

Produto resistente e brilhante

Empresa de São José dos Campos é a primeira a fabricar diamante

A produção de diamantes artificiais já é uma realidade no Brasil. A empresa Clorovale, de São José dos Campos, está em vias de iniciar a industrialização de brocas odontológicas feitas com esse nobre material. Comparada com as convencionais, de metal ou de diamante importado, a superfície da ponta dos instrumentos desenvolvidos aqui é mais regular, não contém resíduos metálicos e sofre menos desgaste. Com isso, a Clorovale será a primeira empresa na América Latina a produzir diamantes sintéticos, puros sem adição de metais. Esse produto está ganhando espaço, no exterior, entre os equipamentos de precisão de uso industrial, nas ferramentas para usinagem de metais, na configuração de dissipadores de calor de alto desempenho utilizados na base de *chips* de computadores, em implantes biológicos e em naves espaciais (veja na página 35).

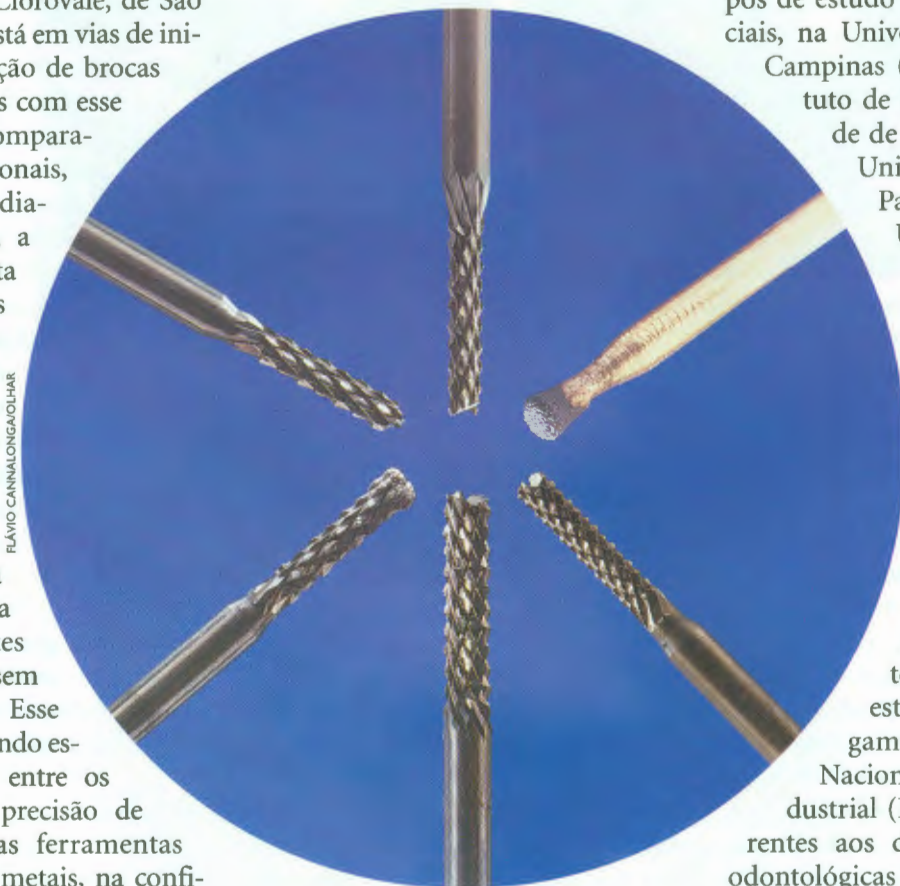
A Clorovale atingiu um processo de produção sofisticado e inovador, depois que passou a se dedicar mais decididamente a esse material a partir de 1998, quando foi aprovado pela FAPESP o projeto *Desenvolvimento de Dispositivos em Diamante-CVD para Aplicações de Curto Prazo*,

coordenado pela pesquisadora da empresa, Kiyoe Umeda. O financiamento total de R\$ 135,3 mil e US\$ 76,4 mil faz parte do Programa Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE), que financia projetos a fundo perdido para empresas com proposta de desenvolvimento tecnológico e menos de cem funcionários.

