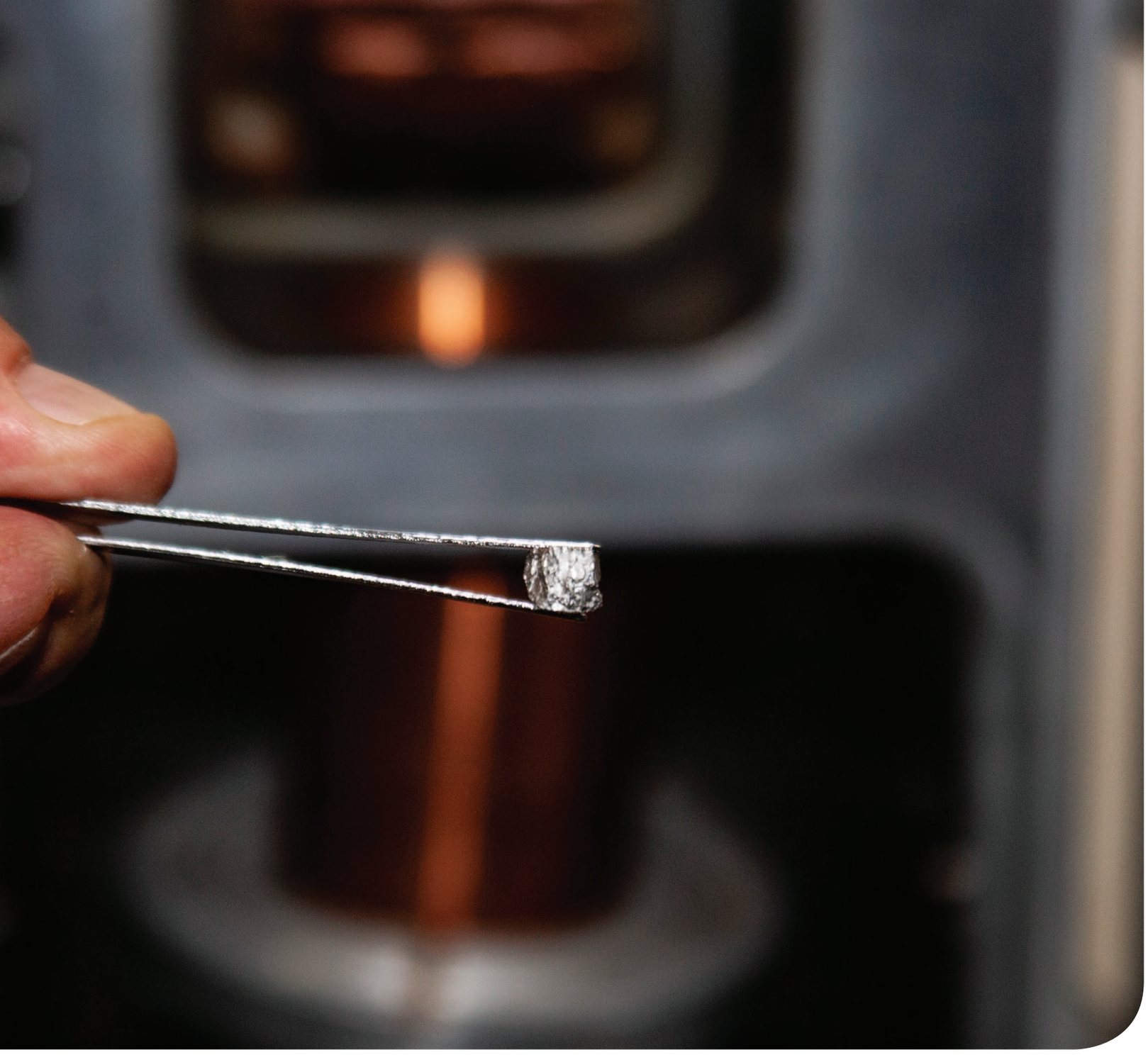


O material foi chamado de Diamante Metálico e pode conter até nove elementos diferentes em sua formulação
The material was called Metallic Diamond, and can contain up to nine different elements in its formulation

O texto a seguir é uma publicação da revista bilíngue Uniso Ciência, da Universidade de Sorocaba, para fins de divulgação científica.

The following story is part of the bilingual magazine Science @ Uniso, published by the University of Sorocaba, for the purpose of scientific outreach.

