

# Classes e Mercado de materiais particulados

Capítulo 1 PMT3312

Fernando JG Landgraf

2019

# Classes de materiais particulados

- Pós metálicos e cerâmicos, nanopartículas
- Produtos sinterizados, metálicos e cerâmicos
- Compósitos contendo partículas

# Pós metálicos, poliméricos e cerâmicos como agregado a produto final

- Metálicos
  - Explosivos, tintas,
- Cerâmicos
  - Catalisadores, abrasivos, pigmentos,
- poliméricos
  - Toner de impressora,
- Nanopartículas
  - cosméticos

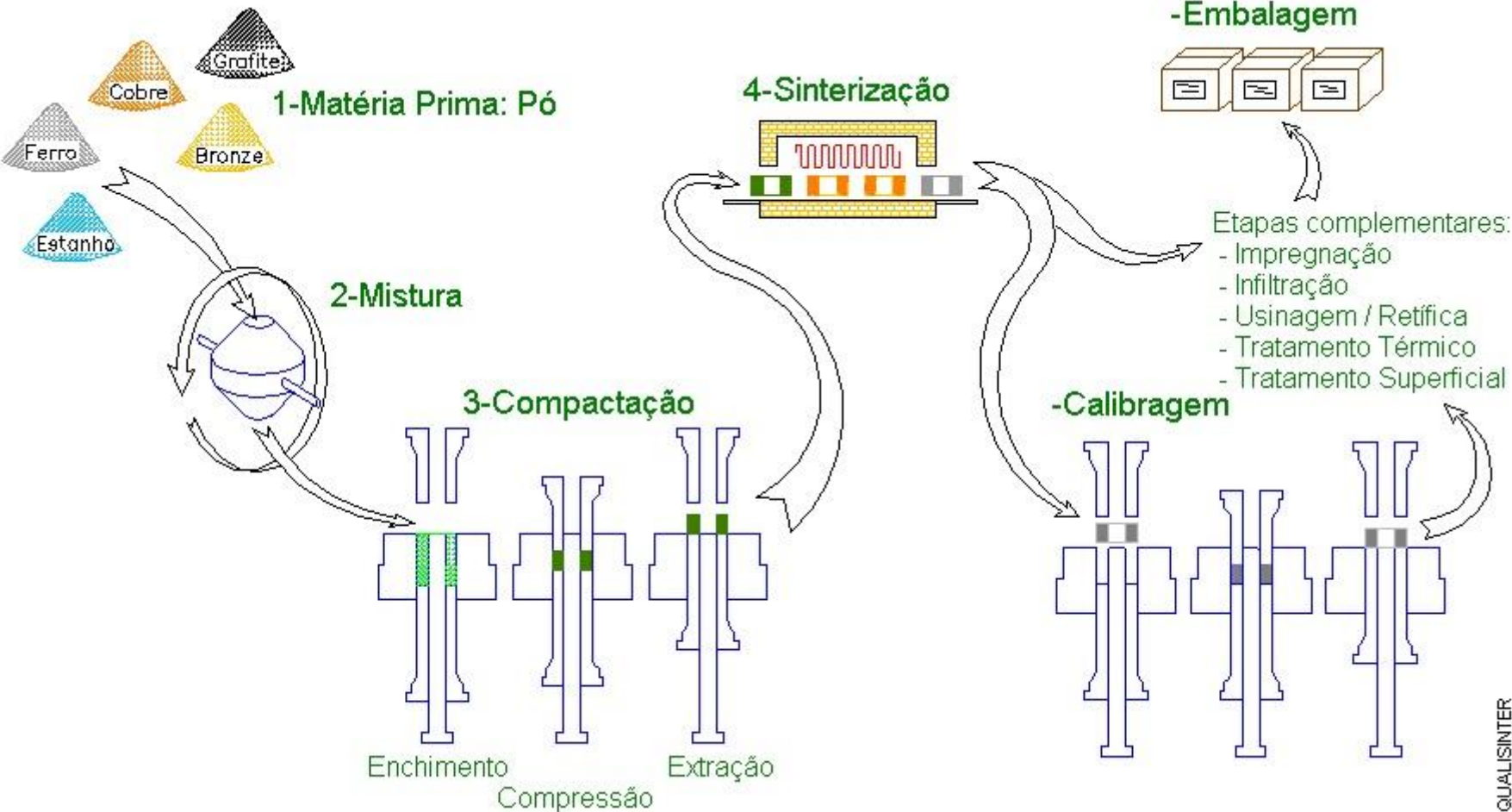
# Produtos sinterizados

- Metálicos
  - Materiais estruturais, buchas, contatos elétricos, filtros,
- Cerâmicos
  - Isolantes elétricos, Ferrites magnéticas, isolantes térmicos, capacitores,

# Compósitos

- Matriz polimérica
  - Polímeros com carga cerâmica, materiais para atrito (fricção),
- Matriz metálica
  - metalduro

# Nomenclatura das etapas de produtos metálicos sinterizados



Produtos obtidos pela M/P:

Aplicação:

- Automobilística
- Ferramentas elétricas
- Eletrodomésticos

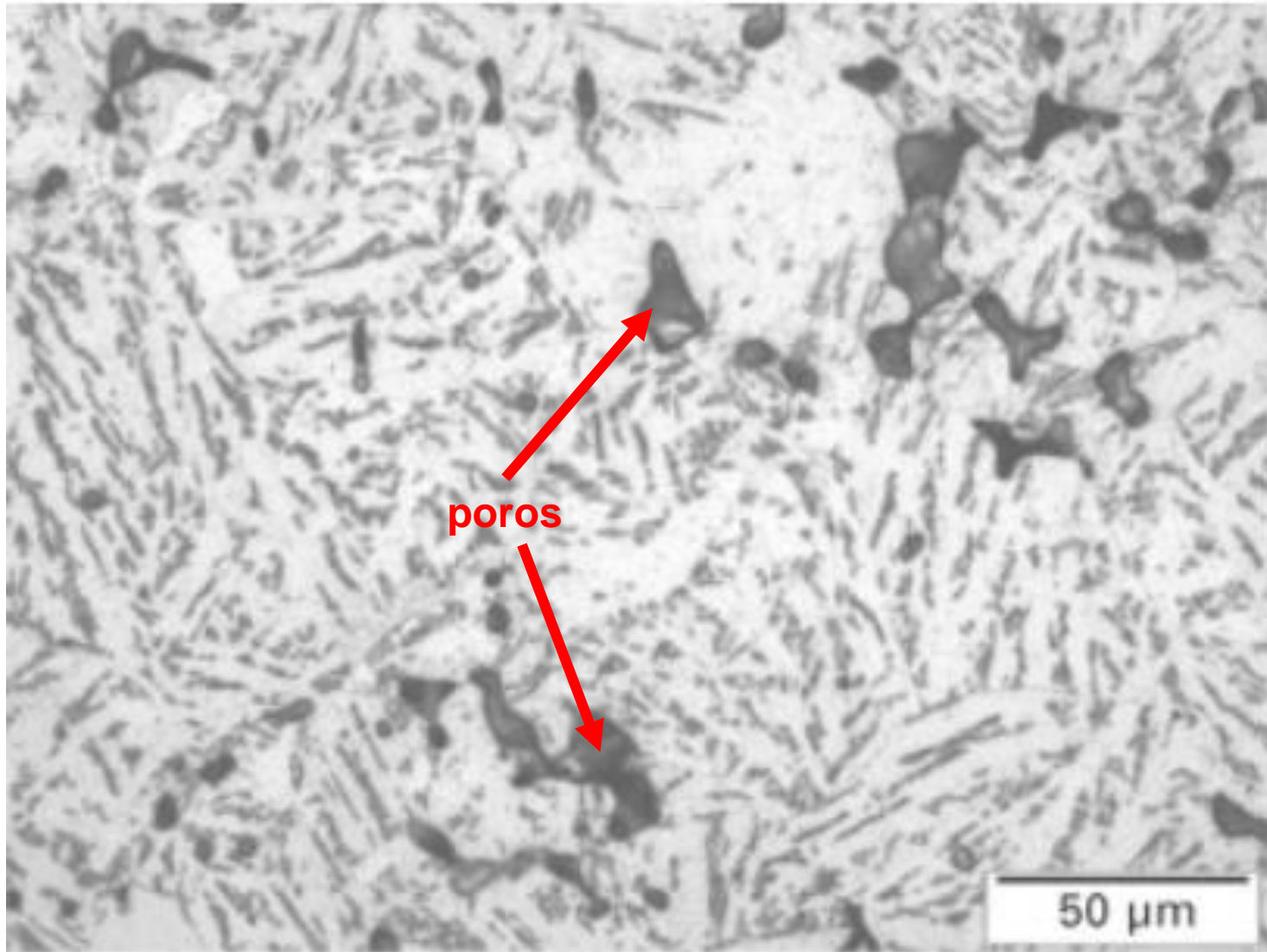
Peças estruturais  
metálicas:





