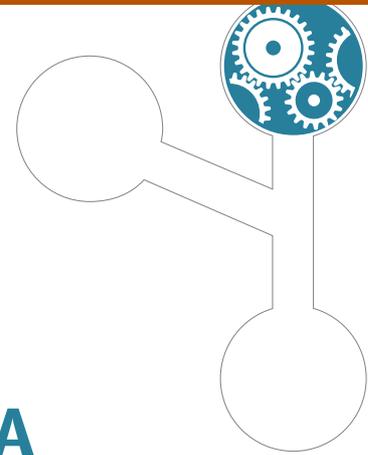


José Batista\*, Júlio S. Martins\*\*, João L. Afonso\*\*

\* Escola Superior de Tecnologia e de Gestão  
Instituto Politécnico de Bragança  
jbatista@ipb.pt\*\*Departamento de Electrónica Industrial  
Universidade do Minho  
{jmartins, jla}@dei.uminho.pt

# SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉCTRICA BASEADO EM PC E DESENVOLVIDO EM LABVIEW

## RESUMO

Este artigo apresenta resultados de medições obtidos com um sistema de baixo custo desenvolvido para monitorização da qualidade da energia eléctrica e gestão de energia. O sistema utiliza sensores de efeito Hall de tensão e corrente para o condicionamento dos sinais da rede eléctrica, uma placa de aquisição de dados genérica e um PC, que trabalha com a linguagem de programação gráfica LabVIEW. O sistema detecta continuamente diversas anomalias relacionadas com a qualidade da energia eléctrica, registando em ficheiro esta informação. São também monitorizadas e registadas as grandezas eléctricas úteis para a gestão da energia. Para o efeito foram desenvolvidas quatro aplicações, designadas: "Scope e THD", "Eventos PQ (Power Quality)", "Grandezas Clássicas" e "Teoria p-q". A informação adquirida pode ser visualizada em tabelas e/ou gráficos e utilizada para gerar relatórios no formato HTML (*HyperText Markup Language*). Neste formato, os relatórios podem também ser acedidos através da Web utilizando um browser, enviados directamente para uma impressora, ou embebidos directamente noutras aplicações do Windows. Este sistema mostra as potencialidades da aquisição de dados associada à instrumentação virtual, no âmbito da monitorização da qualidade e gestão da energia eléctrica, nomeadamente a flexibilidade, o custo e o desempenho do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitorização da Qualidade da Energia Eléctrica, Instrumentação Virtual, LabVIEW™, Geração Automática de Relatórios HTML, Teoria p-q.

## ABSTRACT

*This paper presents the development of a low cost digital system useful for power quality monitoring and power management. Voltage and current measurements are made through Hall-effect sensors connected to a standard data acquisition board, and the applications were programmed in LabVIEW™, running on Windows in a regular PC. The system acquires data continuously, and stores in files the events that result from anomalies detected in the monitored power system. Several parameters related to power quality and power management can be analyzed through 4 different applications, named: "Scope and THD", "Events PQ (Power Quality)", "Classical Values" and "p-q Theory". The acquired information can be visualized in tables and/or in charts. It is also possible to generate reports in HTML format. These reports can be sent directly to a printer, embedded in other software applications, or accessed through the Internet, using a web browser. The potential of the developed system is shown, namely the advantages of data acquisition and virtual instrumentation, regarding to flexibility, cost and performance, in the scope of power quality monitoring and power management.*

**KEYWORDS:** Power Quality Monitoring, Virtual Instrumentation, LabVIEW™, HTML Automatic Report Generation, p-q Theory.

## 1. PRODUTOS NI UTILIZADOS

LabVIEW 7.1 Express Professional Development Version, NI-DAQ 6.9.2f, Internet Toolkit, Carta de Aquisição de Dados MIO-PCI-6024E, cabo SH68, conector SCSI 2.

## 2. O DESAFIO

Desenvolvimento de um sistema modular e flexível de baixo custo para a monitorização da qualidade da energia eléctrica e gestão da energia consumida. O sistema, funcionando em aquisição contínua, regista em ficheiro os

eventos que resultam da detecção de anomalias relacionadas com a qualidade da energia eléctrica. A informação adquirida pode ser visualizada em tabelas e/ou em gráficos, e a partir daí gerar relatórios no formato HTML (*HyperText Markup Language*). Neste formato, os relatórios, além de poderem ser enviados directamente para a impressora ou inseridos noutras aplicações do sistema operativo Windows, podem também ser acedidos através da Web utilizando um *browser*. O monitorizador desenvolvido pode ser incluído num sistema integrado de gestão de energia, aproveitando as potencialidades que o LabVIEW

possui para criar aplicações associadas à tecnologia Internet, como por exemplo, implementar acesso remoto a sistemas de aquisição de dados, emitir alarmes em situações críticas, ou mesmo utilizar tecnologia sem fio.