Acesse aqui a edição completa/
Follow the link to access the full magazine:

NASA iTech
2019 CYCLE II
TOP 25 SEMIFINALIST

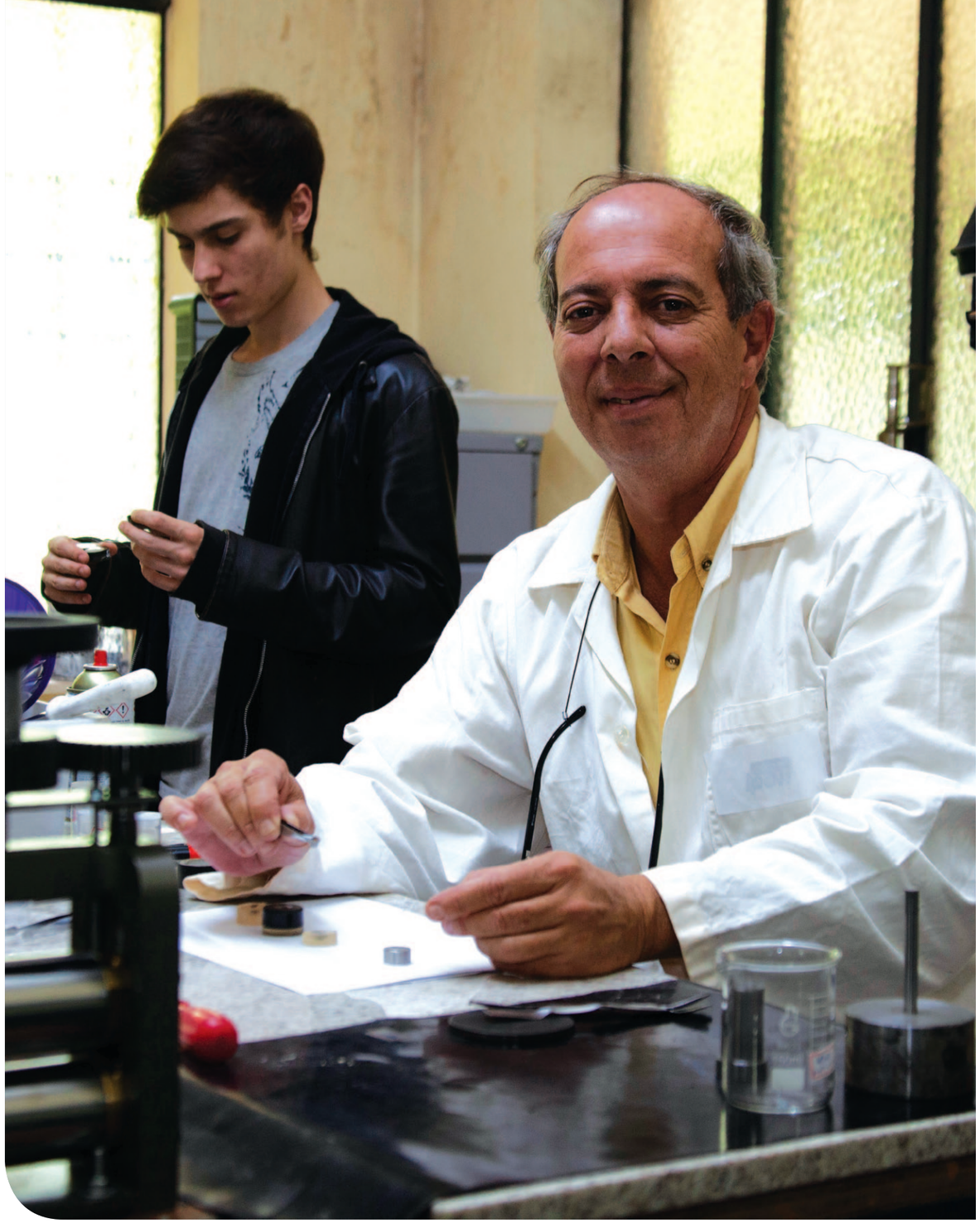
Pesquisador da Uniso desenvolve

LIGA METÁLICA MAIS DURA DO MUNDO

Researcher at Uniso develops

THE WORLD'S HARDEST ALLOY

Por/By: Guilherme Profeta
Foto/Photo: Paulo Ribeiro



O professor doutor Thomaz Restivo (à frente), acompanhado por seu filho Gustavo Restivo
Professor Thomaz Restivo (front), accompanied by his son Gustavo Restivo