# Microestrutura de peça de aço fabricada por metalurgia do pó

Ferrita, perlita e poros





# Peças estruturais metálicas:



## Materiais:

- Aço Carbono
- Aço Inox
- Ferro
- Bronze
- Latão



## Peças estruturais

- Peças para amortecedor
- Bielas de motor
- Engrenagens

metaldyne



metaldyne



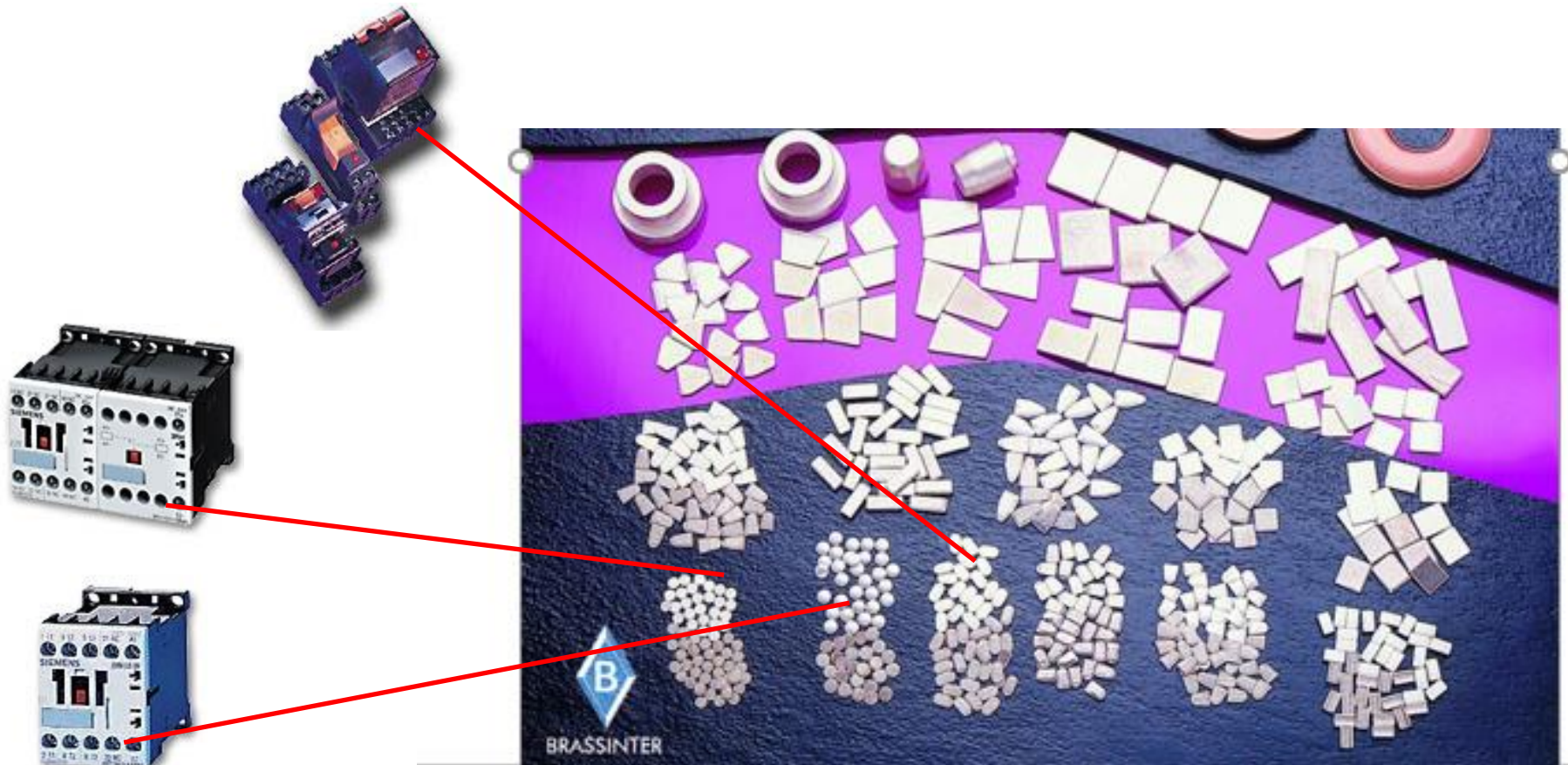
# Contatos elétricos:

