

# Guia de Aplicação de Qualidade de Energia

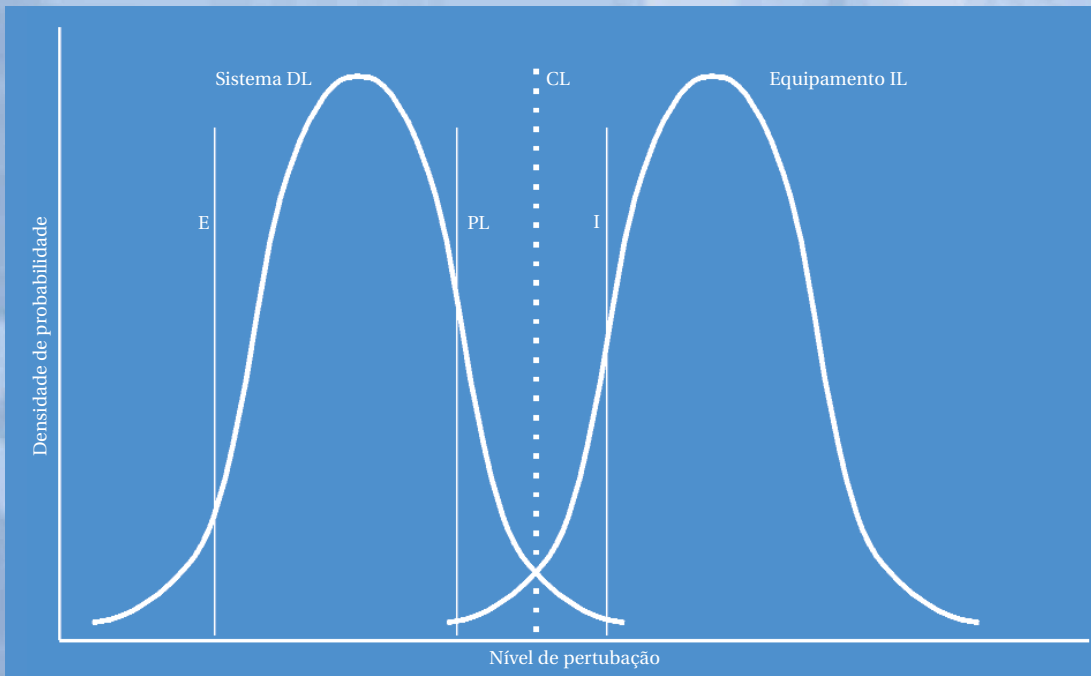


Leonardo da Vinci

## *Harmônicas*

### *Compreendendo os Níveis de Compatibilidade*

3.4.1



# *Harmônicas*

## *Compreendendo os Níveis de Compatibilidade*

Rafael Asensi  
Universidad Politécnica de Madrid  
Março de 2005



Este Guia foi produzido como parte do Leonardo Power Quality Initiative (LPQI), um programa de educação e treinamento europeu apoiado pela Comissão Europeia (sob o Programa Leonardo da Vinci) e pelo International Copper Association (ICA). Para informação adicional sobre o LPQI visite [www.lpqi.org](http://www.lpqi.org).



### **European Copper Institute (ECI)**

O European Copper Institute (ECI) (Instituto de Cobre Europeu) é uma joint venture entre o ICA (International Copper Association) e os fabricantes europeus. O ECI representa os maiores produtores de cobre do mundo e os fabricantes europeus mais importantes para promover o cobre na Europa. Criado em janeiro de 1996, o ECI é apoiado por uma rede de onze Associações de Desenvolvimento do Cobre ('CDAs') em Benelux, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Itália, Polónia, Rússia, Escandinávia, Espanha e Reino Unido.



### **Instituto Brasileiro do Cobre - PROCOBRE**

É uma instituição sem fins lucrativos, constituída por empresas produtoras e transformadoras de cobre no Brasil com a missão de estimular o uso técnico e econômico do metal, promovendo sua utilização correta e eficiente. Desenvolve projetos nas várias áreas de aplicação do metal, divulgando as vantagens da utilização do cobre na energia elétrica, nas instalações hidráulicas e de gás, na arquitetura, no design e decoração de interiores, na saúde e muitas outras.