pioneiros do estudo de diamantes artificiais no Brasil. Ele e sua equipe estudam esse novo material desde 1991, no Inpe, e, desde 1996, na Universidade São Francisco (USF), de Itatiba, com o grupo do professor João Roberto Moro, também sócio na Clorovale. Além do Inpe e da USF, no Brasil existem outros grupos de estudo em diamantes artificiais, na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (Ifusp), na Universidade Estadual Paulista (Unesp) e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Cinco patentes -

Os pesquisadores do Inpe e um pesquisador da Unicamp, o professor Vítor Baranauskas, já fizeram a solicitação de cinco patentes de produtos e processos que estão em trâmite de julgamento no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Duas são referentes aos dois tipos de brocas odontológicas que serão industrializadas, uma para motores rotativos e outra para aparelho de ultra-som, esta última com a vantagem de evitar a anestesia em 80% dos casos de utilização. Outras duas patentes referem-se a produtos que estão em fase de desenvolvimento final nas universidades. São serras diamantadas para corte de precisão em vidro e em pedras e a produção de peças de diamante com orifícios, iguais a feiras, destinados à produção de fios condutores e arames.



Série de brocas odontológicas que serão produzidas pela Clorovale

A produção de diamantes sintéticos na Clorovale foi possível com a associação de três pesquisadores, além de Umeda, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Evaldo José Corat, Edson Del Bosco e Vladimir Jesus Trava-Airoldi, com o empresário e também pesquisador Luiz Gilberto Barreta, fundador da empresa. Trava-Airoldi é um dos

A quinta patente refere-se a uma inovação que os pesquisadores incorporaram à tecnologia chamada CVD (*Chemical Vapor Deposition* – ou deposição química na fase vapor). Eles introduziram gases halógenos (tetrafluoreto de carbono (CF_4), por exemplo), como matéria-prima, junto com hidrogênio e metano na fabricação de diamantes sintéticos. Com isso, o resultado é um produto com maior grau de pureza que a tecnologia empregada na confecção dos primeiros diamantes artificiais. Atualmente, a técnica utilizada para a produção desse ma-

cos, como sinalizadores luminosos chamados de *leds*, normalmente vermelhos, verdes ou amarelos, que com o diamante CVD poderão ter a cor azul.

Produzir diamantes para a Clorovale é, além das boas perspectivas comerciais, a oportunidade de utilizar o gás hidrogênio, um subproduto da fabricação do hipoclorito de sódio – matéria-prima do processo de produção da água sanitária, produzida pela empresa desde a sua fundação em 1991. Com o novo projeto, o hidrogênio deixa de ser, simplesmente, jogado no ar para

a 2.300°C. Nessa temperatura, o hidrogênio e o metano se decompõem em radicais (CH_3 e H) e vão reagir e se fixar à superfície de um substrato, que pode ser silício, molibdênio, nióbio ou quartzo.

Nessa superfície começa a se formar uma cadeia carbônica policristalina, cuja célula unitária é um cubo. A união dessas células cúbicas forma uma película ou filme de diamante sobre o substrato, podendo atingir espessuras desde frações de micron até vários milímetros. O crescimento homogêneo da película é garantido no controle preciso dos

parâmetros de temperatura, distância do filamento ao substrato, composição e fluxo dos gases, pressão interna no reator, etc. Para produzir tubos, por exemplo, o processo é conduzido de modo que a película cresça o mais lisa possível. Na produção de brocas, as células cúbicas do diamante crescem de forma abrasiva, com rugosidades.