## Aplicação:

- Contatores
- Relês
- Chaves e Interruptores

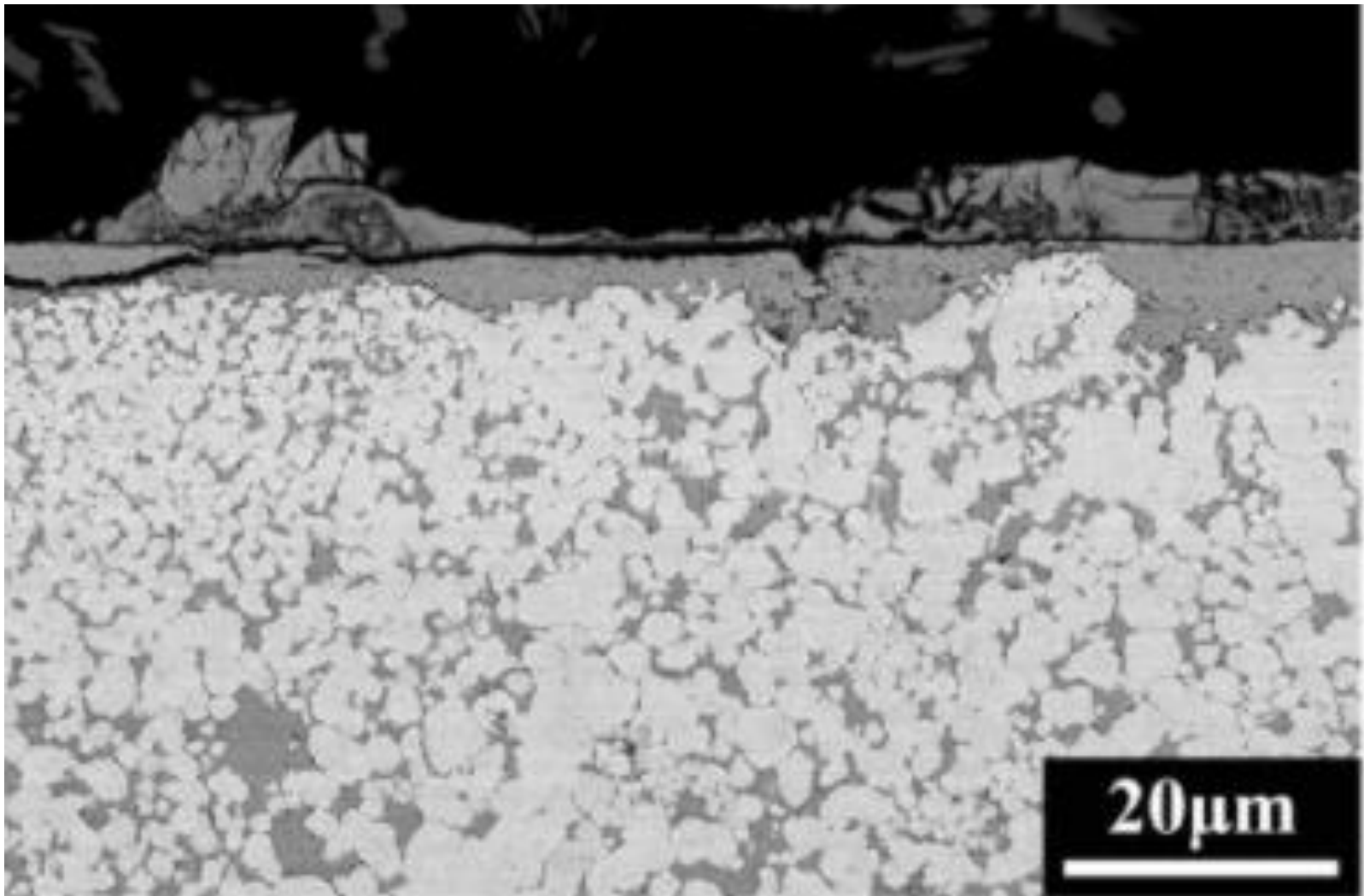
## Materiais

Compósitos de prata: AgW, AgCdO, etc





Microestrutura de contato Prata tungstênio  
Duas fases quase imiscíveis: Ag e W



# Buchas autolubrificantes

(mancais de deslizamento):

<https://www.youtube.com/watch?v=S3uvlc9zyvE>

Aplicação :

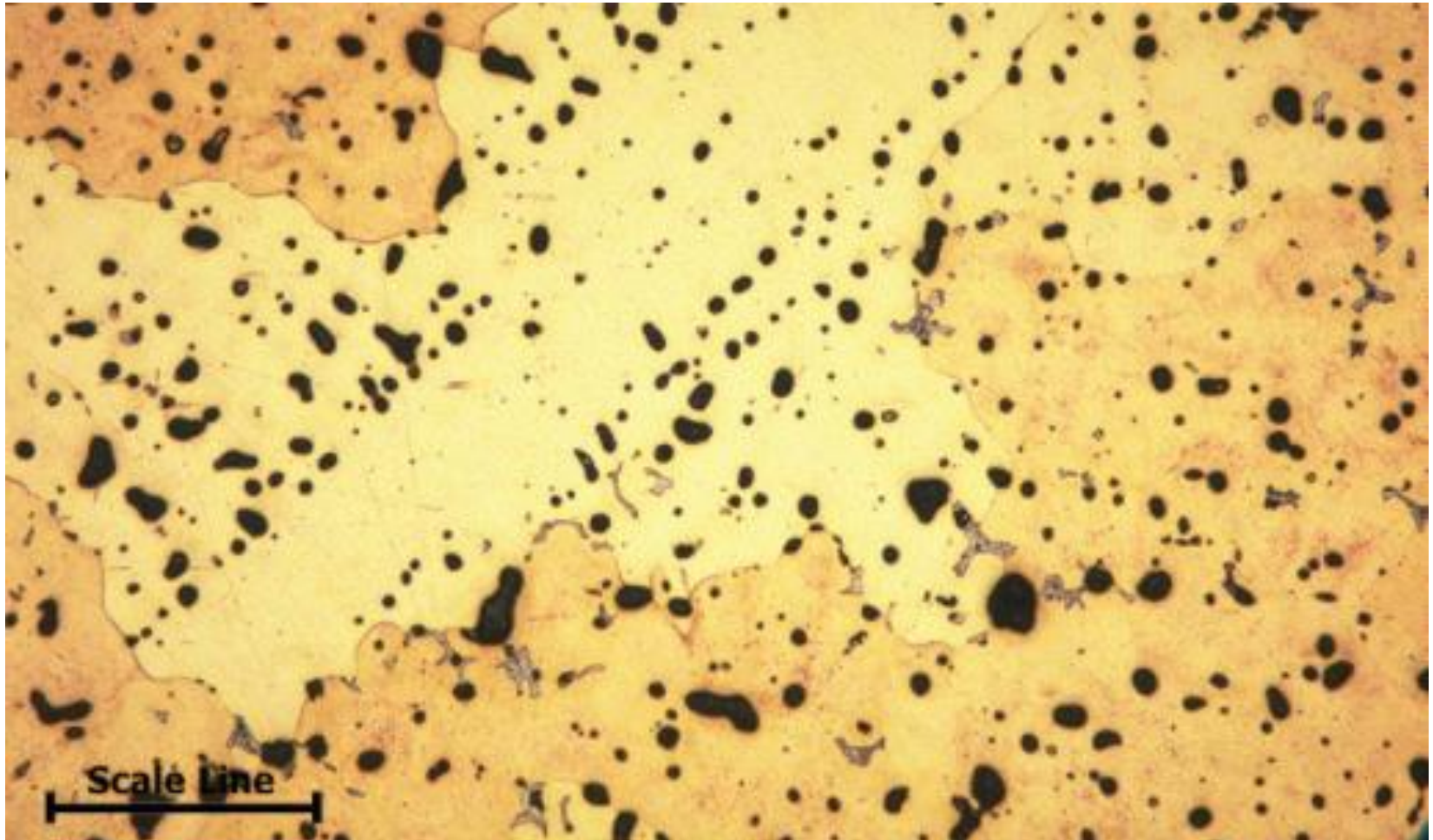
- Automobilística
- Eletrodomésticos
- Ferramentas elétricas
- Motores elétricos



Materiais:

- Bronze
- Ferro
- Ferro Grafite
- Ferro Bronze

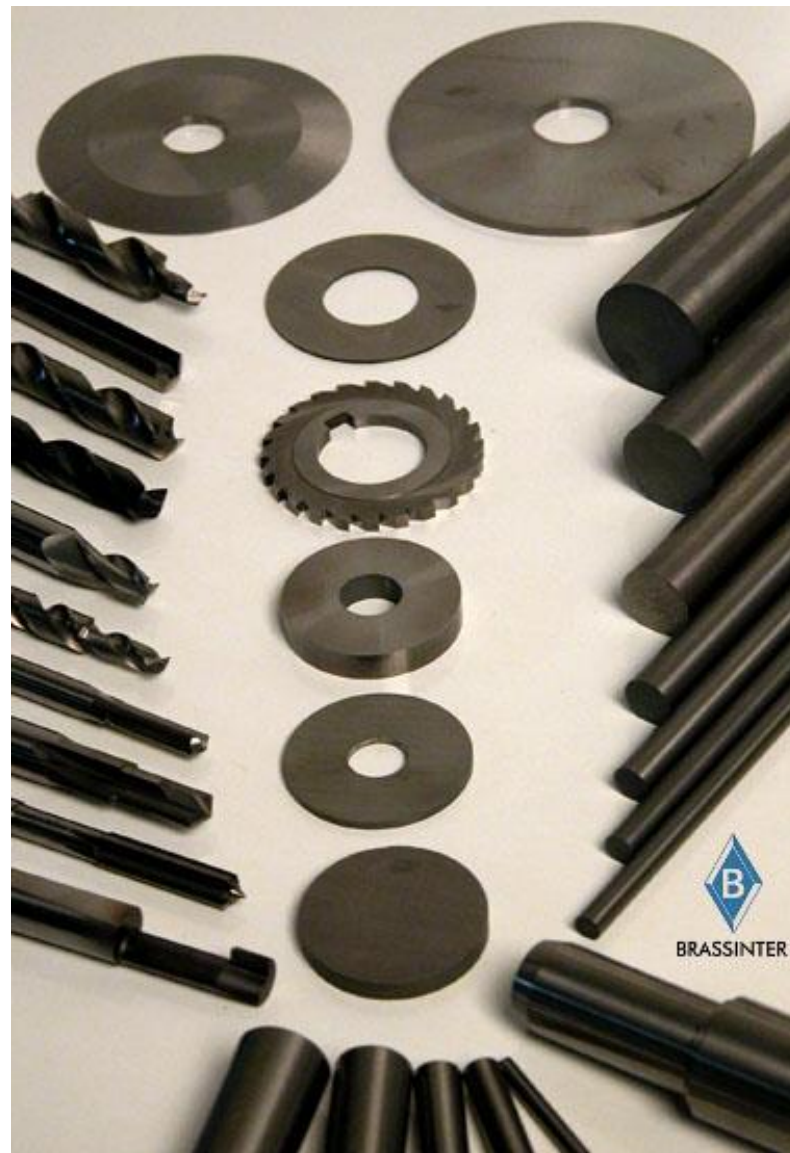
Microestrutura de bucha autolubrificante de bronze  
Grande quantidade de poros, onde se aloja o lubrificante