## 3. A SOLUÇÃO

O sistema de monitorização foi desenvolvido na plataforma LabVIEW utilizando um PC, um sistema DAQ e um módulo de *hardware* desenvolvido para atenuar e isolar electricamente os sinais da rede eléctrica a medir [1]. A emissão de relatórios

## SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉCTRICA BASEADO EM PC E DESENVOLVIDO EM LABVIEW

no formato HTML foi desenvolvida recorrendo às funções “Report Generation” disponibilizadas pelo LabVIEW. Existe ainda a possibilidade de executar as aplicações remotamente recorrendo à ferramenta “Web Publishing Tool”, também do LabVIEW.

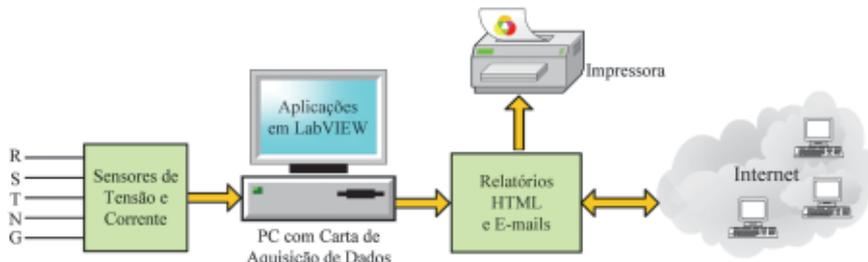


Figura 1 Diagrama de blocos do sistema de monitorização

#### 4. INTRODUÇÃO

A qualidade da energia eléctrica é actualmente um assunto de grande interesse, que envolve tanto as empresas produtoras de energia, quanto os consumidores e fabricantes de equipamentos. Normas internacionais relativas ao consumo de energia eléctrica, tais como IEEE 519, IEC 61000 e EN 50160, limitam o nível de distorção harmónica nas tensões com os quais os sistemas eléctricos podem operar, e impõem que os novos equipamentos não introduzam na rede harmónicos de corrente de amplitude superior a determinados valores. Mas os problemas de qualidade de energia não se restringem aos harmónicos. Outros fenómenos electromagnéticos nos sistemas eléctricos estão directamente associados à qualidade da energia eléctrica: transitórios, variações de curta e longa duração (*sags*, *swells*, interrupções, subtensões e sobretensões), desequilíbrios de tensão, distorções nas formas de onda, flutuações de tensão, variações de frequência, etc [2].

#### 5. HARDWARE DO SISTEMA

A base de trabalho do sistema desenvolvido assenta na utilização de um PC vulgar (Pentium III com sistema operativo Windows XP), uma carta de aquisição de dados e o *software* LabVIEW, da NI. Para a interface entre a rede eléctrica e a carta de aquisição de dados foi desenvolvido um módulo de *hardware* em duas versões. Uma versão do módulo destina-se a ser utilizado em laboratório. Neste módulo foram utilizados sensores de efeito Hall (LEM LV 25P para as tensões e LEM LTA 50P para as correntes). Para ligar o cabo da carta de aquisição ao módulo foi incluído um conector SCSI 2. A outra versão do módulo destina-se a ser utilizado na indústria. Este difere do primeiro apenas nos sensores de corrente, sendo utilizados medidores de corrente LEM ~flex II, com escalas de 30 A, 300 A e 3.000 A. O segundo módulo tem como vantagem permitir efectuar as medições de corrente sem interromper o circuito.



Figura 2 Sistema para utilizar em laboratório

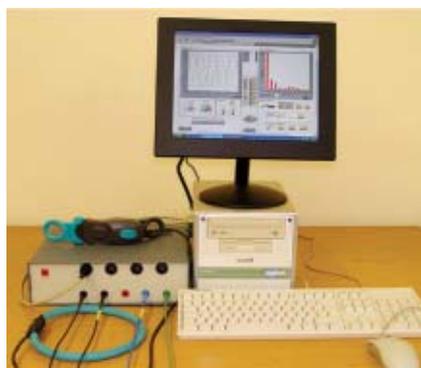


Figura 3 Sistema para utilizar em indústria

O sistema de aquisição de dados é baseado numa carta MIO-PCI-6024E (com o cabo blindado SH68), e no NI-DAQ 6-9.2f (actualmente as aplicações já foram testadas com o NI-DAQmx e a carta de série M PCI 6220 da NI). As principais características da carta de aquisição de dados utilizada são: 16 canais analógicos (8 em modo diferencial), resolução de 12 bits, taxa de amostragem de

200 ksamples/s, 8 linhas digitais de I/O, DMA, Interrupts ou I/O, tamanho da FIFO de 512 amostras [3].