Mesmo com o domínio dos processos de fabricação de diamantes, foi difícil para os pesquisadores do Inpe encontrar empresas interessadas na transferência da tec-

nologia desenvolvida pela equipe. Foi aí que os próprios pesquisadores resolveram empreender a fase industrial e fizeram uma providencial união com o empresário Barreta, que os convidou para serem sócios na empresa. “Então, unimos o útil ao agradável”, conta Trava-Airoldi. Em 1995, a Clorovale começou um trabalho modesto de pesquisa em diamante-CVD. “Dois anos depois, enviamos o projeto à FAPESP, que aprovou a primeira fase em 1998 e a segunda em 1999. Isso nos deu força para intensificarmos o trabalho e hoje já temos o primeiro produto em



FLÁVIO CANALONGA

Umeda e Trava-Airoldi: experiência no Inpe foi decisiva para a produção de diamantes industriais

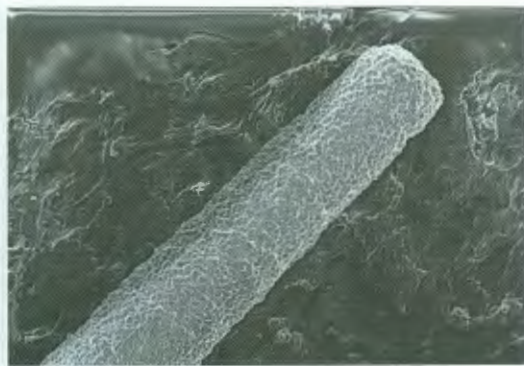
material ainda é pré-CVD. Ela se vale da adição de vários tipos de metal para dar liga a um pó de diamante industrializado.

Cortes e cores - A tecnologia CVD também será incorporada, em futuro próximo, à fabricação de agulhas hipodérmicas, facas para cortes de precisão de plásticos mineralizados, serras para corte de vidro e pedras, como granito e mármore, e tubos para corte por jato d'água em altíssima pressão, o chamado “corte limpo”. O uso também será estendido a alguns componentes eletroeletrôni-

co, tornar-se um componente essencial à produção de diamante artificial – feito, no caso, pela mistura de hidrogênio e metano –, transformando-o num produto disponível para o mercado a custos mais baixos.

O processo - No início da produção de diamante pelo método CVD, o hidrogênio é misturado ao metano e, eventualmente, a um tipo de gás halógeno, dentro de uma câmara de mistura. Depois, a composição gasosa é introduzida em um reator, onde é submetida a um conjunto de filamentos de tungstênio aquecidos

vias de industrialização, que é a broca de dentista”, afirma. Na fase atual, a empresa conta com dois reatores, que serviram para testar a viabilidade técnica do projeto, e está montando mais quatro, com tecnologia também desenvolvida no Inpe e na USF.



Ponta de broca convencional com impurezas... ...e sem resíduos, produzida no sistema CVD

Exportação - Um fator que tem animado os sócios da Clorovale foi a boa receptividade que os dois tipos de brocas odontológicas tiveram em janeiro deste ano, quando foram apresentadas no XIX Congresso Internacional de Odontologia, reunido em São Paulo. Uma empresa de Ribeirão Preto, a Adiel Comercial, pesquisou o mercado para a Clorovale e várias indústrias mostraram-se interessadas, entre elas uma japonesa do setor odontológico, que poderá importar as brocas odontológicas brasileiras.

As perspectivas industriais e comerciais para o diamante CVD ainda devem apresentar um crescimen-

to vertiginoso nos próximos anos até, quem sabe, se tornar um verdadeiro “pau para toda obra” no século XXI. A demanda pelo diamante CVD ainda não atingiu toda a pleni-

tude criativa que esse produto feito basicamente de hidrogênio e metano pode receber. Portanto, tudo indica que no futuro próximo haverá espaço para novas indústrias se formarem no país, como a Clorovale.

