

# Fragilidade superada

Por meio da cristalização controlada, equipe de São Carlos elabora vitrocerâmicas para telescópios, computadores e ossos do ouvido

Yuri Vasconcelos

Um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) pesquisa e desenvolve há 35 anos novos materiais vítreos, entre eles as vitrocerâmicas, que podem ser usados para fabricação de produtos tão distintos quanto espelhos para telescópios gigantes, substratos para discos rígidos de laptops, ossos e dentes artificiais, pisos de luxo que imitam pedras raras, painéis transparentes resistentes ao choque térmico e placas de modernos fogões elétricos. O trabalho é liderado pelo engenheiro de materiais Edgar Dutra Zanotto, coordenador do Laboratório de Materiais Vítreos (LaMaV) do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa).

Um dos produtos criados pela equipe, uma bio-vitrocéramica para fabricação de pequenos ossos humanos, como o martelo, o estribo e a bigorna, que formam o ouvido, já está sendo

avaliado em testes clínicos em seres humanos. Este trabalho foi feito em conjunto com a Universidade da Flórida. No final dos anos 1990, uma patente foi licenciada à empresa American Biomaterials, dos Estados Unidos. “No processo de patenteamento, por ingenuidade nossa, fomos identificados apenas como os inventores do produto e não como os titulares – aqueles que são os detentores dos direitos sobre a patente”, lamenta Zanotto. “Tivemos um papel fundamental na inovação, mas nunca recebemos um tostão de *royalties*. Aprendemos uma valiosa lição e já tomamos as devidas providências para evitar repetir tal erro”, lamenta.

Outro material biocompatível criado no LaMaV foi o biosilicato, uma vitrocerâmica bioativa formada por silício, sódio, potássio, cálcio e fósforo. Concebida na forma de pó, ela se destina a tratamentos dentários. Quando se liga ao esmalte dentário, cura a hipersensibilidade da dentina.





Vitrais espessos das catedrais mostraram que o vidro não pode fluir na temperatura ambiente

O produto já é vendido em pequenas quantidades para testes experimentais por grupos de pesquisa e aguarda o sinal verde da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para ser comercializado em larga escala. A patente depositada em 2003 foi recentemente aprovada pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Os estudos para o desenvolvimento do Biosilicato receberam financiamento dos programas Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) e Apoio à Propriedade Intelectual, ambos da FAPESP.

Os pesquisadores da UFSCar também já fizeram vitrocerâmicas tipo *scaffolds* – um material bioativo, com aparência de esponja, que pode ser usado como suporte para o crescimento de células ósseas – e um novo material para produção de placas de fogão elétricos que substituem os tradicionais queimadores a gás. Duas patentes relacionadas a esses desenvolvimentos foram depositadas pela UFSCar, respectivamente, em

2010 e 2011. Segundo Zanotto, duas empresas já demonstraram interesse na fabricação das placas de fogões.

#### PARCERIA COM A INDÚSTRIA

O laboratório mantém estreita cooperação com uma rede de colaboradores no exterior e com o setor privado, visando à realização de estudos em pesquisa básica e aplicada e à criação de novos materiais vítreos. Nas últimas três décadas e meia, algumas dezenas de projetos já foram realizadas em conjunto com mais de 40 empresas, entre elas a fabricante italiana de pneus Pirelli, a multinacional americana de alumínio Alcoa, a fabricante brasileira de vidros Nadir Figueiredo, a multinacional francesa Saint-Gobain, também da área de vidros, a Companhia Baiana de Pesquisas Minerais (CBPM), a empresa americana OptiGrate, que atua no setor de fotônica, e a siderúrgica brasileira Usiminas. Com esta última, a equipe



O mistério da santa, agora resolvido: forma humana em uma vidraça em Ferraz de Vasconcelos (SP)

## Um novo material, o biosilicato, já é produzido em pequenas quantidades para testes

desenvolveu uma vitrocerâmica para ser empregada como piso, revestimento de parede ou na decoração de ambientes, produzida a partir de escórias de aciaria, um subproduto da indústria metalúrgica com alto teor de sílica e óxidos metálicos.

O trabalho, iniciado por volta do ano 2000, foi realizado em parceria com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas, localizado em Ipatinga, Minas Gerais. Naquela época, a siderúrgica gerava cerca de 125 mil toneladas de escórias de alto-forno e aciaria por mês, um resíduo que causava enorme preocupação ambiental. “A produção de vitrocerâmicas de escórias siderúrgicas tem o potencial de livrar o ambiente de parte desses subprodutos, bem como permitir a substituição de rochas naturais e outras matérias-primas”, afirma Zanotto. Graças à recente concessão da

patente pelo INPI e aos bons resultados do projeto, a Usiminas planeja construir uma planta-piloto para fabricação da vitrocerâmica. Estudos técnicos e de viabilidade econômica estão sendo realizados com essa finalidade.