**Metal Duro**  
**Widia**  
**Carbeto de W**  
3 nomes para mesma  
coisa

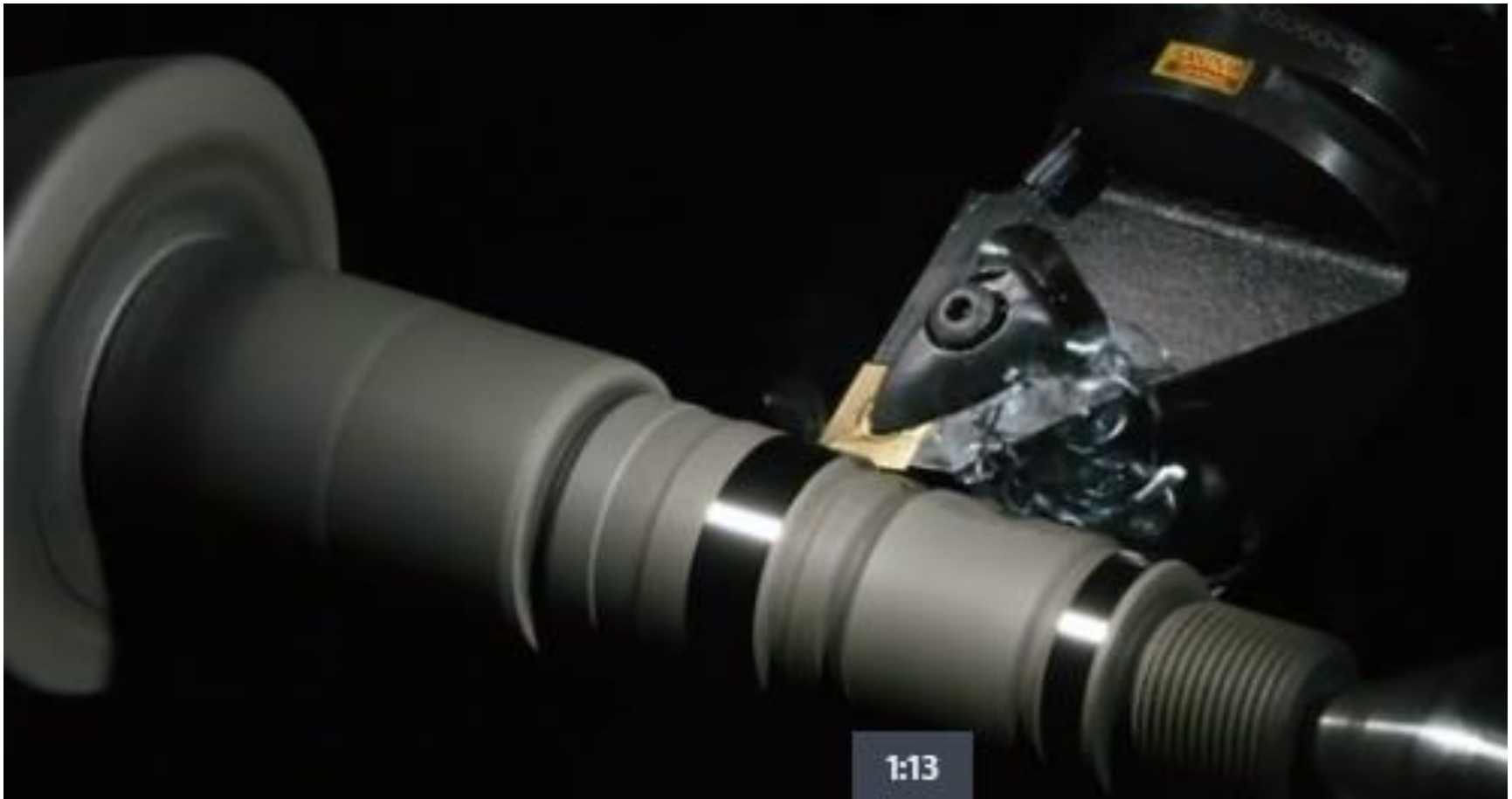
- Pastilhas para usinagem
- Ferramentas de corte
- Blank para ferramental





## Pastilhas de usinagem de metalduro

<https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/products/turning-inserts-grades-hardened-steel/pages/default.aspx>



# Selecionar a broca para seu serviço com furadeira

- Você já reparou que existem diferentes tipos de brocas? Uma delas usa “widia”, ou seja carbeto de tungstênio
- [https://www.youtube.com/watch?v=lxHj\\_twfVq4](https://www.youtube.com/watch?v=lxHj_twfVq4)



Ponta de widia

Microestrutura de pastilha de usinagem

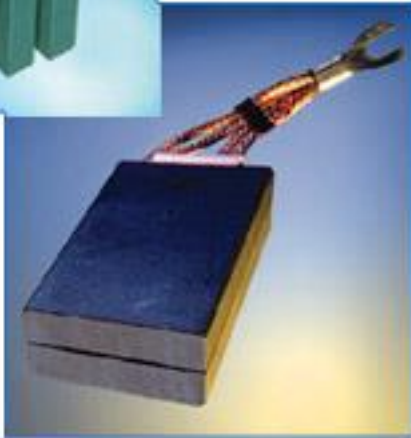
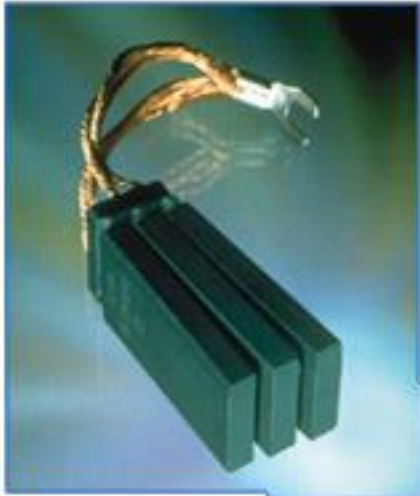
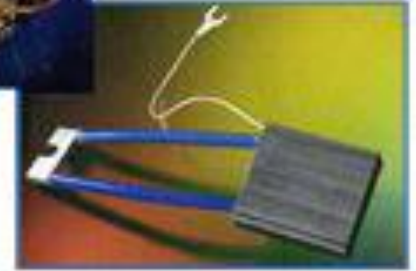
Grãos de WC numa matriz de cobalto, isenta de porosidade