Com tantos institutos de pesquisa envolvidos no estudo desse material no Brasil, existe a chance, também, do aparecimento de novas parcerias entre pesquisadores e empresas ou entre empresas e instituições acadêmicas. Assim, certamente, as perspectivas são de um futuro brilhante. •

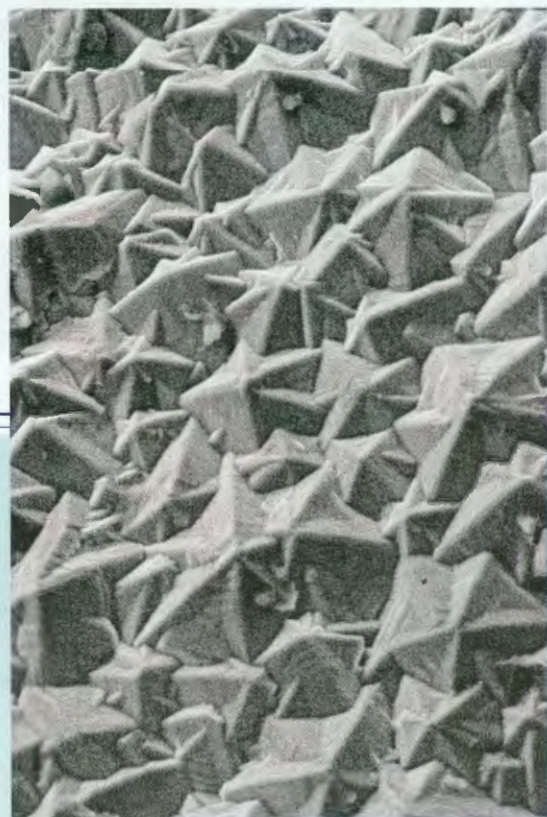


Imagem microscópica do diamante CVD

Dureza do carbono

Diamante é um material constituído unicamente de átomos de carbono. É o material mais duro que existe na natureza e também o mais duro que se pode produzir em laboratório. Outra de suas propriedades notáveis é ostentar grande nível de transparência dentro do espectro de radiação eletromagnética – um intervalo que vai da faixa do raio X até a do infravermelho. Seu coeficiente de atrito é extremamente baixo – equivalente ao do teflon utilizado em frigideiras –, o que o torna um material autolubrificante. Sua capacidade de dissipar calor é muito alta, quatro vezes maior que a do cobre. É

um material compatível com tecidos biológicos e quimicamente inerte, possibilitando boa integração com material ósseo e implantes. Por tudo isso, o diamante tem numerosas aplicações. Embora seja eletricamente isolante, pode ser “dopado” por meio da introdução em sua estrutura de pequena quantidade

de átomos de boro, transformando-o em um semicondutor, o que permite seu uso no segmento eletroeletrônico.

O diamante CVD tem propriedades equivalentes às do diamante natural, com a vantagem de ser obtido na forma de filmes finos em superfícies pequenas (menores que 1mm²) e grandes (maiores que 100 cm²) em diferentes formatos para vários usos. A única dificuldade é transportá-lo para jóias, porque seus cristais não crescem como na natureza, em uma só direção. No CVD, eles crescem formando pequenos grãos, impedindo a mesma beleza expressa no diamante natural.