### DESCOBERTA ACIDENTAL

As vitrocerâmicas são um sofisticado material policristalino que se origina do vidro – e que sempre contém uma fase vítrea, com teor variável entre 99% e 1%. Descobertos acidentalmente na empresa norte-americana Corning Glass e sintetizados pela primeira vez em 1953, os materiais vitrocerâmicos são produzidos a partir da cristalização controlada de materiais vítreos, fenômeno que acontece quando o vidro, contendo um agente nucleante dissolvido, como o óxido de titânio, óxido de zircônio, óxido de fósforo ou prata, é submetido a altas temperaturas, entre 500 e 1.000 graus Celsius. Como resultado desse processo, ele se cristaliza parcialmente e se transforma em um novo material, dotado de características diferenciadas.

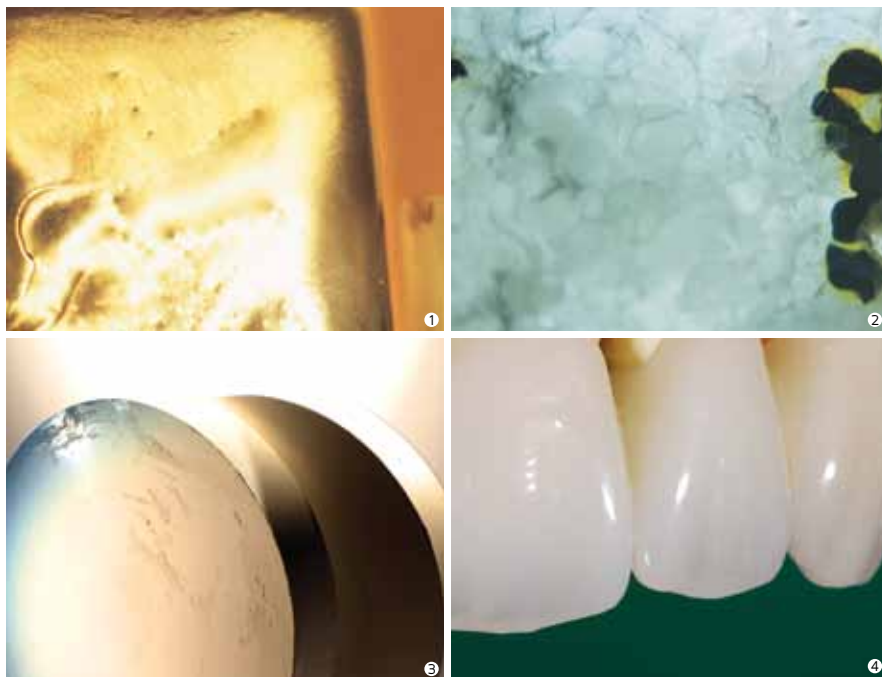
“As vitrocerâmicas são materiais lisos e muito mais resistentes do que o vidro. Além disso, podem ser dotadas

de baixa ou alta condutividade elétrica, coeficiente de dilatação térmica próxima de zero – até igual ao de metais –, alta durabilidade química e porosidade nula”, explica Zanotto. Segundo o pesquisador, graças a essas propriedades, as vitrocerâmicas funcionam, por exemplo, como isolantes elétricos, característica necessária aos substratos de discos rígidos de computadores, e podem ser usadas em situações em que a dilatação do material é indesejada por causar prejuízos ao bom funcionamento do equipamento, como no caso dos telescópios ou placas de fogões. O primeiro artigo científico sobre vitrocerâmicas foi publicado em 1957. Até esta data, a base Scopus já contabiliza cerca de 10.900 artigos científicos e tecnológicos e a Free Patents on Line contabiliza mais de 5 mil patentes publicados sobre o tema.

### VITRAIS DA NOTRE-DAME

Além do desenvolvimento de novas vitrocerâmicas, o LaMaV é responsável por contribuições relevantes nos campos da pesquisa básica, em especial nos estudos relacionados à nucleação e crescimento de cristais em vidros e às propriedades físico-químicas de vidros. “Nossas pesquisas deram significativa contribuição para o entendimento dos processos que controlam a nucleação e o crescimento de cristais em inúmeros vidros. No campo científico, descrevemos processos cinéticos e testamos, aprimoramos e desenvolvemos diversos modelos teóricos”, afirma Zanotto. Um exemplo das contribuições nessa área foram dois artigos publicados por Zanotto, em 1998 e 1999, no *American Journal of Physics*, o primeiro deles comentado na *Science*, desmontando o mito de que as igrejas medievais como a Notre-Dame, de Paris, por terem vitrais mais espessos na base do que no topo, constituem a prova de que o vidro pode fluir na temperatura ambiente. Que o vidro é um líquido viscoso, o pesquisador não discute, mas demonstrou que para escoar a ponto de atingir a espessura observada nos templos o material levaria milhões e milhões de anos. A partir da análise da composição de 350 vitrais medievais, ele concluiu que as diferenças de espessura em questão, na verdade, decorrem apenas de defeitos de fabricação do vidro.