"Quando eu era criança, eu sempre gostei de brincar com Lego. Então, quando eu aprendi o que era a tabela periódica, eu quis fazer com os elementos a mesma coisa que eu fazia com os tijolos de Lego: combinar a maior quantidade possível deles para criar uma coisa única. Como eu sempre tive esse negócio de discutir ideias com o meu pai, eu perguntei a ele o que aconteceria se nós pudéssemos combinar todos os elementos da tabela periódica num material só." Quando Gustavo Restivo, atualmente com 20 anos, fez essa pergunta ao pai, alguns anos antes de ser admitido no curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Sorocaba (Uniso), ele jamais poderia imaginar que estaria contribuindo para a criação e o desenvolvimento da liga metálica mais dura já conhecida pela humanidade.

"Eu me lembro de quando ele me fez essa pergunta...", relembra o pai de Gustavo, o professor doutor Thomaz Restivo, que é pesquisador da Uniso e docente no Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais, incluindo a linha de pesquisa "Processamento e caracterização de materiais e produtos". "Eu expliquei a ele que o material resultante dessa mistura ficaria muito duro. Mas aí eu pensei: 'na verdade, nós não precisamos misturar todos os elementos, nós só precisamos de nove'."

Esse não é um número arbitrário, como explica o pesquisador, pois são necessários nove átomos para compor as células cúbicas de corpo centrado, como são chamadas as estruturas atômicas que formam os metais mais duros.

VISUALIZANDO A ESTRUTURA ATÔMICA DO DIAMANTE METÁLICO

A partir daí, começou uma busca por quais seriam esses elementos — uma busca que começaria a revolucionar o cenário das ligas metálicas e renderia ao professor Restivo e à Uniso um lugar entre os semifinalistas da NASA iTech, uma competição internacional criada pela agência espacial dos EUA para identificar "tecnologias de ponta desenvolvidas fora da NASA, que resolvem problemas aqui na Terra, mas que também têm o potencial de dar conta dos desafios enfrentados na exploração da Lua e de Marte."

"When I was a child, I always enjoyed playing with Legos. So, when I learned what the periodic table was, I wanted to do with the elements the same thing I did with Lego bricks: to combine as many of them as possible to create a unique thing. I was used to always discuss ideas with my father, so I asked him what would happen if we could combine all the elements of the periodic table in one single material." When Gustavo Restivo, who is currently 20 years old, asked his father this question, a few years before enrolling at Uniso's Mechanical Engineering undergraduate program, he could never have imagined that he would be contributing to the creation and development of the hardest alloy ever known to mankind.

"I do remember when he asked me that question...", recalls Gustavo's father, professor Thomaz Restivo, who is a researcher at Uniso, and a professor at the university's graduate program in Technological and Environmental Processes, which includes a line of research titled "Processing and characterization of materials and products." "I explained to him that the material that would result from this mixture would be very hard. But then I thought: 'Actually, we don't need to mix all the elements, we only need nine.'"

As the researcher explains, this is not an arbitrary number, since it takes nine atoms to compose the body-centered cubic crystal structure, the name given to the atomic structures that form the hardest metals.

VISUALIZING THE ATOMIC STRUCTURE OF THE METALLIC DIAMOND

Since then, there was a search for those elements—a search that would begin to revolutionize the alloy scenario, and would grant professor Restivo and Uniso a place among the semifinalists of NASA iTech, an international competition created by the US space agency to identify "cutting-edge technologies being developed outside of NASA that solve problems here on Earth but also have the potential to address the challenges facing exploration of the Moon and Mars."