### **Aviso de Isenção de Responsabilidades**

O conteúdo deste documento não necessariamente reflete a posição da Comunidade Europeia, nem implica nenhuma responsabilidade por parte da Comunidade Europeia. O European Copper Institute, Hogeschool West-Vlaanderen, Labo Lemcko e Copper Development Association negam qualquer responsabilidade por qualquer dano direto, indireto, conseqüente ou incidental que possa resultar pelo uso da informação, ou pela impossibilidade do uso da informação ou dos dados contidos nesta publicação.

Copyright© European Copper Institute, Hogeschool West-Vlaanderen, Labo Lemcko and Copper Development Association.

Reprodução autorizada desde que o material esteja completo e a fonte mencionada.

## Compreendendo os Níveis de Compatibilidade

### Introdução

Teoricamente, as correntes e tensões em um sistema de distribuição trifásico têm uma forma de onda perfeitamente senoidal, um fator de potência igual à unidade, é equilibrado (ou seja, as tensões e correntes em cada fase têm a mesma intensidade) e as fases são deslocadas por exatamente 120 graus.

Na prática, a natureza das cargas dos consumidores (principalmente) causa distorção de correntes e tensões e resulta num equilíbrio pobre entre as fases[1]. Durante as últimas duas décadas a situação ficou pior e as redes de hoje distorcem tensões e correntes e, até mesmo no estado estacionário, não podem ser consideradas como um regime senoidal equilibrado.

Entre as causas desta situação estão:

- correntes harmônicas introduzidas por cargas não lineares, tais como retificadores monofásicos e trifásicos, fornos a arco, compensadores estáticos de VAR, etc.;
- correntes interharmônicas produzidas por fornos CA e CC, acionadores de motores, etc.;
- desequilíbrios criados por cargas monofásicas conectadas ao sistema trifásico;
- flicker produzido por flutuações de cargas;
- variações de tensão (dips, interrupções) causados por faltas na rede, descargas atmosféricas, etc.;

Em um mercado desregulamentado, onde muitas companhias competem por clientes na mesma rede, a qualidade de energia é uma das maiores preocupações, porque a responsabilidade por fornecer energia “limpa” é dividida.

Para manter a boa qualidade da energia na rede, é essencial possuir um conjunto de normas que claramente especifiquem os limites que devem ser impostos sobre as cargas e as redes. O objetivo é prover um ambiente no qual a compatibilidade eletromagnética (CEM) seja alcançada, definida na norma IEC[2] como:

*“A habilidade de um item de um equipamento ou de um sistema para funcionar satisfatoriamente em seu ambiente eletromagnético sem introduzir perturbações eletromagnéticas intoleráveis a qualquer coisa nesse ambiente”.*

### O problema de compatibilidade eletromagnética

Há dois lados no problema de compatibilidade. O equipamento do consumidor operando na rede causa perturbações na rede e as perturbações resultantes na rede afetam a operação adequada de outro equipamento na rede. Para assegurar a compatibilidade é necessário controlar o nível de máximo de perturbação que pode estar presente em qualquer ponto da rede e estabelecer um nível de perturbação para o qual todo item de equipamento estará imune.

A rede é muito grande e está longe de ser homogênea; por exemplo, a impedância no ponto de entrega depende da estrutura e da potência da rede local e a densidade de equipamentos varia enormemente. Cada item de equipamento produz alguma perturbação que agrega de algum modo com a de outro equipamento. Normas de equipamentos são preparadas para assegurar que:

- os níveis de emissão de cada classe de equipamento seja tal que a conexão do equipamento com a rede não elevará o nível global de perturbação indevidamente;
- o equipamento não será suscetível aos níveis de perturbação que podem ser esperados na rede.

# Compreendendo os Níveis de Compatibilidade

---

Há vários parâmetros que precisam ser especificados e controlados:

- Nível de emissão (EL);
- Nível de imunidade (IL);
- Nível de compatibilidade (CL);
- Limite de emissão (E);
- Limite de imunidade (I);

e, em redes de média e alta tensão,

- Nível de planejamento (PL).

Estes limites e níveis são descritos a seguir.

## Nível de emissão (EL)

O nível de emissão é o nível de perturbação (DL) produzido por uma carga específica situada em um local específico. Seu valor depende principalmente de dois fatores:

- as características do equipamento, incluindo variações inerentes a equipamentos produzidos em série;
- as características da rede de alimentação no ponto de conexão.