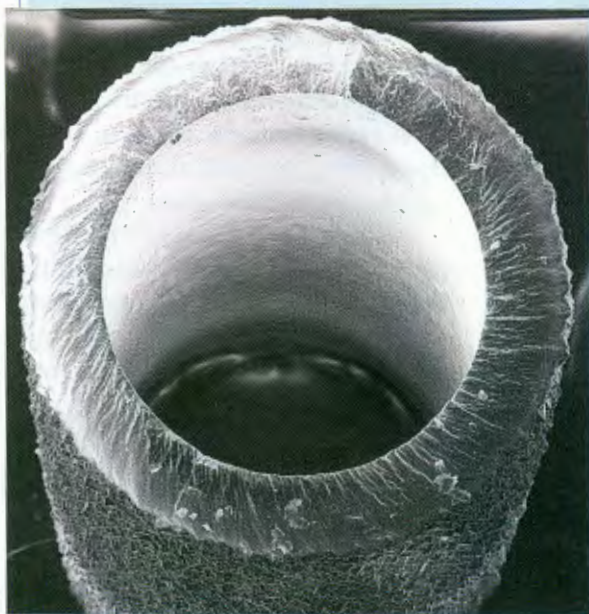
No rumo de Marte

A Agência Espacial Americana, a *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa), está testando em seus laboratórios alguns protótipos de tubos de diamante dotados de uma espécie de broca para perfurar e retirar material para análise do solo do planeta Marte. Pesquisadores da Nasa leram estudos do professor Vladimir Trava-Airoldi em revistas especializadas e fizeram um contato, ainda de modo informal, solicitando amostras do material. Trava-Airoldi, então, co-

meçou a fazer os tubos no Inpe, em conjunto com a equipe do professor João Roberto Moro, da Universidade São Francisco.

O interesse da Nasa é pela capacidade do tubo em ser transparente ao raio X. Com isso, além de coletar o material, a análise pode ser realizada na própria nave pousada em solo marciano. Os tubos são minúsculos. Medem 0,4 milímetro de diâmetro interno e 0,6 milímetro de diâmetro externo e de 2 a 10 milímetros de comprimento.

“Esse é um estudo a longo prazo, sem previsão de conclusão”, informa o professor Airoldi. Se forem levados a Marte, esses tubos de diamante certamente se transformarão em um novo marco na ciência brasileira.



Tubo de diamante de 0,5 milímetro de diâmetro enviado à Nasa

TECNOLOGIA

APICULTURA

Apicultores ganham com qualidade

Pesquisador desenvolve nova técnica para análise de própolis

Uma nova técnica de controle da qualidade de amostras e de extratos de própolis está disponível para os apicultores brasileiros. A pesquisa *Proposta de Parâmetros e Métodos de Controle Químico de Própolis* resultou em protocolos de análise desse produto sintetizado pelas abelhas. Ela foi coordenada pelo professor Antônio Salatino, do Laboratório de Fitoquímica do Instituto de Biociências da USP. Ele orientou o mestrado de Ricardo Woisky, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP e bolsista da FAPESP.



Produto da abelha

Publicado no americano *Journal of Apiculture Research*, o trabalho é importante, porque o Brasil é um dos grandes exportadores para países como Japão e Alemanha. “Corremos o risco de perder mercado se não houver uma padronização das características da própolis”, afirma Salatino.

Depois de divulgar mais amplamente o trabalho no ano passado, Salatino recebeu correspondências de apicultores, mas nenhum interessou-se em implementar o novo método. “Eles pedem que a própria USP faça os testes. Mas eu acredito que essa não é função da universidade. Nós devemos dar consultoria para os apicultores desenvolverem a infra-estrutura e aplicarem esse método.”

PERFIS:

- VLADIMIR JESUS TRAVA AIROLDI, 45 anos, formou-se em Física pela USP, fez mestrado e doutorado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e pós-doutorado nos Estados Unidos, no California Institute of Technology (Caltech) e na NASA.
- KIYOE UMEDA, 61 anos, formou-se em Engenharia Química pela Escola de Engenharia Mauá. Fez mestrado na Escola Politécnica e doutorado no Instituto de Química, ambos da USP. Fez pós-doutorado

no Centro de Pesquisa Nuclear de Karlsruhe, Alemanha.

- LUIZ GILBERTO BARRETA, 47 anos, formado em Química pela Unicamp. Fez mestrado em Engenharia Nuclear na Coordenação dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutorado em Química na USP.

Projeto: *Desenvolvimento de Dispositivos em Diamante-CVD para Aplicações de Curto Prazo*

Investimento: R\$ 135.333,50 e US\$ 76.485,00