



*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:*



**DIAMANTE METÁLICO,  
A LIGA METÁLICA MAIS  
DURA DO MUNDO,  
é viável como ferramenta de corte  
e 100% livre de cobalto**

**METALLIC DIAMOND,  
THE HARDEST ALLOY IN  
THE WORLD,  
works as a cutting tool, and is 100% cobalt free**

O pesquisador Wellington Aires Pinto, no laboratório de inovação da Uniso, também conhecido como STHEMDA  
Researcher Wellington Aires Pinto, at Uniso's innovation lab, aka STHEMDA

**Por/By: Guilherme Profeta  
Foto/Photo: Fernando Rezende**



Estima-se que o ser humano tenha começado a utilizar-se regularmente do ferro para a confecção de ferramentas a partir de 1.200 a.C., no Oriente Médio. Na Europa, especificamente, a Idade do Ferro levaria mais 500 anos para começar. Antes disso, as ferramentas eram feitas de outros materiais, muito menos resistentes (como pedra, ossos, argila e madeira) e, eventualmente, de metais mais moles, que não resultavam em ferramentas muito boas. A metalurgia do ferro — e, posteriormente, do aço (liga de ferro, carbono e outros elementos) — mudou essa situação, possibilitando a criação de ferramentas diversas, tanto para a paz (equipamentos para a agricultura e partes constituintes de veículos, por exemplo) quanto para a guerra (espadas, armaduras, armamentos diversos etc.). O ferro mudou o mundo, sem dúvidas. Na indústria contemporânea, contudo, o ferro está longe de ser o único metal utilizado para a confecção de ferramentas e outros equipamentos hiperespecializados: existem, por exemplo, as superligas de níquel e as ligas metálicas de alta entropia, como são chamados os materiais artificiais compostos por diferentes concentrações de metais, cujos átomos estão arranjados em padrões específicos para lhes conferir as propriedades desejadas, como altos níveis de dureza.

## Ferro, cromo e nióbio são alguns dos metais utilizados na produção do Diamante Metálico, liga desenvolvida na Uniso

O grande problema é que, quando você ganha em dureza, normalmente você perde em maleabilidade, o que significa que, no processo de usinagem desses materiais super duros, você necessariamente vai precisar de algo ainda mais duro. “A usinagem compreende um conjunto

It is estimated that humans began to use iron regularly for making tools from 1,200 B.C., in the Middle East. In Europe, specifically, the Iron Age would take another 500 years to begin. Before that, tools were made of other, much less resistant materials (such as stone, bone, clay, and wood), and eventually of softer metals, which did not make for very good tools. The metallurgy of iron—and, later, of steel (an alloy made of iron, carbon, and other elements)—changed this scenario, enabling the creation of different tools, both for peace (equipment for agriculture and constituent parts of vehicles, for example) and for war (swords, armor, various weapons, etc.). Iron changed the world, undoubtedly. In contemporary industry, however, iron is far from being the only metal used to make tools and other hyper-specialized equipment: there are, for example, nickel high-performance alloys, and high-entropy metal alloys, a name used to describe artificial composite materials made of different concentrations of metals, whose atoms are arranged in specific patterns to give them desired properties, such as high levels of hardness.

The main issue is that gaining hardness usually means losing malleability, which means that in the process of machining these super-hard materials, one will need something even harder. “Machining

## Iron, chromium, and niobium are some of the metals used to make the Metallic Diamond, the alloy developed at Uniso

comprises a set of manufacturing processes through which a cutting tool is used to remove excess material, in such a way that the remaining material has the exact shape of the part that was designed,” explains Wellington Aires Pinto, a researcher at Uniso’s graduate program in Technological

de processos de manufatura por meio dos quais uma ferramenta de corte é utilizada para remover excesso de material, de tal maneira que o material remanescente tenha a forma exata daquela peça que foi projetada”, explica Wellington Aires Pinto, um pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais (PPGPTA) da Universidade de Sorocaba (Uniso), que defendeu a sua dissertação de mestrado sobre o tema em 2021. “Ou seja”, ele continua, “frente ao desenvolvimento de novas ligas metálicas — com propriedades mecânicas e durezas cada vez mais elevadas —, cria-se uma demanda constante por novos materiais dos quais as ferramentas de corte possam ser feitas, para que elas se tornem mais produtivas, mais rentáveis e até mais sustentáveis.”

### A LIGA METÁLICA MAIS DURA DO MUNDO

O material mais duro do mundo é o diamante, seguido das cerâmicas covalentes. Depois disso, é a vez das ligas metálicas, das quais a mais dura em todo o mundo foi desenvolvida na Uniso. Você pode ler **UMA REPORTAGEM COMPLETA** sobre a pesquisa na edição de junho/2020 da revista Uniso Ciência.