Embora os equipamentos sejam projetados e fabricados para atender uma norma (que incluirá o nível de emissões permitidas), itens individuais de equipamentos produzidos em série terão inevitavelmente pequenas diferenças nas suas emissões de perturbações. Os equipamentos passam por ensaios de tipo para assegurar que satisfaçam os requisitos das normas, mas variações em componentes e detalhes de montagem resultarão em variações pequenas no nível de emissão. Isto implica que os níveis de perturbação produzidos por diferentes equipamentos do mesmo tipo na mesma rede seriam diferentes.

Porque muitas perturbações são manifestadas como variações ou distorções na corrente do equipamento, a perturbação resultante, medida como uma perturbação de voltagem, dependerá da impedância da rede de alimentação, às vezes expressa em termos da potência de curto-circuito.

## Aspectos estatísticos do nível de emissão

A rede tem um número muito grande de cargas conectadas, cada uma com um nível de emissão. Por causa das diferenças na impedância da rede (nível de curto-circuito), a densidade espacial de cargas e suas condições de operação, o nível de emissão medido em vários pontos da rede será diferente. Em outras palavras, o valor do nível de emissão medido é distribuído estatisticamente, como mostrado na Figura 1.

O gráfico mostra a probabilidade (p) de obter um valor particular de nível de emissão de um distúrbio específico. Como algumas faixas de valores do nível de emissão são mais freqüentes, suas probabilidades de ocorrência são mais altas.

# Compreendendo os Níveis de Compatibilidade

---

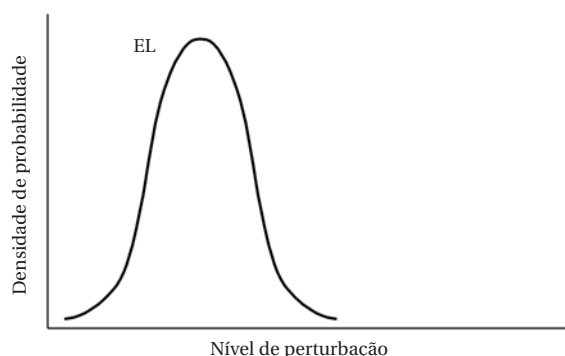


Figura 1 - Distribuição do nível de emissão.

A perturbação de fundo é composta de contribuições de muito itens de equipamentos. Algumas perturbações são essencialmente randômicas por natureza, e não têm relação em fase ou intensidade com a perturbação produzida por outros itens de equipamento. Como resultado, para estas perturbações, o efeito de somar outro item de equipamento em um sistema não é simplesmente aditivo. Porém, há algumas perturbações importantes, tais como correntes harmônicas de terceira ordem e as quedas de tensão delas resultantes, que são localmente aditivas.

## Nível de imunidade (IL)

Cada parte de um equipamento é projetada e fabricada de acordo com uma norma, a qual requer que ela seja imune a perturbações menores do que um certo nível. O nível de imunidade (IL) é o máximo valor de uma perturbação, presente na rede, que não degrada o comportamento de um item específico de um equipamento sob condições de ensaio. Na prática, a imunidade do equipamento para a perturbação é também afetada por outros fatores. Por exemplo, tolerâncias de componente e detalhes precisos de montagem afetarão o nível de imunidade em relação às amostras submetidas aos ensaios de tipo; as condições de instalação, tais como comprimentos de cabos e esquemas de aterramento, também podem introduzir variações.

Em conseqüência, o nível de imunidade de um equipamento também é distribuído estatisticamente da mesma maneira que o nível de emissão (Figura 1).

## Nível de compatibilidade (CL)

As perturbações produzidas por cargas individuais se combinam para criar um nível de perturbação em todos os barramentos da rede. O nível de perturbação será mais alto para alguns barramentos do que para outros, dependendo de suas impedâncias e cargas, e variará de acordo com o horário do dia, dia da semana e época do ano.

O nível de compatibilidade (CL) é definido como o nível de perturbação que não deve ser excedido em 95% das medições em toda a rede [2]. Note-se que o nível de compatibilidade é um valor estatístico que caracteriza o estado de toda a rede - não pode ser usado para descrever a situação em um barramento em particular. Ver a Figura 2 que mostra medições sucessivas do nível de perturbação (DL) de uma perturbação específica em todos os barramentos de uma rede durante uma semana.