#### 6. SOFTWARE DO SISTEMA

Depois de definidas as características e especificações gerais do sistema, seguiu-se uma metodologia *top-down* e modular no desenvolvimento do *software*, utilizando a linguagem de programação gráfica LabVIEW. O sistema assenta em quatro módulos de *software* desenvolvidos para o efeito, designados neste trabalho por aplicações, e denominados: “Eventos PQ”, “Grandezas Clássicas”, “Scope e THD” e “Teoria p-q”. Foi ainda desenvolvida uma aplicação para configurar todo o sistema.

##### 6.1. APLICAÇÃO “EVENTOS PQ” (POWER QUALITY)

Esta aplicação executa, em modo contínuo, a aquisição dos 3 sinais das tensões fase neutro (Van, Vbn e Vcn), do sinal de tensão neutro-terra (Vng), dos 3 sinais das correntes de fase (Ia, Ib e Ic) e do sinal da corrente de neutro (In). Em simultâneo é executado todo o processamento necessário para elaborar os *strip charts*, detectar *sags* e *swells*, e anomalias do tipo *wave shape* (anomalias nas formas de onda), sendo a análise efectuada ciclo a ciclo, com 500 amostras por ciclo. Toda a informação importante é registada em ficheiro. Os períodos de monitorização do sistema eléctrico podem ser programados (de 1 minuto a 30 dias). No final das sessões o sistema pode enviar automaticamente dados via e-mail para vários destinatários.

##### 6.2. APLICAÇÃO “GRANDEZAS CLÁSSICAS”

A designação “Grandezas Clássicas” deve-se ao facto de nesta aplicação serem analisadas as grandezas eléctricas que tipicamente são tratadas nos sistemas eléctricos. Estas grandezas são: valores eficazes (*True RMS*) e ângulos de fase das tensões e correntes, impedâncias (por fase), desequilíbrios de tensão e de corrente, factor de potência total e de deslocamento, factor de distorção, potências (activa, aparente, reactiva e harmónica) por fase e total, energia activa (kWh) e “energia” reactiva (kVARh). Os fasores e impedâncias são apresentados *online* (numericamente e em vectores), sendo calculados com a componente fundamental dos sinais. Uma das características interessantes desta aplicação consiste nos seus dois modos distintos de funcionamento: modo “Simulação” e modo “Aquisição”. No modo “Simulação” todas as grandezas em jogo são calculadas e visualizadas tendo como base sinais gerados

em LabVIEW. Os parâmetros destes sinais (amplitude, frequência, e fase) são configurados pelo utilizador, podendo ser introduzidas as componentes harmónicas pretendidas para cada sinal. No modo “Aquisição” o tratamento é o mesmo, mas com sinais medidos através da carta de aquisição de dados, sendo portanto utilizados sinais reais.

### 6.3. APLICAÇÃO “SCOPE E THD”

Esta aplicação é um exemplo típico de instrumentação virtual, pois “imita” um osciloscópio digital com as suas principais funções básicas: base de tempo, escala vertical, *trigger* (*slope*, *level* e *source*) e *readouts* (frequência dos sinais, valores *True RMS*, valor DC, valor de pico a pico, etc). Tem a possibilidade de visualizar até 8 sinais simultaneamente, com uma taxa de amostragem de 25 kHz por canal. A este instrumento foi adicionada a função de cálculo e visualização da THD (*Total Harmonic Distortion* – distorção harmónica total), incluindo as informações para cada harmónico do sinal (amplitude, frequência e fase). Tem também a capacidade de gerar relatórios no formato HTML e registar dados (amostras dos sinais e componentes harmónicas) em ficheiros que podem ser manipulados directamente por outras ferramentas executadas em Windows, como por exemplo o Matlab e o Excel.