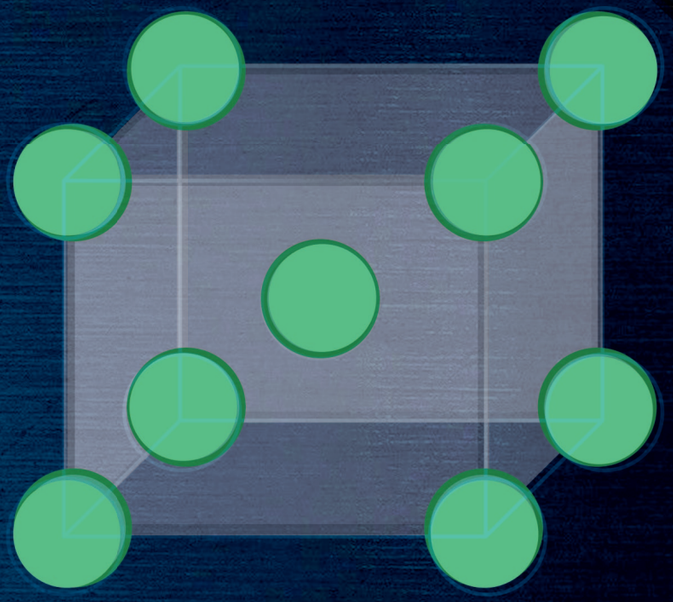
ESTRUTURA ATÔMICA DO DIAMANTE METÁLICO

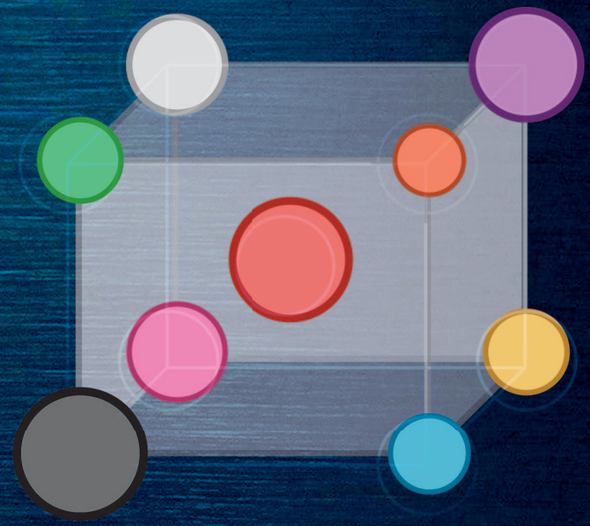
ATOMIC STRUCTURE OF THE METALLIC DIAMOND

1.

Essa configuração, chamada de célula cúbica de corpo centrado é caracterizada pelo agrupamento ordenado dos átomos nas três dimensões. Na primeira imagem, todas as nove posições possíveis são ocupadas por átomos de um mesmo elemento.

This configuration, called body-centered cubic crystal structure, is characterized by the grouping of atoms in three dimensions, in an orderly manner. In the first image, all nine possible slots are occupied by atoms of the same element.





2.

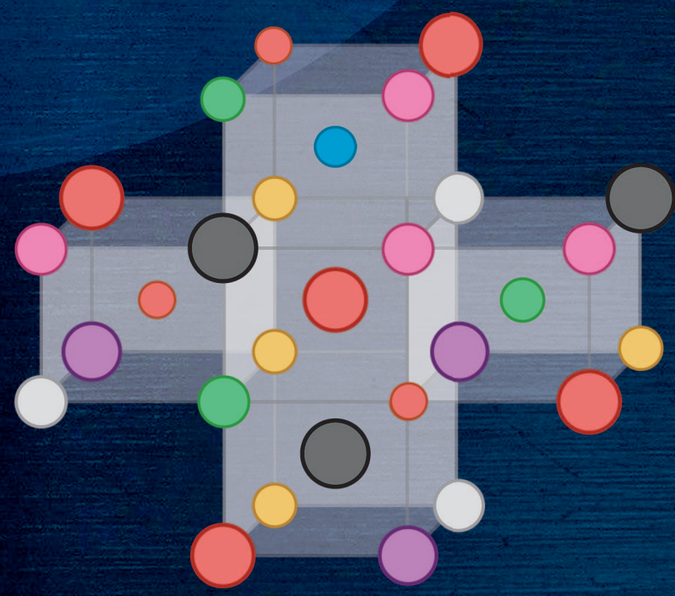
No caso do Diamante Metálico desenvolvido na Uniso, cada uma das nove posições é ocupada por um átomo diferente, totalizando nove elementos distintos.

In the case of the Metallic Diamond developed at Uniso, each one of the nine slots is occupied by a different atom. Therefore, there are up to nine different elements.

3.

A configuração da estrutura resultante torna esse material menos propício ao movimento de discordância, que são irregularidades estruturais. Por isso o Diamante Metálico é tão resistente.

The configuration of the resulting structure makes this material less susceptible to dislocation, which causes structural irregularities. That is why the Metallic Diamond is so resistant.



DIFERENCIAL E APLICAÇÕES

Ferro, cromo e nióbio foram alguns dos elementos utilizados no desenvolvimento da nova liga. A receita completa, incluindo o método de produção, ainda é um segredo, até que o processo de patente do Diamante Metálico — o nome dado ao produto — seja finalizado. "Há várias configurações diferentes para o Diamante Metálico", conta o pesquisador, "a mais promissora contém sete elementos. O processo de fabricação inclui uma técnica especial de homogeneização e pré-formação, que pode acontecer em fornos a arco, plasma ou indução".