# Compreendendo os Níveis de Compatibilidade

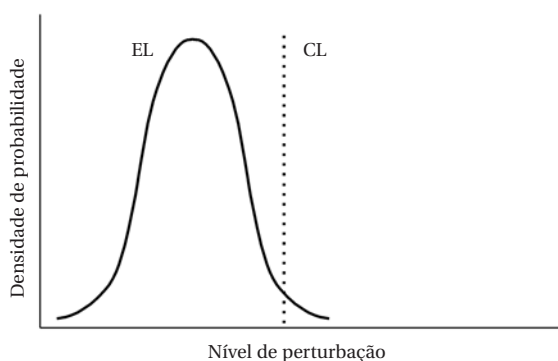


Figura 2 - Nível de Compatibilidade (CL).

O nível de compatibilidade é definido absolutamente, por exemplo, os níveis de compatibilidade para algumas tensões harmônicas em redes de baixa tensão, mostrados na Tabela 1 (ver [2]), são expressos como uma porcentagem da componente fundamental da tensão. Entretanto, os níveis de perturbação para os quais estão relacionados (ao nível de 95%) são estatísticos, sendo o resultado dos efeitos de um número grande de variáveis.

Harmonic	CL [%]
5	6
7	5
11	3,5
13	3

Tabela 1 - Níveis de Compatibilidade de tensões harmônicas em baixa tensão.

Enquanto especificar a intensidade do nível de compatibilidade é simples, definir as normas de projeto do equipamento e as regras de planejamento da rede que permitirão que ela atenda aos requisitos é uma tarefa mais complexa, que depende muito da experiência operacional. O limite de emissão descrito a seguir é um componente desta situação.

## Limite de emissão (E)

O limite de emissão (E) é o máximo valor permitido de nível de emissão gerado por um item específico de equipamento. Note que o limite de emissão aplica-se a uma única parte de um equipamento, enquanto que o nível de compatibilidade aplica-se à rede inteira. Limites de emissão podem ser confirmados por ensaios e por projetos de equipamentos não conformes eliminados. Na prática, o controle deste processo fica por conta do mercado, confiando que os fabricantes irão ensaiar adequadamente seus projetos e os usuários irão informar sobre equipamentos danificados.

O limite de emissão é um nível de perturbação ajustado um pouco abaixo do nível de compatibilidade. A razão para isto é que as perturbações produzidas por todas as cargas no sistema juntam-se de uma forma complexa para se tornarem o “nível de perturbação global”. Algumas perturbações, como as correntes harmônicas de terceira ordem, simplesmente somam-se aritmeticamente localmente, mas são então mitigadas, por exemplo, quando circulam por enrolamentos em delta de transformadores. Outras correntes harmônicas tendem a se agregar como somas rms, mas também são mitigadas quando se misturam com aquelas de outras fontes, ajudadas pelas mudanças de fase que acontecem na medida em que as harmônicas circulam por transformadores e pelos efeitos da indutância e capacitância da rede. Porém, localmente, pode haver aumentos inesperados devidos aos efeitos de ressonância.

Os níveis de emissão são definidos em termos absolutos, por exemplo, um limite absoluto na corrente em uma frequência harmônica específica, diferentemente dos níveis de perturbação da rede, que são descritos em termos estatísticos. A correspondência entre ambos depende das características das redes e tem sido obtida a partir de muitos anos de experiência operacional. Agentes reguladores e organismos de normalização têm especificado limites de emissão de equipamentos que se espera poder levar a níveis de perturbação que não excederão os níveis de compatibilidade requeridos.

# Compreendendo os Níveis de Compatibilidade

Como um exemplo, a Tabela 2 mostra os limites de emissão de algumas correntes harmônicas em redes de baixa tensão (EN 61000-3-2) [3]. Correntes estão em ampères.

Harmônica	Limite [A]	
	Classe A	Classe B
5	1,14	1,710
7	0,77	1,155
11	0,33	0,495
13	0,21	0,315

Tabela 2 - Limites de emissão de correntes harmônicas em baixa tensão.

Porque tipos diferentes de equipamentos afetam o sistema de modo diferente, várias classes foram definidas na EN 61000-3-2. Para ilustrar, são dados dois exemplos na Tabela 2. Classe A contém equipamentos tais como sistemas equilibrados trifásicos ou eletrodomésticos; equipamentos Classe B são ferramentas portáteis (equipamentos de baixo fator de serviço).