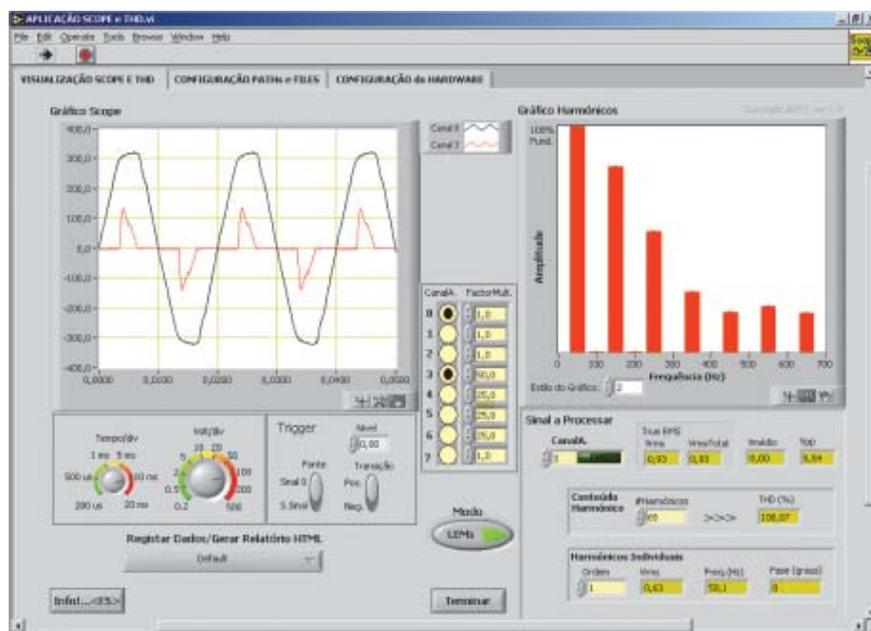


Figura 4. Painel Frontal principal da aplicação “Scope e THD”

### 6.4. APLICAÇÃO “TEORIA P-Q”

Esta aplicação calcula os valores da Teoria p-q (Teoria da potência instantânea), que são extremamente úteis na análise de sistemas de potência trifásicos com problemas de qualidade de energia (nomeadamente harmónicos, reactivos e desequilíbrios de cargas) [4]. São ainda calculados os valores que seriam obtidos pela aplicação de um filtro activo paralelo ao sistema eléctrico. O *software* implementa, em termos de simulação, todos os cálculos envolvidos para o controlo deste filtro, e permite visualizar simultaneamente todos os sinais em causa. Os sinais processados e visualizados são de três tipos, tensões, correntes e potências, e podem ser vistos na fonte, na carga e no filtro activo, nas coordenadas a-b-c ou  $\alpha$ - $\beta$ -0. A aplicação possui três modos distintos de funcionamento:

- **Modo Aquisição:** todas as grandezas em jogo são processadas e visualizadas com sinais reais adquiridos pela carta de aquisição de dados.
- **Modo Simulação LabVIEW:** possui as mesmas funcionalidades do modo aquisição, mas utiliza sinais gerados (simulados) com VIs do LabVIEW. Nestes sinais podem ser incluídas todas as componentes harmónicas desejadas.
- **Modo Simulação Matlab/Simulink:** neste modo a simulação e visualização dos sinais é efectuada em ambiente Matlab sem fechar a aplicação em LabVIEW. A simulação é executada através de um ficheiro do tipo mdl desenvolvido em Simulink.

A principal utilidade desta aplicação é que permite compreender melhor alguns dos conceitos básicos da Teoria p-q aplicados à qualidade da energia eléctrica, aproveitando as grandes potencialidades da aquisição de dados, instrumentação virtual e representação gráfica de dados em LabVIEW.

## 7. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste sistema, os autores identificaram as potencialidades da aquisição de dados associada à instrumentação virtual, utilizando a plataforma LabVIEW, no âmbito da monitorização da qualidade da energia eléctrica. Desde logo se constatou que uma plataforma deste tipo permite definir a interface com o utilizador, adaptar e configurar o sistema de modo personalizado, e sobretudo, tratando-se de um sistema com grande flexibilidade, pode ser facilmente readaptado e implementadas novas funções.

No mercado existe actualmente um leque bastante variado de equipamentos para monitorizar a qualidade da energia eléctrica. Normalmente esses equipamentos apresentam-se com diversos modelos e módulos opcionais. Existem modelos portáteis e/ou fixos, sendo necessário em alguns casos utilizar um PC para fazer *download* e efectuar pós-processamento. Contudo, estes equipamentos são normalmente caros, e ao seleccionar-se um equipamento com altas performances e múltiplas funções, o seu preço cresce consideravelmente.

Conclui-se com o desenvolvimento deste trabalho que, utilizando uma plataforma de custo reduzido é possível implementar um monitorizador de qualidade da energia eléctrica baseado em PC e desenvolvido em LabVIEW, com as funcionalidades adequadas para a utilização em laboratórios, ambientes industriais, comerciais ou domésticos.

## REFERÊNCIAS

- [1] José Batista, Júlio S. Martins, João L. Afonso, “Low-Cost Power Quality Monitor Based on a PC”, ISIE’2003 - IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Rio de Janeiro, Brasil, 9-11 Junho de 2003, ISBN: 0-7803-7912-8.
- [2] João Luiz Afonso e Júlio S. Martins, “Qualidade da Energia Eléctrica”, Revista o electricista, nº 9, 3º trimestre de 2004, ano 3, pp. 66-71.
- [3] National Instruments, “DAQ 6023E/6024E/6025E User Manual - Multifunction I/O Boards for PCI, PXI, and CompactPCI Bus Computers”, December 2000 Edition.
- [4] João Afonso, Carlos Couto, Júlio Martins, “Active Filters with Control Based on the p-q Theory”, IEEE Industrial Electronics Society Newsletter, vol. 47, nº 3, Set. 2000, pp. 5-10.