Para ler a reportagem, siga o link usando o QR code ao lado:

To read the full story, use the QR code to follow the link:



O Diamante Metálico, nome da liga desenvolvida pelo professor doutor Thomaz Augusto Guisard Restivo, também do PPGPTA, leva ferro, cromo e nióbio em sua composição, além de outros metais. Sua estrutura atômica (ou seja, a forma geométrica em que os átomos

and Environmental Processes (PPGPTA, in the Portuguese acronym), who defended his Master’s thesis on this subject in 2021. “In other words,” he goes on, “considering the development of new alloys—with increasingly higher levels of mechanical properties and hardness—there is a constant demand for new materials out of which cutting tools can be made, so that they become more productive, more profitable, and more sustainable.”

### THE HARDEST ALLOY IN THE WORLD

Diamond is the hardest material in the world, followed by covalent ceramics. After those, there are the alloys, out of which the hardest one in the world was developed at Uniso. You can read **A FULL STORY** about this research project in the issue of June/2020 of the Science @ Uniso magazine.

The Metallic Diamond, which is the name of the alloy developed by professor Thomaz Augusto Guisard Restivo, also a faculty member at PPGPTA, contains iron, chromium, and niobium in its

composition, in addition to other metals. Its atomic structure (namely, the geometric shape in which the atoms are arranged) prevents the resulting alloy from deforming, and this is precisely the secret to the material’s hardness, which can reach 2,500 HV, considerably harder than its closest competitor, an



estão organizados) evita a deformação da liga resultante, e é justamente esse o segredo para a dureza do material, que pode chegar a 2.500 HV, consideravelmente mais dura do que a sua concorrente mais próxima, uma liga de carbeto de tungstênio e outros metais, chamada de Widia™ (uma patente antiga que já expirou, também conhecida como metal duro).

Foi esse material criado por Restivo que Aires Pinto utilizou em sua pesquisa de mestrado, com o objetivo de desenvolver uma nova ferramenta de corte para torneamento — como é chamado o processo de usinagem em que a peça a ser usinada gira em seu próprio eixo enquanto as partes excedentes são retiradas pela ferramenta de corte. Por meio do torneamento, são produzidas polias, esferas e outras peças cilíndricas diversas.

## Estudo resultou na criação de uma pastilha sólida, adequada para uso no mercado como ferramenta de corte

O primeiro passo seguido por Aires Pinto foi a reprodução do próprio Diamante Metálico, a partir da “receita” desenvolvida por Restivo. Ele começou pela mistura de nove metais determinados, todos em formato de pó, dando sequência à prensagem desses metais. Depois, o material foi levado a uma máquina de fundição própria para titânio (uma vez que não existe uma mais adequada para o Diamante Metálico). O resultado foi uma pastilha sólida de Diamante Metálico, adequada para a utilização como **FERRAMENTA DE CORTE**. Uma vez em posse da pastilha, o pesquisador preparou cilindros de aço sobre os quais ele pudesse usar as pastilhas para testar a capacidade de corte do Diamante Metálico. Para ter dados com os quais comparar, ele também conduziu os mesmos testes usando

alloy of tungsten carbide and other metals called Widia™ (an old patent that has now expired, also known as carbide).

It was precisely this material created by Restivo that Aires Pinto used in his Master’s research, aiming at developing a new cutting tool to be applied on a lathe—namely, the machining process in which the part to be machined rotates on its own axis while the surplus parts are removed by a cutting tool. Lathes are used to make pulleys, spheres, and many other cylindrical parts.

## The result was a solid insert made of Metallic Diamond, suitable to be used as a cutting tool

The first step taken by Aires Pinto was the reproduction of the Metallic Diamond itself, based on the “recipe” developed by Restivo. He started by mixing nine determined metals, all in powder form, then pressing the metals together. Afterwards, the material was taken to a casting furnace proper for casting titanium (since there is not an alternative more suitable for casting the Metallic Diamond). The result was a solid insert made of Metallic Diamond, suitable to be used as a **CUTTING TOOL**. Once in possession of the tool to be tested, the researcher prepared steel cylinders on which he could use it in order to test the Metallic Diamond’s cutting capability. In order to have data to compare with, he also conducted the same tests using two other commercial cutting tools: the P10 and P30 (made of Widia™), from a brand that specializes in cutting tools for machining. Tests were conducted at Uniso’s innovation lab, called STHEMDA.

### Para saber mais:

#### Olhando de perto uma ferramenta de corte

### To know better:

#### Taking a closer look at a cutting tool

A **pastilha de corte**, feita de Diamante Metálico, é acoplada na ferramenta de usinagem.

The **metal insert**, made of Metallic Diamond, is attached to the machining tool.

A **matéria-prima**, no caso uma barra cilíndrica de aço, é usinada. Nas indústrias, elas seriam transformadas num produto final ou conduzidas à próxima etapa do processo produtivo.

