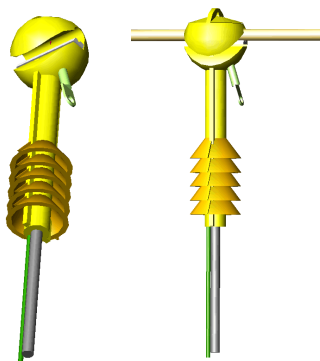


Figura 6 – Segundo esboço de um design da sonda

Para este segundo esboço foram propostas outras modificações no projeto. As Modificações propostas foram:

- Colocação do olhal a 45° na base da esfera, para instalação com bastão;
- Reforço do parafuso de aperto para permitir a instalação por ele;
- Aumentar a área de contato elétrico da tomada de tensão;
- Cor amarela para o corpo da sonda;
- Parafuso da agulha com rosca maior;

Após as ultimas modificações chegou-se no design definitivo ilustrado pela Figura 7 abaixo.

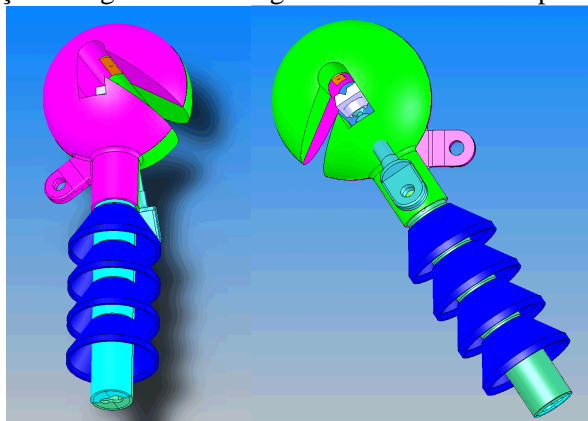


Figura 7 – Design definitivo

2.3 – Desenvolvimento do Medidor

2.3.1 – Projeto Mecânico do Medidor

A partir de um medidor já existente o MARH-VI da RMS, foi necessário desenvolver um novo projeto mecânico, com um gabinete maior e mais robusto, para que pudessem ser inseridas as novas placas conformadoras dos sinais, a bateria e para suportar o peso dos cabos dos sensores. Também foi necessário optar por conectores mais robustos.



Figura 8 – Design do medidor

2.3.2 – Projeto de Hardware do Medidor

Os sinais de tensão dos sensores foram obtidos através de divisores resistivos. Os sinais de corrente provenientes dos sensores, de amplitude muito baixa (uV), foram amplificados e corrigidos em fase, utilizando-se de componentes amplificadores de instrumentação com características muito especiais quanto ao off-set, estabilidade térmica, etc.

A plataforma de hardware básica, que envolve processador, memórias, fonte, display, teclado e sistema de tempo, também foi baseada no MARH-VI.

2.3.3 – Projeto de Software do Medidor

Foi utilizado o Firmware do MARH-VI com as devidas alterações e melhorias necessárias ao novo projeto.

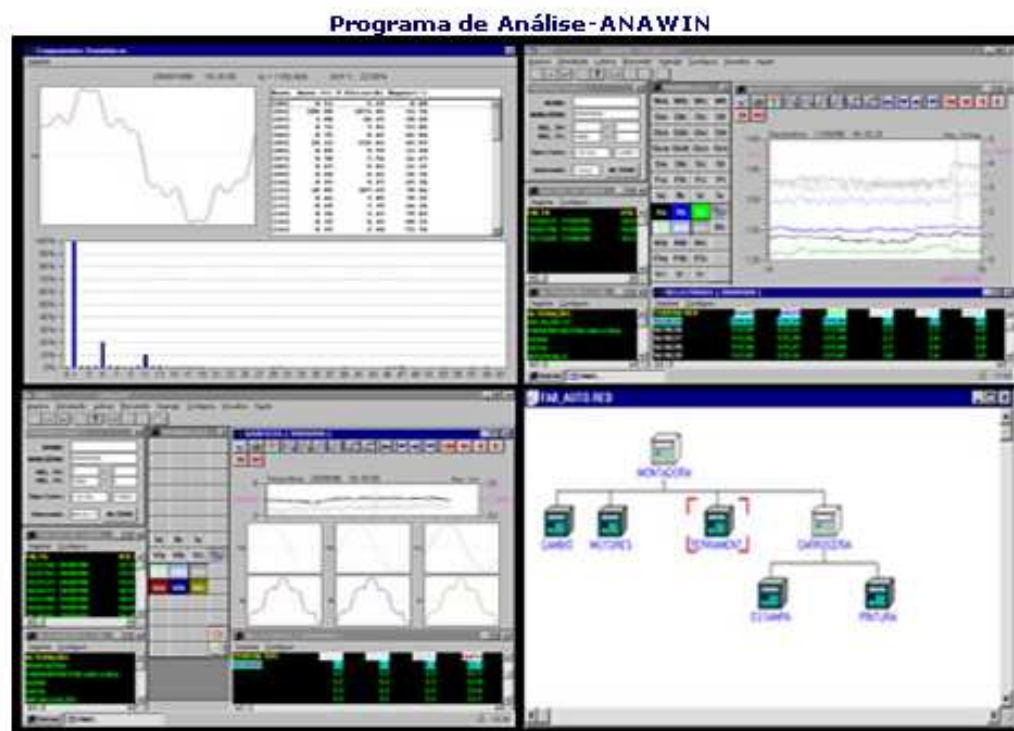


Figura 8 – Software do medidor

O Software aplicativo ANAWIN, para Windows 95/98/ME/XP/NT/2000 foi adaptado para o novo medidor.

3. CONCLUSÕES

Neste trabalho buscou-se desenvolver um sistema de medidas de grandezas elétricas em linhas vivas de média tensão com possibilidade de registro e armazenamento de dados do sistema elétrico. Esses dados poderão ser do tipo grandeza e ou eventos de qualidade da energia elétrica. Foi desenvolvida uma sonda tensão/corrente como unidade básica de sensoriamento destas grandezas, com a possibilidade de fácil instalação, tanto ao contato (Turma de Linha Viva), quanto com bastão (Turma de Linha Morta).

A integração deste sensor com o medidor apresentou resultados satisfatórios em ensaios de laboratório. No presente momento estamos testando em campo, a durabilidade e robustez de todo o equipamento.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LÍBANO, F.B. Acondicionadores de Línea Basados en la Utilización de Filtros Activos Híbridos de Potencia. Madrid, 1997. 296p. Tese (Doutorado) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid.

[2] BRAGA, R.A.M. Estudo e Implementação de um Filtro Híbrido de Potência com Parte Ativa Série. Porto Alegre, 2001. 166p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

[3] CAMARGO, R.F.de Contribuição ao Estudo de Filtros Ativos de Potência. Santa Maria, 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Maria.

[4] BOLLEN, M.H.J. Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions. New York, 2000. IEEE Press, 541p.

[5] SANKARAN, C. Power Quality. Boca Raton, 2000. CRC Press, 202p.

[6] DUGAN, R.C.; McGRANAGHAN, M.F.; BEATY, H.W. Electrical Power Systems Quality. New York, 1996. McGraw-Hill, pp. 1-260.

[7] DOUGHERTY, J. G.; STEBBINS, W. L. Power Quality: a Utility and Industry Perspective. IEEE Annual Textile, Fiber, and Film Industry Technical Conference, pp 1-10, 6-8 de Maio de 1997.

[8] MULLER, S. L. Filtro Ativo Série para Condicionamento de Tensões. Porto Alegre 2003. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.