O trabalho desenvolvido por Zanotto e seu grupo – integrado também pelos



Quatro faces dos novos materiais: 1. vitrocerâmica de escória de aciaria faz lixo ter uso nobre; 2. imitação de mármore raros cria pisos e revestimentos de luxo; 3. cerâmica bioativa revoluciona sistemas de implantes cirúrgicos; 4. dentes artificiais dão novo alento à estética bucal

## Possibilidade que começa a ganhar forma: vitrocerâmicas feitas de escórias siderúrgicas

professores Ana Cândida Rodrigues e Oscar Peitl – teve início em 1977, com a dissertação de mestrado do pesquisador no IFSC-USP e prosseguiu com seus estudos de doutorado, realizados na Universidade de Sheffield, no Reino Unido. Trinta e cinco anos depois, o laboratório, dotado de uma área de 800 metros quadrados e equipado com modernos equipamentos, contabiliza a publicação de 200 artigos científicos em revistas especializadas, o depósito de 12 patentes e a formação de 60 mestres e doutores – outros 15 estão em processo. Ao longo dos anos, suas pesquisas tiveram o apoio de várias agências de fomento, como FAPESP, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Zanotto coordenou

dois projetos temáticos: “Problemas correntes sobre cristalização de vidros”, já encerrado, e “Processos cinéticos em vidros e vitrocerâmicas”, em andamento.

### CRISTAIS EM VIDRO

O LaMaV atua numa rede composta por 30 instituições, sendo 20 internacionais, e encontra-se no mesmo nível dos laboratórios mantidos pelas universidades de Nagaoka, no Japão, de Missouri, nos Estados Unidos, de Jena, na Alemanha, e dos institutos privados de pesquisa da Nippon Electric Glass, também no Japão, Corning Glass, nos Estados Unidos, e Schott Glass, na Alemanha. A rede de colaboradores no exterior reúne cientistas da França, Espanha, Portugal, Alemanha, Bulgária, República Tcheca, Reino Unido, Estados Unidos, Rússia, Colômbia e Argentina, entre outros países. No início do ano, para comemorar os 35 anos de atividade do laboratório, Zanotto publicou o livro *Cristais em vidro – Ciência e arte*, em que apresenta uma coleção de fotomicrografias científicas e artísticas de materiais vítreos geradas ao longo desse período – no total, o acervo possui mais de 40 mil imagens. ■

## OS PROJETOS

1. Problemas correntes sobre cristalização de vidros – nº 1999/00871-2 (1999-2004)
2. Processos cinéticos em vidros e vitrocerâmicas – nº 2007/08179-9 (2008-2012)

### MODALIDADE

1. e 2. Projeto Temático

### COORDENADOR

1. e 2. Edgar Dutra Zanotto, UFSCar

### INVESTIMENTO

1. R\$ 935.421,42
2. R\$ 1.772.804,02

## ARTIGOS CIENTÍFICOS

1. PEITL, O. *et al.* Compositional and microstructural design of highly bioactive P2O5-Na2O-CaO-SiO2 glass-ceramics. *Acta Biomaterialia*. v. 8, n. 1, p. 321-32, 2012.
2. NASCIMENTO, M. L. F. *et al.* Dynamic processes in a silicate liquid from above melting to below the glass transition. *Journal of Chemical Physics*. v. 135, p. 1-18, 2011.
3. ZANOTTO, E. D. A bright future for glass-ceramics. *American Ceramic Society Bulletin*. v. 89, n. 8, p. 19-27, 2010.

## DE NOSSO ARQUIVO

*A beleza das vitrocerâmicas*  
Edição nº 191 – janeiro de 2012

*Babel de vidro*  
Edição nº 178 – dezembro de 2010

*Mistério desvendado*  
Edição nº 79 – setembro de 2002

*A santa das vidraças –  
Mais um mito do vidro*  
Edição nº 79 – setembro de 2002

*Muito além do vidro*  
Edição nº 76 – junho de 2002

*Falta integração com a  
indústria vidreira*  
Edição nº 76 – junho de 2002

*Programas de bom tamanho*  
Edição nº 73 – março de 2002

*A defasagem entre a ciência e  
a tecnologia nacionais*  
Edição nº 43 – junho de 1999