O resultado é uma configuração atômica que torna o Diamante Metálico menos propício ao movimento de discordâncias, como são chamadas as irregularidades nas estruturas cristalinas que causam a deformação nos metais. É por isso que o Diamante Metálico é tão duro quando comparado a outros materiais, perdendo somente para o diamante e as cerâmicas covalentes (formadas por carbetos e nitretos).

Podendo chegar a 2.500 HV — a unidade de medida utilizada para mensurar a dureza dos materiais —, o Diamante Metálico é mais duro do que a safira (2.100 HV) e três vezes mais duro do que as ligas metálicas de alta entropia, que chegam a 800 HV e são o seu concorrente mais próximo.

"O Diamante Metálico é, dentre os materiais metálicos, o mais duro já desenvolvido, a ponto de competir com os materiais cerâmicos, mas ainda apresentando propriedades como tenacidade e ductilidade (capacidade de deformação), que são típicas dos metais. Esses resultados foram confirmados várias vezes e nos deixam muito confiantes", defende o pesquisador.

Além da dureza, o Diamante Metálico apresenta outras características que o tornam um candidato promissor para uma grande variedade de aplicações, tanto na terra e no mar quanto no espaço. Em primeiro lugar, está a resistência térmica — o material mantém essas propriedades a temperaturas de até 1.300ºC—; depois, a resistência à corrosão em meios salinos ou ácidos. "Tudo isso faz com que o Diamante Metálico tenha aplicabilidades na produção de brocas e outras ferramentas para perfuração em solos,

DIFFERENTIAL AND APPLICATIONS

Iron, chromium, and niobium were some of the elements used in the development of the new alloy. The complete recipe, including the production method, is still a secret, until the patent process for the Metallic Diamond—as the product was called—is finalized. "The Metallic Diamond has several different configurations," the researcher says, "the most promising one being the configuration that contains seven elements. The manufacturing process includes a special homogenization and pre-formation technique, which can happen in electric arc, plasma, or induction furnaces."

The result is an atomic configuration that makes the Metallic Diamond less susceptible to dislocation, the irregularities in crystalline structures that cause the deformation in metals. That is why the Metallic Diamond is so hard when compared to other materials, losing only to diamond and covalent ceramics (formed by carbides and nitrides).

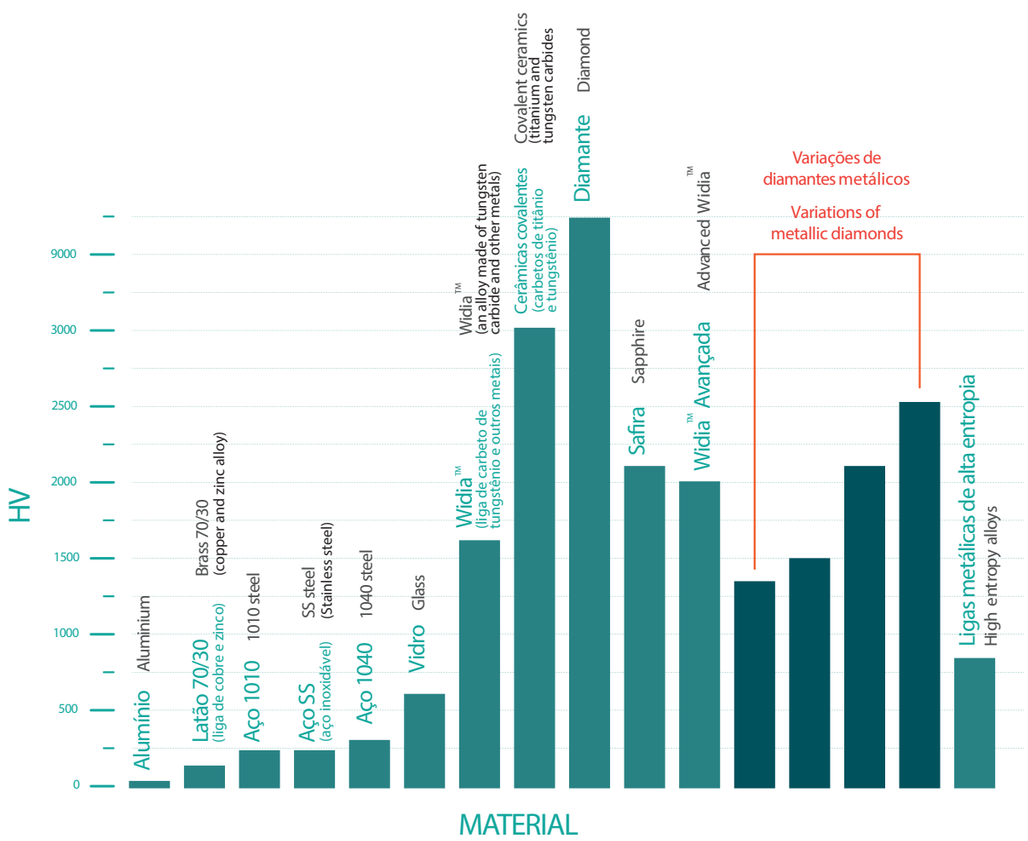
Reaching the mark of 2,500 HV—the measurement unit used to measure the hardness of materials—, the Metallic Diamond is harder than sapphire (2,100 HV), and three times harder than high entropy alloys, the competitor that comes closest, which reaches 800 HV.

