

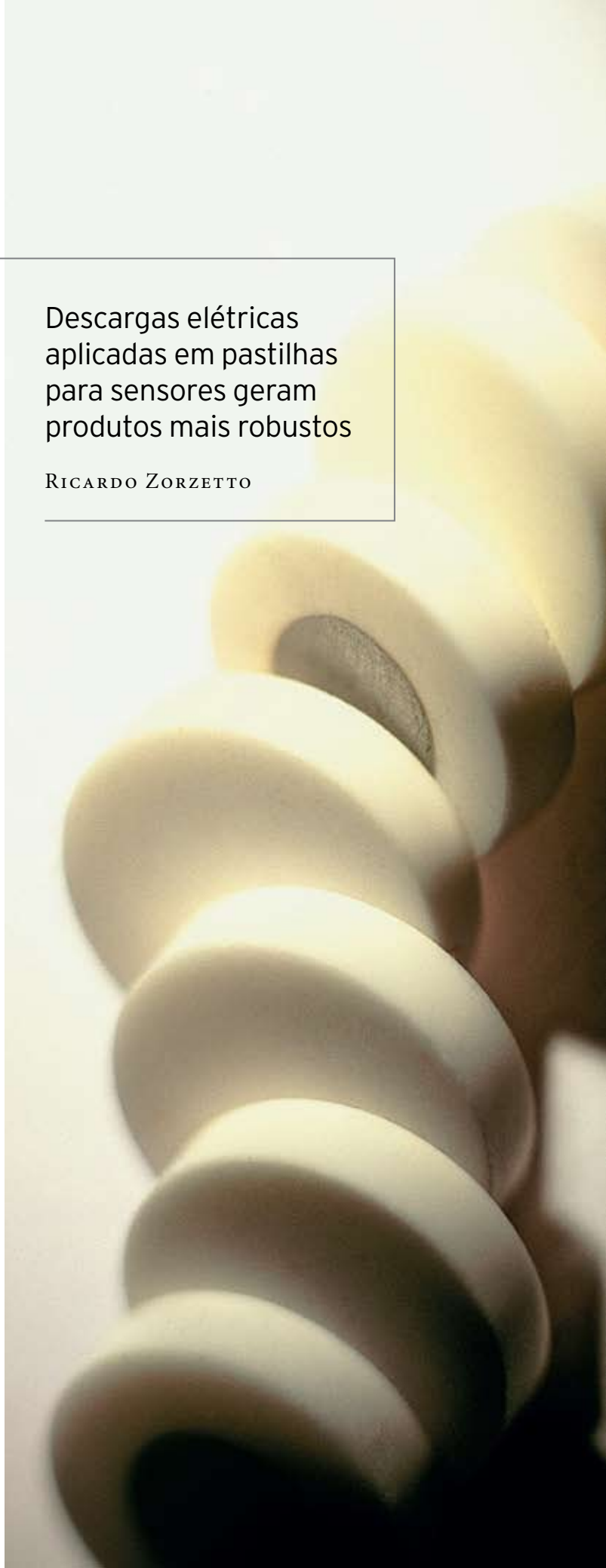
# Cerâmica mais densa

Descargas elétricas aplicadas em pastilhas para sensores geram produtos mais robustos

RICARDO ZORZETTO

**D**ois pesquisadores brasileiros e um francês desenvolveram uma forma eficiente e barata de produzir sensores de alta qualidade com a aplicação de descargas elétricas no material cerâmico usado nesses produtos. A nova técnica permite o adensamento dos grãos cerâmicos das peças fabricadas na forma de pastilhas utilizadas em sensores para medir gases nos escapamentos de automóveis e na produção do aço nas siderúrgicas. Também entram na fabricação de sensores de temperatura, como os embutidos nos telefones celulares para detectar o aquecimento anormal do aparelho, e em alguns tipos de célula a combustível, equipamento que produz energia elétrica a partir de hidrogênio. A indústria confecciona essas peças hoje usando um equipamento importado que custa por volta de US\$ 250 mil e submete um pó composto por uma mistura de óxidos – em geral, de zircônio e de ítrio – a pressões mil vezes maiores que a atmosférica e temperaturas de quase 1.500 graus Celsius por algumas horas. O resultado são pastilhas rígidas, bastante resistentes ao desgaste e à corrosão e capazes de suportar temperaturas elevadas. Em parceria com o pesquisador francês Michel Kleitz, os físicos Eliana e Reginaldo Muccillo conseguiram, ainda de modo experimental, criar outra forma de obter o mesmo tipo de produto. Mas consumindo muito menos dinheiro e energia.