## Limite de imunidade (I)

O limite de imunidade (I) é o nível de perturbação que o equipamento tem que suportar sem a perda de desempenho. O limite de imunidade é determinado por projeto e assegurado por ensaios de tipo, de forma que haverá pequenas variações entre itens individuais do mesmo projeto nominal. Considerando que as condições de instalação variam, haverá uma dispersão maior de desempenho entre itens similares em instalações diferentes. Haverá então uma distribuição de níveis de imunidade de equipamentos na rede.

Se uma verdadeira compatibilidade eletromagnética é para ser obtida, então 95% da distribuição dos níveis de imunidade dos equipamentos instalados tem que estar acima do nível de compatibilidade, como mostrado na Figura 3.

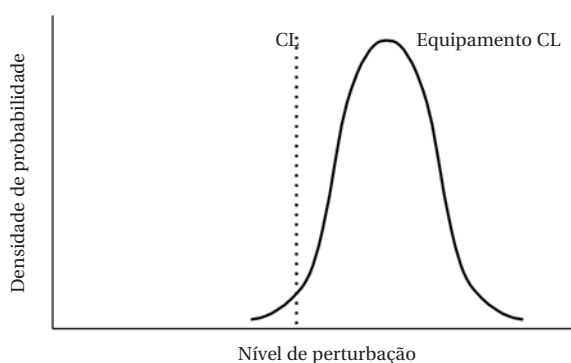


Figura 3 - Distribuição do nível de imunidade.

Esta situação de ideal só pode ser alcançada, dada uma escolha razoável de nível de compatibilidade, escolhendo-se normas apropriadas de limites de imunidade dos equipamentos e pelo uso de boas práticas de instalação.

## Nível de planejamento (PL)

Níveis de planejamento são utilizados em redes de média e alta tensão e representam objetivos internos das concessionárias de energia elétrica. São usados em projetos de redes, por exemplo, para decidir como conectar novas cargas. Em muitos regimes regulatórios, níveis de planejamento são aplicados aos consumidores industriais e comerciais para limitar as correntes harmônicas que podem ser injetadas na rede por um consumidor. Níveis de planejamento são menores do que os níveis de



# Compreendendo os Níveis de Compatibilidade

compatibilidade, em parte porque há muitas cargas desconhecidas no sistema (por exemplo, cargas domésticas) que somente podem ser estimadas e em parte porque o problema é estatístico e os reguladores erram a favor da segurança.

## A relação entre estes parâmetros

A Figura 4 mostra a inter-relação entre esses limites.

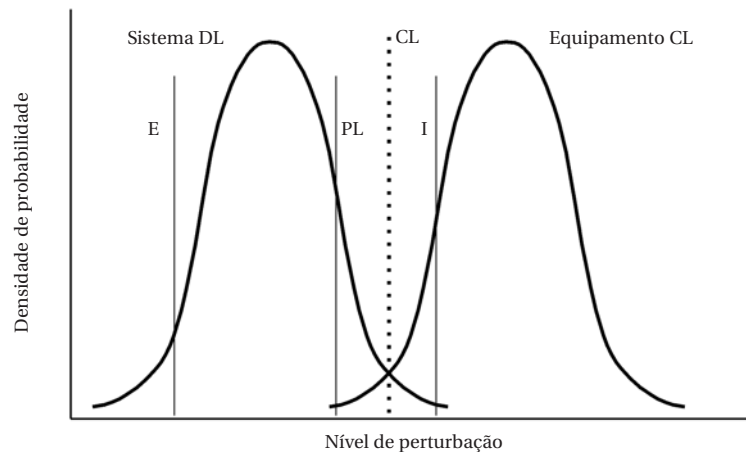


Figura 4 - Relação entre limite de emissão, limite de imunidade, nível de compatibilidade e nível de planejamento.

O nível de compatibilidade é fixado em um nível de perturbação que é maior do que 95% dos valores medidos no sistema inteiro ao longo do tempo. Como resultado, em apenas 5% de casos, o nível de perturbação ambiente excederá o nível de compatibilidade.

A distribuição do nível de perturbação é controlada de tal modo que somente 5% dos valores estão abaixo do nível de compatibilidade. O nível de compatibilidade pode ser visto como um nível de perturbação que é excedido em somente 5% das medições na rede e para o qual somente 5% dos equipamentos serão sensíveis. Apenas onde um equipamento problemático é conectado em um local problemático será provável haver um problema - em outras palavras, os requisitos de CEM vão ser atendidos na grande maioria dos casos.