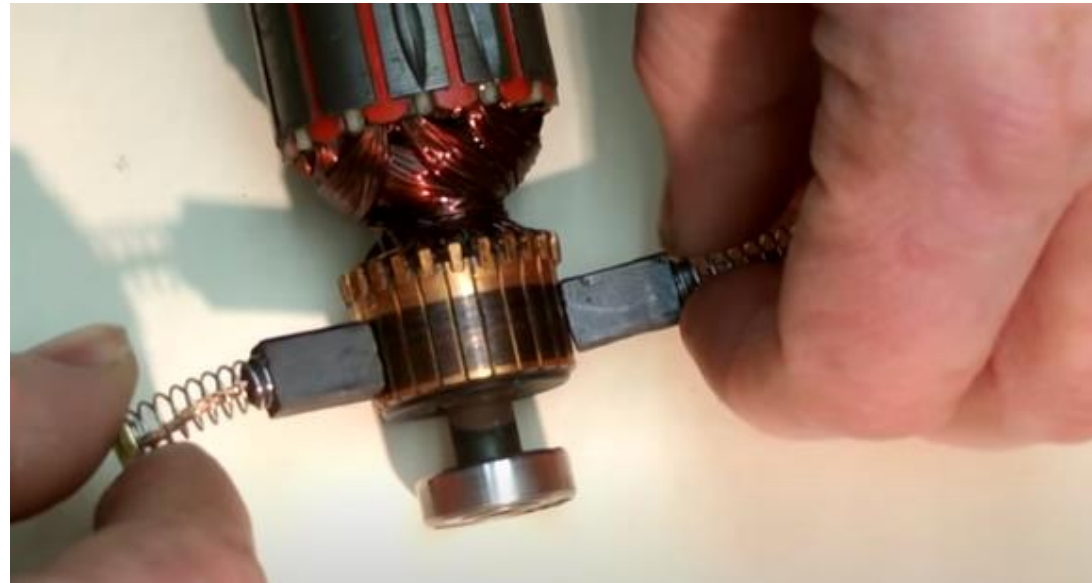
## Escovas de grafite:

Aplicação: conduzir corrente para rotores

- Motores elétricos e Alternadores



<https://www.youtube.com/watch?v=8sjaQZGCmzU>

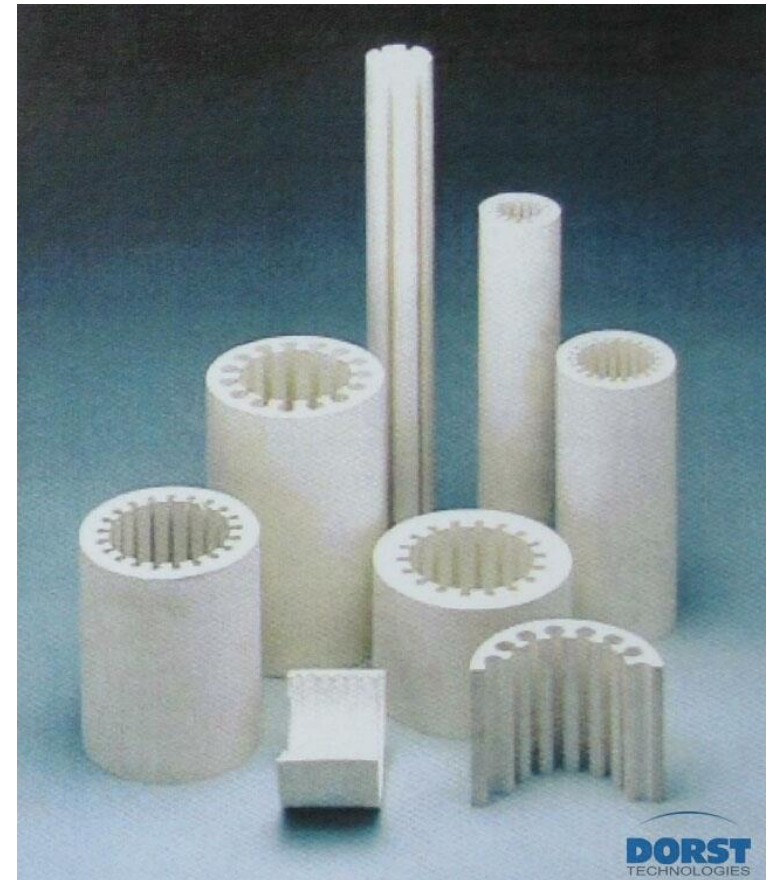




# Componentes Cerâmicos de Engenharia:

## Aplicação:

- Corpo de velas (spark plug)
- Isoladores elétricos
- Aplicações contra desgaste
- Aplicação contra corrosão
- Aplicação em altas temperaturas