The **raw material**, in this case a steel cylinder, goes through the machining process. If this was an actual industry, these cylinders would be transformed into a final product, or taken to the next stage of the production process.



outras duas pastilhas comerciais: a P10 e a P30, de uma marca especializada em ferramentas de corte para usinagem (feitas de Widia™). Os testes foram conduzidos no STHEMDA Lab, o laboratório de inovação da Uniso.

Os resultados apontam que a pastilha de Diamante Metálico é cerca de 12% mais dura do que a P10 e 30% mais dura do que a P30. “Percebe-se, no teste de desgaste, que a pastilha de Diamante Metálico foi a que, justamente devido à sua alta dureza, menos registrou um tipo específico de desgaste associado à temperatura e à pressão, comum nas pastilhas feitas com outras ligas: o desgaste de cratera”, diz o pesquisador. Em relação ao desgaste por abrasão, o desempenho da pastilha de Diamante Metálico foi ligeiramente menor, devido à maior capacidade de deformação das outras ligas, mas, de modo geral, o pesquisador conclui que o Diamante Metálico competiu de igual para igual com as pastilhas disponíveis no mercado, podendo substituí-las.

#### VANTAGEM SUSTENTÁVEL EM AMPLO SENTIDO

Os pesquisadores destacam que, uma vez que os produtos são compatíveis, a grande vantagem das ferramentas de corte feitas de Diamante Metálico é o fato de o material desenvolvido na Uniso não conter cobalto em sua composição, diferentemente da Widia™. Isso o torna duplamente sustentável: em primeiro lugar, porque o cobalto é sabidamente um metal tóxico, que agride a saúde de seres humanos e outras formas de vida; em segundo, por não motivar a extração de mais cobalto como atividade econômica, uma questão que vai além da preservação do meio ambiente.

“Além de ser um metal tóxico”, conclui Aires Pinto, “o cobalto tem sua produção dominada pela República Democrática do Congo, onde ocorre mais da metade da extração mundial, em minas artesanais ou de pequena escala. Sabe-se que, nesses locais, ocorre trabalho escravo infantil, além de outros abusos aos direitos humanos.” Um artigo publicado por Kelsey Galantich em 2019, e citado por Aires Pinto em sua dissertação, aponta

Results show that the metal insert made of Metallic Diamond is about 12% harder than P10, and 30% harder than P30. “Throughout the wear test, it was found that the insert made of Metallic Diamond was the one that, precisely due to its high level of hardness, registered the least level of a specific type of wear associated with temperature and pressure, which is quite common in metal inserts made with other alloys: the crater wear,” the researcher says. Regarding abrasive wear, on the other hand, the performance of the Metallic Diamond was slightly lower, due to the greater deformation capacity of the other alloys, but, in general, the researcher concludes that the insert made of Metallic Diamond competed equally with the metal inserts that are currently available on the market, being suitable to replace them.

#### SUSTAINABLE ADVANTAGE IN A BROAD PERSPECTIVE

The researchers point out that, since the Metallic Diamond and Widia™ are comparable, the great advantage of cutting tools made of Metallic Diamond is the fact that the material developed at Uniso does not contain cobalt in its composition. This makes it doubly sustainable: firstly, because cobalt is known to be a toxic metal that harms the health of human beings and other forms of life; secondly, due to the fact it does not motivate the extraction of more cobalt as an economic activity, an issue that goes way beyond the preservation of the environment.

“Besides being a toxic metal,” Aires Pinto concludes, “the production of cobalt is dominated by the Democratic Republic of Congo, where more than half of the world’s extraction takes place, in small-scale mines. It is known that, in these places, there is child slave labor, in addition to other human rights abuses.” An article published by Kelsey Galantich in 2019, and cited by Aires Pinto in his thesis, points out that 1/5 of all the cobalt extracted in Congo—where 65% of the world’s extraction takes place—happens in an artisanal way, carried



Foto/Photo: Dennis (Adobe Stock)

A extração do cobalto tem alto impacto social pois está relacionada à exploração do trabalho escravo infantil na África  
The extraction of cobalt represents a social issue, as it is related to the exploitation of child slave labor in Africa

que um quinto de todo o cobalto extraído no Congo — onde ocorre 65% da extração mundial — acontece de forma artesanal, conduzida à mão por homens, mulheres e crianças. Ainda assim, o autor aponta que nenhum país obriga as organizações a prestar contas sobre a origem do cobalto utilizado em suas operações. Daí a importância de encontrar alternativas que não façam uso do cobalto.

out by hand by men, women and children. Even so, the author points out that there are no countries that actually oblige organizations to account for the origin of the cobalt they use in their operations. Hence the importance of finding alternatives that do not use cobalt.

Com base na dissertação “Desenvolvimento e desempenho de ferramenta de corte em liga metálica multicomponente”, do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba (Uniso), com orientação do professor doutor Thomaz Augusto Guisard Restivo e aprovada em 30 de março de 2021.

Acesse o texto completo da pesquisa em português:

Follow the link to access the full text of the original research (in Portuguese):