"Among metallic materials, Metallic Diamond is the hardest one to ever be developed, to the point of competing with ceramic materials, but still presenting properties such as toughness and ductility (the capacity of deformation), which are typical of metals. These results have been confirmed several times and make us very confident", the researcher argues.

In addition to hardness, the Metallic Diamond has other characteristics that make it a promising candidate for a wide variety of applications, both on land and at sea, as well as in space. Firstly, there is the thermal resistance—the material maintains these properties at temperatures up to 1,300ºC (around 2300ºF)—; then, there is corrosion resistance in saline or acidic environments. "All these features make the Metallic Diamond fitting for the production of tools for drilling in soil, rock

Dureza do Diamante Metálico em comparação a outros materiais

Hardness of the Metallic Diamond in comparison to other materials



rochas ou gelo, mesmo em ambientes corrosivos; além de projéteis perfurantes. Também pode ser utilizado em turbinas e propulsores a jato, cânulas e cones de exaustores, ou em blindagens térmicas, até mesmo para a reentrada de veículos espaciais na atmosfera ou em reatores nucleares", destaca o pesquisador.

A IMPORTÂNCIA DE FAZER PERGUNTAS

Para o professor doutor Rogério Augusto Profeta, Reitor da Uniso, é importante continuar

or ice, even in corrosive environments; and also piercing projectiles. It can also be used in turbines and jet propellers, cannulas and cones of exhaust fans, or in thermal shields, even for the re-entry of space vehicles into the atmosphere, or in nuclear reactors", the researcher emphasizes.

THE IMPORTANCE OF ASKING QUESTIONS

According to professor Rogério Augusto Profeta, the rector of Uniso, it is important to continue to

Foto/Photo: Asscom/S

O professor doutor Rogério Profeta, Reitor da Uniso, em apresentação durante o *Innovation Year 2020*, o principal evento de inovação da Universidade

Professor Rogério Profeta, the rector of Uniso, during a presentation at *Uniso's Innovation Year 2020*, the university's main event when it comes to innovation

fomentando ambientes propícios à inovação, para que descobertas e invenções como o Diamante Metálico possam continuar surgindo naturalmente.

"É certo que ambientes propícios alavancam a criatividade", ele defende. "Neste trabalho, podemos observar claramente como o fato de estar num ambiente em que as perguntas eram encorajadas ensejou num jovem a curiosidade que levou à criação de algo novo. E quantas vezes o mesmo não aconteceu em outras descobertas revolucionárias? A penicilina, o filamento das lâmpadas incandescentes, o raio-X, a insulina... Essas coisas não surgiram por acidente, tampouco por acaso. É preciso investir em ambientes em que as perguntas possam fluir e, com determinação, se possa trabalhar nas melhores respostas."

foster innovation-friendly environments, so that discoveries and inventions such as the Metallic Diamond can keep popping up naturally.

"It is crystal clear that favorable environments promote creativity," he says. "By looking at this research, we can clearly observe how the fact of being in an environment where questions were encouraged provoked curiosity in a young person, which led to the creation of something new. And how many times has the same thing happened in other revolutionary discoveries? Penicillin, the filament of incandescent light bulbs, the X-ray, insulin... These things were not created by accident, nor by chance. One needs to invest in environments where questions can flow and, with determination, work on the best answers."

Coleirinho, fêmea *(Sporophila caerulescens)*

Foto/Photo: Paulo Ribeiro