Na realidade, a situação é tal que, de fato, os níveis de compatibilidade foram estabelecidos pelas normas de projeto utilizadas pelas concessionárias de energia elétrica e porque os equipamentos dos fabricantes apenas obteriam aceitação no mercado se fossem suficientemente imunes e co-existissem de modo adequado com outros equipamentos.

## Conclusões

Os principais limites utilizados nas normas que regulam a emissão e imunidade de equipamentos conectados às redes foram descritos neste artigo, e as relações entre eles foram explicadas.

Fixar estes limites é um compromisso. Um limite muito baixo de emissão resulta em um nível muito baixo de perturbação, permitindo fixar um baixo nível de compatibilidade. Níveis menores de imunidade são toleráveis, mas o custo de fabricação de equipamentos de baixa emissão será mais alto. Por outro lado, permitir níveis mais altos de emissão irá requerer um aumento no nível de compatibilidade declarado e isto provocaria um aumento nos níveis de imunidade, aumentando novamente os custos de fabricação.



# Compreendendo os Níveis de Compatibilidade

---

## Referências

- [1] Bollen, Math H J, *Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions*, IEEE Press Marketing, 2000.
- [2] IEC 61000-2-12. *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 2-12: Environment - Compatibility levels for low frequency conducted disturbances and signalling in public medium voltage power supply systems.*
- [3] IEC 61000-3-2. *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16A$  per phase).*



# Referências & Membros Fundadores

European Copper Institute* (ECI) <a href="http://www.eurocopper.org">www.eurocopper.org</a>	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid <a href="http://www.etsii.upm.es">www.etsii.upm.es</a>	LEM Instruments <a href="http://www.lem.com">www.lem.com</a>
Akademia Gorniczko-Hutnicza (AGH) <a href="http://www.agh.edu.pl">www.agh.edu.pl</a>	Fluke Europe <a href="http://www.fluke.com">www.fluke.com</a>	MGE UPS Systems <a href="http://www.mgeups.com">www.mgeups.com</a>
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA) <a href="http://www.citcea.upc.es">www.citcea.upc.es</a>	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) <a href="http://www.htw-saarland.de">www.htw-saarland.de</a>	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg <a href="http://www.uni-magdeburg.de">www.uni-magdeburg.de</a>
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) <a href="http://www.ceiuni.it">www.ceiuni.it</a>	Hogeschool West-Vlaanderen Departement PIH <a href="http://www.pih.be">www.pih.be</a>	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) <a href="http://www.miedz.org.pl">www.miedz.org.pl</a>
Copper Benelux* <a href="http://www.copperbenelux.org">www.copperbenelux.org</a>	International Union for Electricity Applications (UIE) <a href="http://www.uie.org">www.uie.org</a>	Università di Bergamo* <a href="http://www.unibg.it">www.unibg.it</a>
Copper Development Association* (CDA UK) <a href="http://www.cda.org.uk">www.cda.org.uk</a>	ISR - Universidade de Coimbra <a href="http://www.isr.uc.pt">www.isr.uc.pt</a>	University of Bath <a href="http://www.bath.ac.uk">www.bath.ac.uk</a>
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) <a href="http://www.kupferinstitut.de">www.kupferinstitut.de</a>	Istituto Italiano del Rame* (IIR) <a href="http://www.iir.it">www.iir.it</a>	The University of Manchester <a href="http://www.manchester.ac.uk">www.manchester.ac.uk</a>
Engineering Consulting & Design* (ECD) <a href="http://www.ecd.it">www.ecd.it</a>	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) <a href="http://www.kuleuven.ac.be">www.kuleuven.ac.be</a>	Wroclaw University of Technology* <a href="http://www.pwr.wroc.pl">www.pwr.wroc.pl</a>
EPRI Solutions Inc <a href="http://www.epri.com/eprisolutions">www.epri.com/eprisolutions</a>	Laborelec <a href="http://www.laborelec.com">www.laborelec.com</a>	