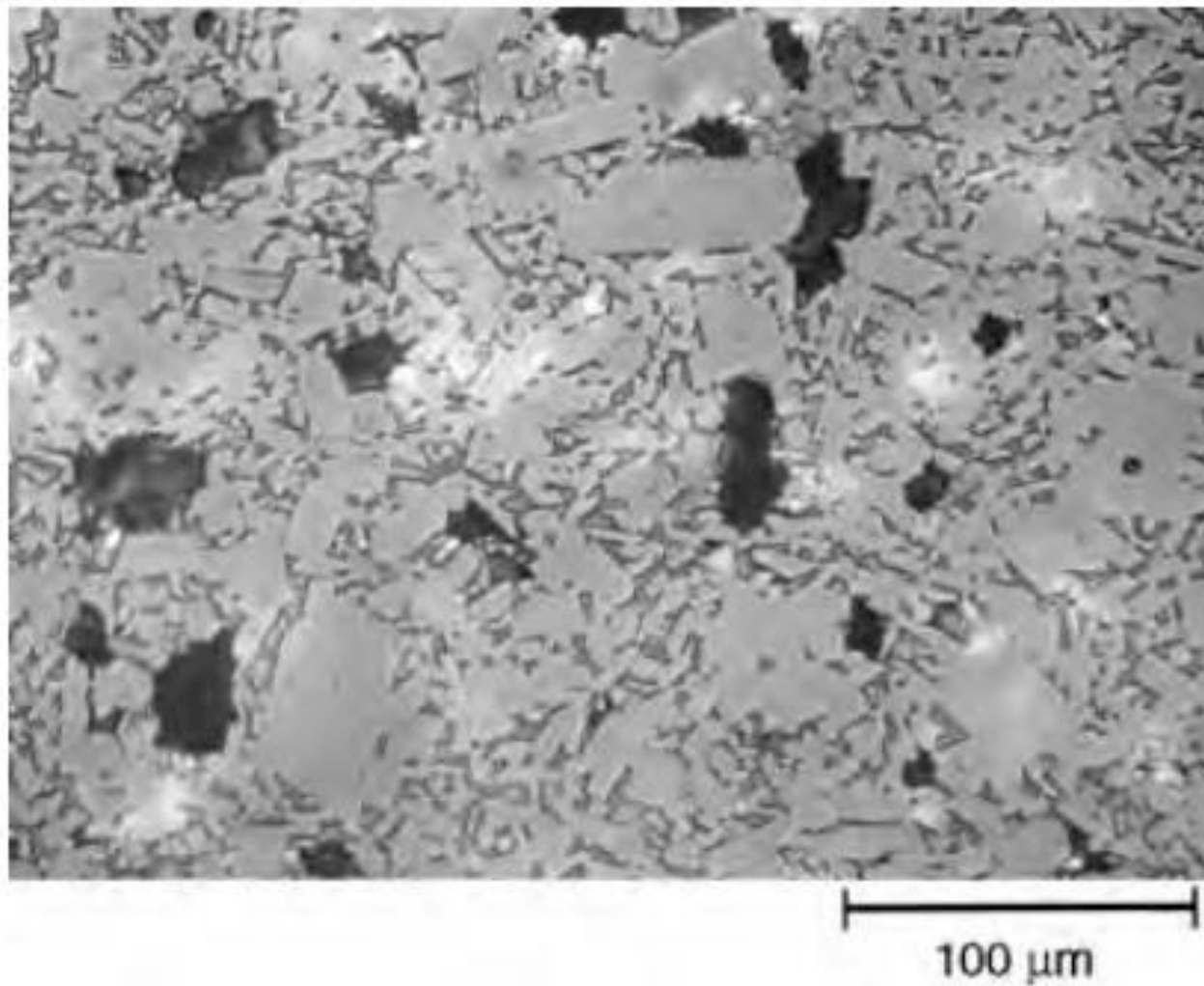


# Vela de ignição

- <https://www.youtube.com/watch?v=cC5OoYdqV58>

Material: alumina  
Fabricante: NGK





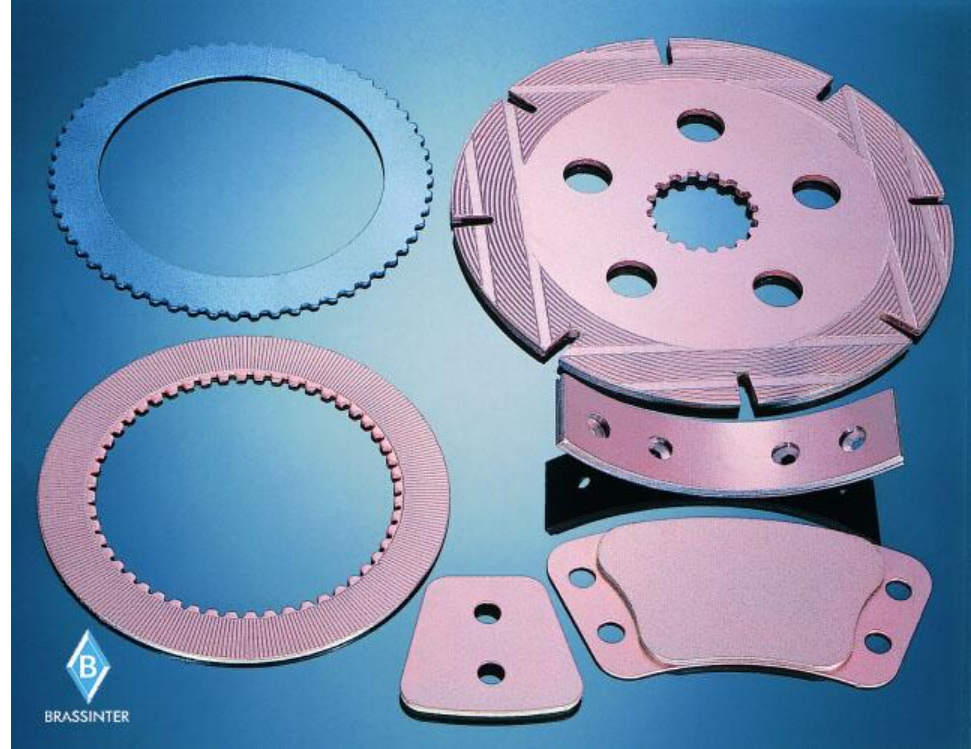
**Fig. 13** Spark plug alumina insulator. The light micrograph shows the microstructure with anisotropic grains, a glassy grain-boundary phase, and large pores. Etch polished with alumina and Murakami's solution



# Materiais de Fricção:

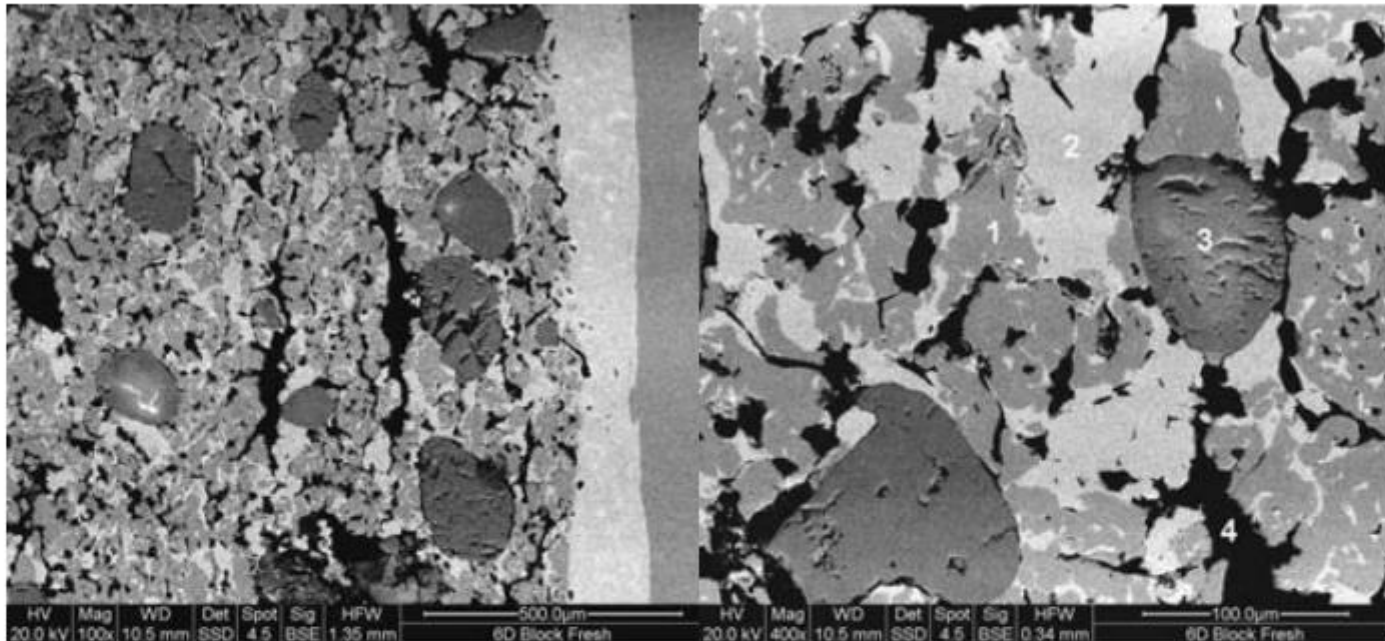
## Aplicação:

- Discos de embreagem
- Pastilhas de freio





# Embream



(a)

(b)

**Figure 2.** Microstructure of sintered material showing sintered compact on copper coated (white layer, figure 2a) steel backing plate (Gray layer, figure 2a). Higher magnification micrograph of the compact is presented in figure 2b.

**Table 1.** Characterization of microconstituents of a typical cerametallic friction facing.

Index (See figure 2b)	Constituents	Volume(%)	Avg. particle size ( $\mu\text{m}$ )
1	Steel	60–70	30–100
2	Tin Bronze	10–15	35–110
3	SiO <sub>2</sub>	8–10	80–250
4	Graphite	5–7	50–500