No final de 2010, durante uma temporada de dois meses no laboratório chefiado pelo casal Muccillo no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), Kleitz viu a oportunidade de testar uma ideia que começara a se formar dois anos antes. Em vez de contar com alta pressão e temperaturas elevadas para produzir peças cerâmicas de grãos finos e maior densidade – e, conseqüentemente, de melhor qualidade, já que as propriedades da cerâmica são determinadas pelo grau de compactação dos grãos –, o eletroquímico francês, pesquisador aposentado do Instituto Nacional Politécnico de Grenoble (INPG), imaginou ser possível forçar a aproximação dos grãos de outra maneira. Ele lembrou de técnicas de sol-





No Ipen, pastilhas de cerâmica utilizadas em sensores

MIGUEL BOYAYAN

dagem e de estudos teóricos de outros grupos sugerindo que descargas elétricas poderiam contribuir para adensar os grãos cerâmicos com dimensões da ordem de nanômetros (milionésimos de milímetro).

**Montagem decisiva** - Mas no laboratório do Ipen faltava um equipamento: uma fonte de energia para controlar a passagem de corrente elétrica pela amostra de cerâmica. Esse tipo de aparelho até é produzido comercialmente. Mas o importado custa US\$ 18 mil e demoraria a chegar e o produzido no Brasil não ficaria pronto em menos de 90 dias. Reginaldo decidiu, então, pedir ajuda a outro físico, Yamato Miyao, professor aposentado do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP). Miyao desenhou os circuitos da fonte e uma semana depois apareceu no laboratório do Ipen com o equipamento pronto. Parecido com um gabinete de computador, o aparelho permitiu realizar os testes iniciais, mas era preciso aperfeiçoá-lo. Duas semanas mais tarde, depois de gastar quase R\$ 1 mil em peças na rua Santa Ifigênia, paraíso dos componentes eletrônicos no centro de São Paulo, Miyao retornou com o aparelho de que precisavam.

Reginaldo, Kleitz e Eliana submetem 99 amostras de pastilhas cerâmicas fabricadas por eles no laboratório do Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais do Ipen a uma série de testes em que ora mantinham a temperatura

constante e variavam a intensidade da corrente elétrica, ora modificavam a temperatura conservando a corrente elétrica inalterada. Eles verificaram que ao expor o material por uns poucos segundos a uma corrente elevada e temperatura entre 970 e 1.150 graus Celsius foi possível produzir peças cerâmicas com grãos tão unidos quanto os obtidos pelo processo industrial tradicional, a sinterização rápida por plasma (*spark plasma sintering*).

Houve, porém, uma diferença importante. Com a nova estratégia, que denominaram soldagem rápida de grãos (*flash grain welding*), a compactação ou sinterização dos grãos ocorreu à pressão ambiente. A passagem de uma corrente elétrica alternada pela amostra provoca o aumento da temperatura no espaço entre os grãos e inicia uma agitação microscópica, fazendo os grãos se aproximarem. Essa técnica não necessita de equipamentos caros, afirmam os pesquisadores no artigo em que descrevem os resultados, aceito para publicação no *Journal of the European Ceramic Society* em apenas 22 dias. “Mostramos que no século XXI ainda é possível fazer ciência com bricolagem”, comenta Kleitz.

Os pesquisadores não sabem em quanto tempo o novo processo tornaria mais barato fabricar pastilhas de cerâmica de alta qualidade. A técnica precisa ser aperfeiçoada. Ao trocar os componentes da cerâmica, porém, as coisas não andaram tão bem. Em alguns casos, a temperatura no espaço entre os grãos se tornou tão elevada – atingiu mais de 2.000 graus – que os grãos se fundiram completamente, transformando a pastilha em vidro. “Há o dia da caça e o do caçador”, lamentou Kleitz. “Estamos tentando entender o que aconteceu. Atualmente fazemos um experimento por dia para tentar dominar a técnica com diferentes materiais”, conta Eliana. Eles estudam também a possibilidade de usar a técnica para produzir, em escala piloto, cerca de 200 pastilhas com as mesmas propriedades, o que demonstraria a viabilidade industrial. ■

Artigo científico

MUCCILLO, R. *et al.* Flash grain welding in yttria stabilized zirconia. **Journal of the European Ceramic Society**. v. 31, p. 1.517-21. jul. 2011.

## OS PROJETOS

- 1 - Estudo de fenômenos intergranulares em materiais cerâmicos - nº 2005/53241-9
- 2 - Michel Kleitz, Conseil National de la Recherche Scientifique - França - nº 2010/51293-0

### MODALIDADE

- 1 - Projeto Temático
- 2 - Auxílio a Pesquisador Visitante

### COORDENADORES

- 1 - Reginaldo Muccillo - Ipen
- 2 - Eliana dos Santos Muccillo - Ipen

### INVESTIMENTO

- 1 - R\$ 802.674,39 (FAPESP)
- 2 - R\$ 19.714,58 (FAPESP)