## Conselho Editorial

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	<a href="mailto:david.chapman@copperdev.co.uk">david.chapman@copperdev.co.uk</a>
Prof. Angelo Baggini	Università di Bergamo	<a href="mailto:angelo.baggini@unibg.it">angelo.baggini@unibg.it</a>
Dr. Araceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	<a href="mailto:ahernandez@etsii.upm.es">ahernandez@etsii.upm.es</a>
Prof. Ronnie Belmans	UIE	<a href="mailto:ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be">ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be</a>
Dr. Franco Bua	ECD	<a href="mailto:franco.bua@ecd.it">franco.bua@ecd.it</a>
Jean-Francois Christin	MGE UPS Systems	<a href="mailto:jean-francois.christin@mgeups.com">jean-francois.christin@mgeups.com</a>
Prof. Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	<a href="mailto:adealmeida@isr.uc.pt">adealmeida@isr.uc.pt</a>
Hans De Keulenaer	ECI	<a href="mailto:hdk@eurocopper.org">hdk@eurocopper.org</a>
Prof. Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	<a href="mailto:jan.desmet@howest.be">jan.desmet@howest.be</a>
Dr. ir Marcel Didden	Laborelec	<a href="mailto:marcel.didden@laborelec.com">marcel.didden@laborelec.com</a>
Dr. Johan Driesen	KU Leuven	<a href="mailto:johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be">johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be</a>
Stefan Fassbinder	DKI	<a href="mailto:sfassbinder@kupferinstitut.de">sfassbinder@kupferinstitut.de</a>
Prof. Zbigniew Hanzelka	Akademia Gorniczko-Hutnicza	<a href="mailto:hanzel@uci.agh.edu.pl">hanzel@uci.agh.edu.pl</a>
Stephanie Horton	LEM Instruments	<a href="mailto:sho@lem.com">sho@lem.com</a>
Dr. Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	<a href="mailto:antoni.klajn@pwr.wroc.pl">antoni.klajn@pwr.wroc.pl</a>
Kees Kokee	Fluke Europe BV	<a href="mailto:kees.kokee@fluke.nl">kees.kokee@fluke.nl</a>
Prof. Wolfgang Langguth	HTW	<a href="mailto:wlang@htw-saarland.de">wlang@htw-saarland.de</a>
Jonathan Manson	Gorham & Partners Ltd	<a href="mailto:jonathanm@gorham.org">jonathanm@gorham.org</a>
Prof. Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	<a href="mailto:henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl">henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl</a>
Carlo Masetti	CEI	<a href="mailto:masetti@ceiuni.it">masetti@ceiuni.it</a>
Mark McGranaghan	EPRI Solutions	<a href="mailto:mmcgranaghan@eprisolutions.com">mmcgranaghan@eprisolutions.com</a>
Dr. Jovica Milanovic	The University of Manchester	<a href="mailto:jovica.milanovic@manchester.ac.uk">jovica.milanovic@manchester.ac.uk</a>
Dr. Miles Redfern	University of Bath	<a href="mailto:eesmar@bath.ac.uk">eesmar@bath.ac.uk</a>
Dr. ir Tom Sels	KU Leuven	<a href="mailto:tom.sels@esat.kuleuven.ac.be">tom.sels@esat.kuleuven.ac.be</a>
Prof. Dr-Ing Zbigniew Styczynski	Universität Magdeburg	<a href="mailto:Sty@E-Technik.Uni-Magdeburg.de">Sty@E-Technik.Uni-Magdeburg.de</a>
Andreas Sumper	CITCEA-UPC	<a href="mailto:sumper@citcea.upc.edu">sumper@citcea.upc.edu</a>
Roman Targosz	PCPC	<a href="mailto:cem@miedz.org.pl">cem@miedz.org.pl</a>

*Dr Rafael Asensi*



Universidad Politécnica de Madrid  
c/ José Gutiérrez Abascal 2  
28006 Madrid  
Spain

Tel: 00 34 913 363025

Fax: 00 34 913 363008

Email: [rasensi@inel.etsii.upm.es](mailto:rasensi@inel.etsii.upm.es)

Web: [www.etsii.upm.es](http://www.etsii.upm.es)

**PRO****COBRE**  
Connects Life.™

Av. Brigadeiro Faria Lima, 2128-cj.203  
Cep 01451-903  
São Paulo - SP  
Brasil

Tel./Fax: 55 11 3816-6383  
e-mail: [procobrebrasil@copper.org](mailto:procobrebrasil@copper.org)  
Internet: [www.procobre.org](http://www.procobre.org)

European  
**COPPER**  
Institute

European Copper Institute  
168 Avenue de Tervueren  
B-1150 Brussels  
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70  
Fax: 00 32 2 777 70 79  
Email: [eci@eurocopper.org](mailto:eci@eurocopper.org)  
Website: [www.eurocopper.org](http://www.eurocopper.org)