# Pastilha do freio



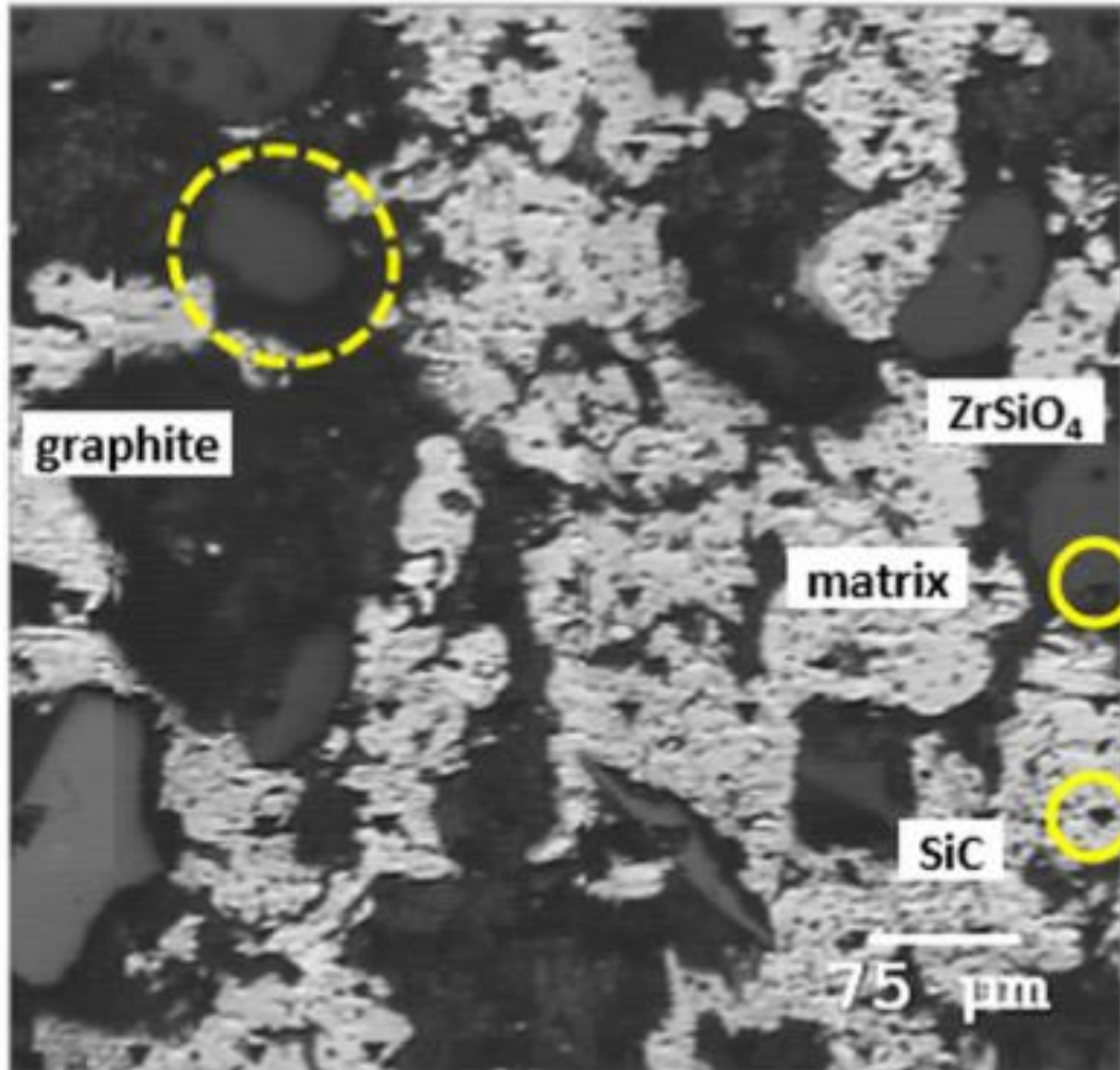
Fabricante:  
FRASLE

Material: partículas metálicas, resinas e fibras sintéticas



Wikipedia: As pastilhas convertem a [energia cinética](#) do carro para [energia térmica](#) através do [atrito](#). Usado em pares, as pastilhas ficam alojadas dentro da [pinça de freio](#), que são acionadas geralmente por sistema hidráulico gerado através de sistema de [alavanca](#) que impulsiona o burrinho.

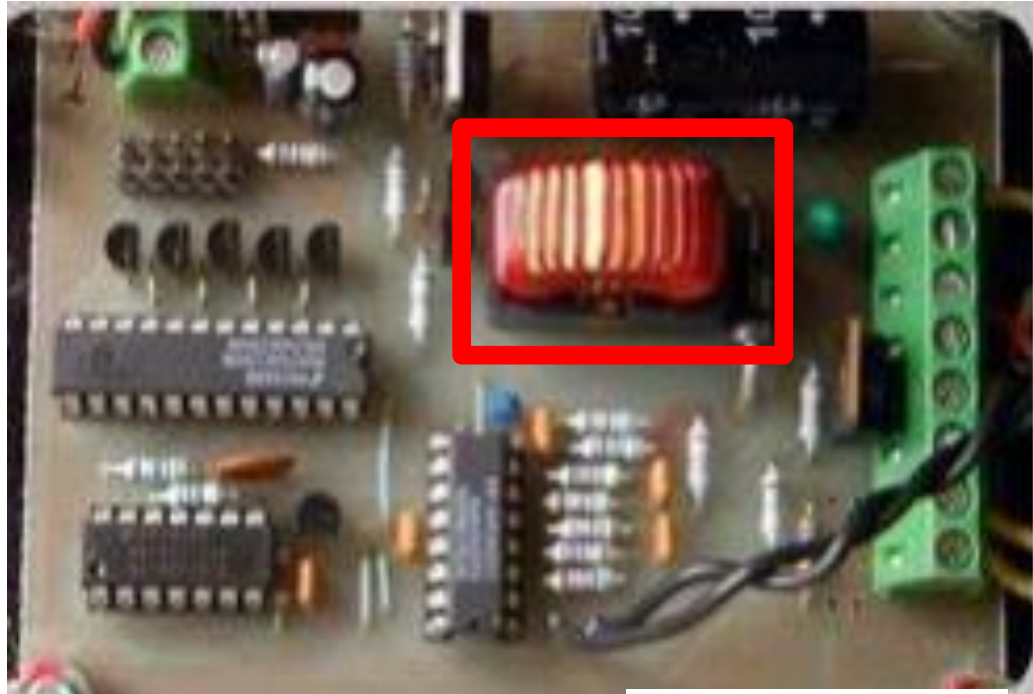
# Microestrutura de pastilha de freio





Cerâmicas de alta permeabilidade magnética

Ferritas de manganês-zinco:  $(\text{MnZn})\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$



**Transformador cerâmico de uma fonte de potência (power supply) de um notebook**

Filtro de ruído eletromagnético:

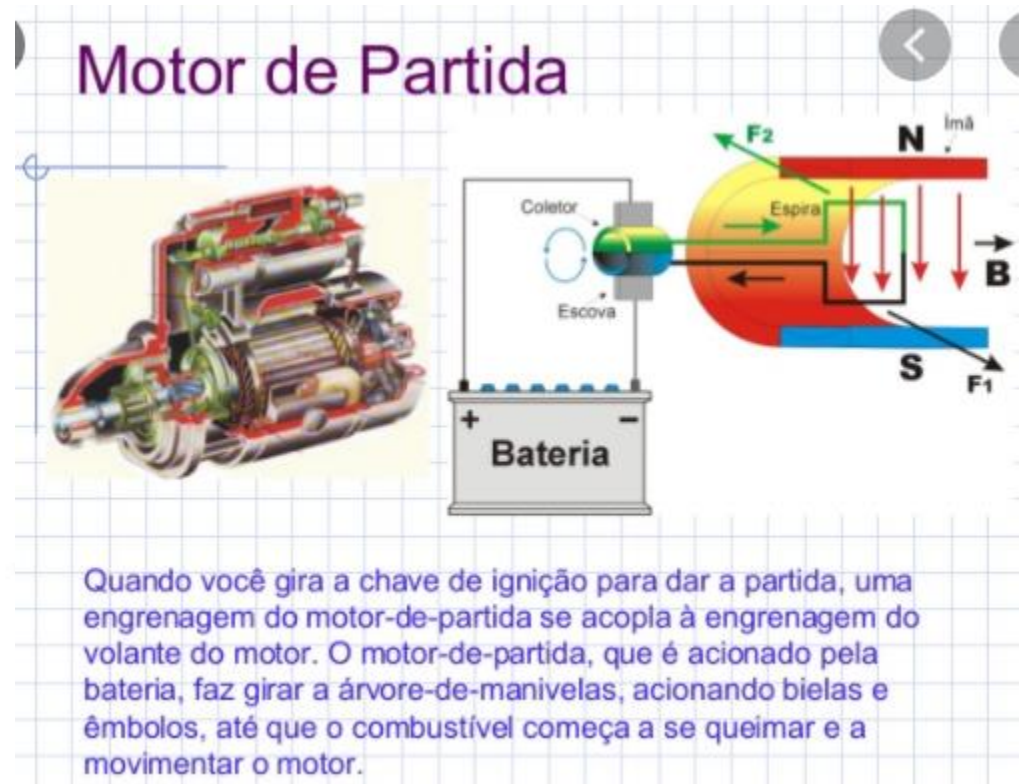


# Ímã cerâmico do motor de partida

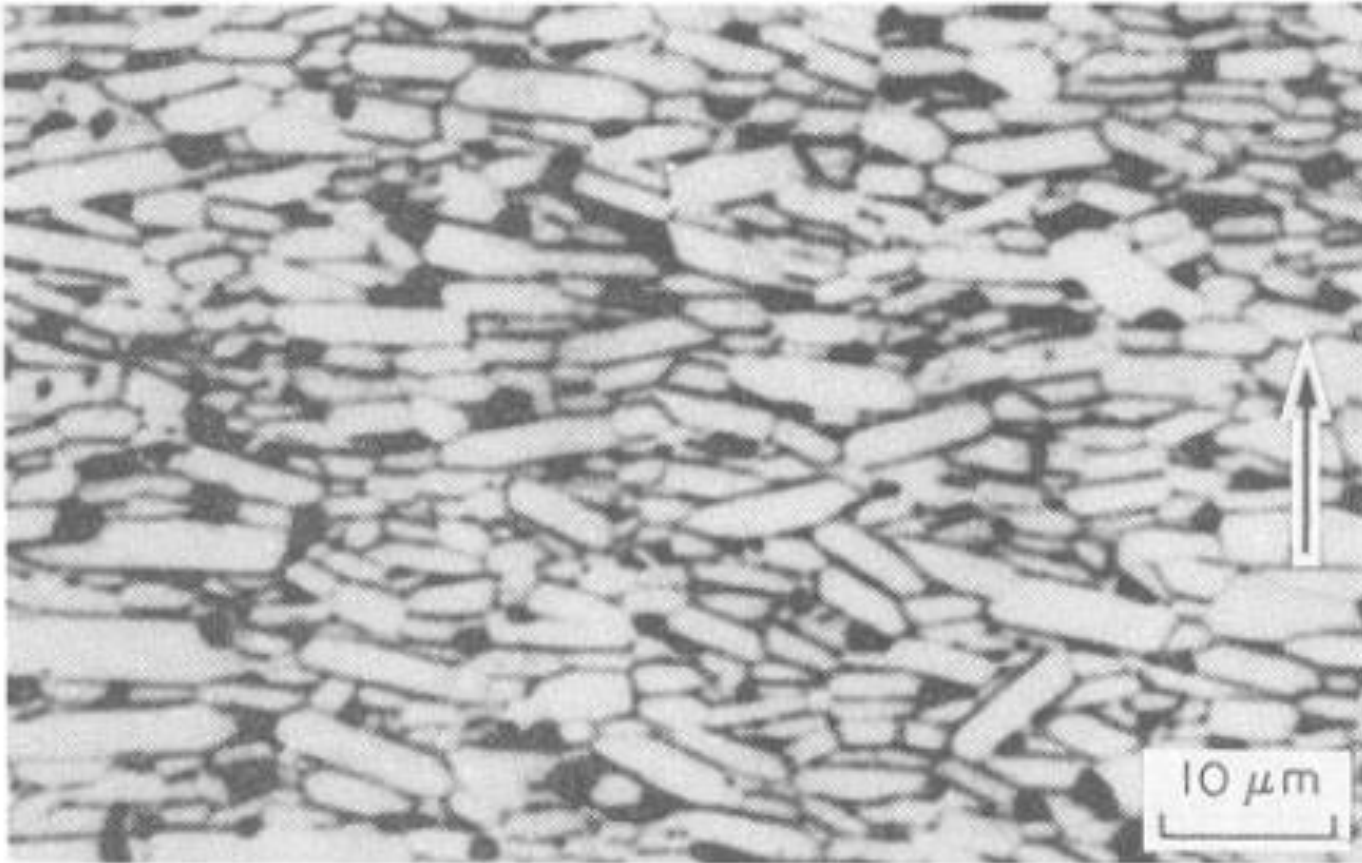


Ímã de ferrite de bário  
(cerâmico)

Fabricante: Supergauss



# Microestrutura de ímã de ferrita de bário





# Implantes dentários

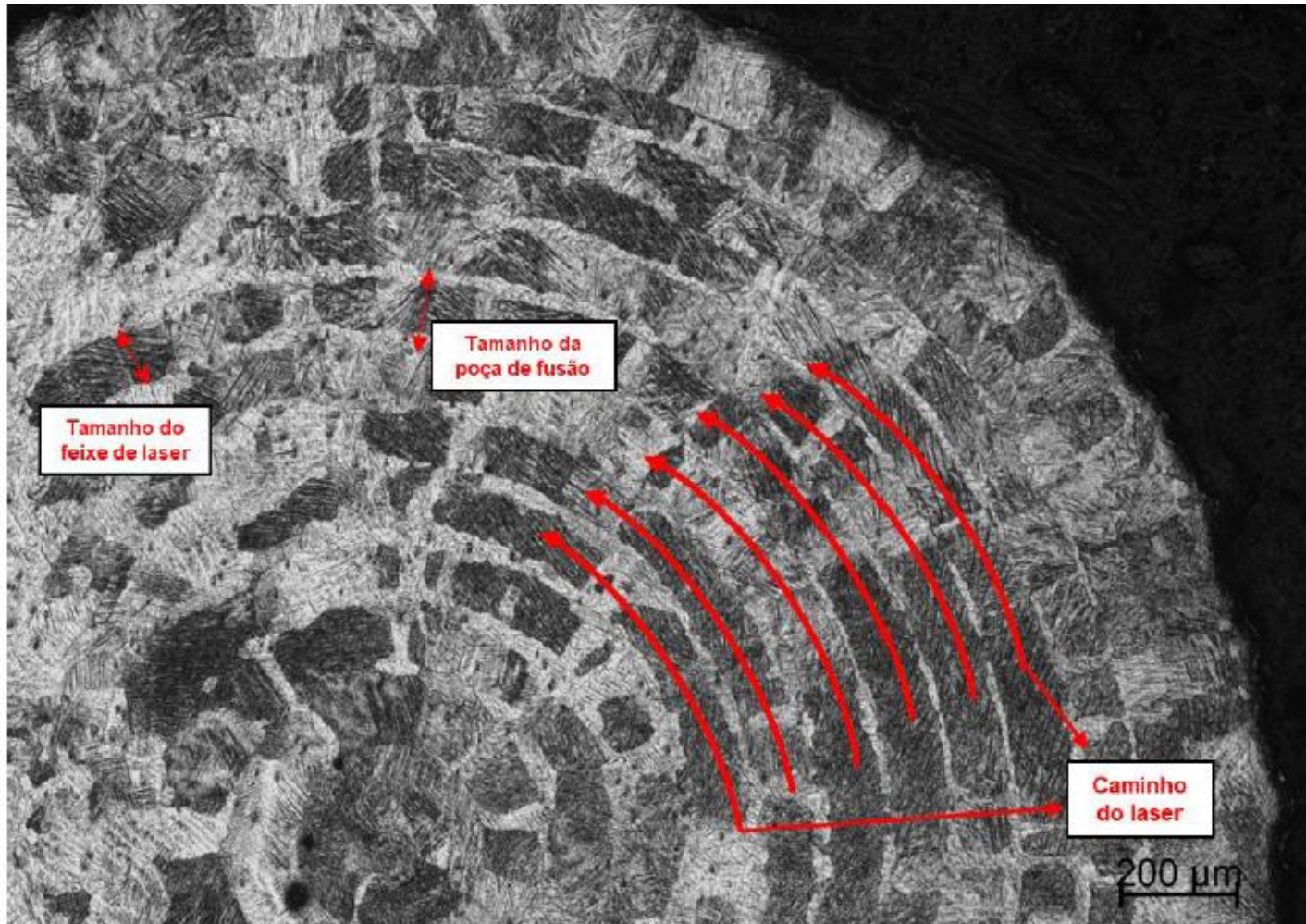


O implante é sempre fabricado com liga de titânio, e pode ser fabricado por usinagem ou por “Fusão em Leito de Pó”, uma das tecnologias da Manufatura Aditiva.

Wikipedia: Dental Implant

In the 1950s research was being conducted at [Cambridge University](#) in England on blood flow in living organisms. These workers devised a method of constructing a chamber of [titanium](#) which was then embedded into the [soft tissue](#) of the ears of [rabbits](#). In 1952 the Swedish [orthopaedic surgeon](#), [Per-Ingvar Brånemark](#), was interested in studying bone healing and regeneration. During his research time at [Lund University](#) he adopted the Cambridge designed "rabbit ear chamber" for use in the rabbit femur. Following the study, he attempted to retrieve these expensive chambers from the rabbits and found that he was unable to remove them. Brånemark observed that bone had grown into such close proximity with the titanium that it effectively adhered to the metal. Brånemark carried out further studies into this phenomenon, using both animal and human subjects, which all confirmed this unique property of titanium.<sup>[70]</sup> [Leonard Linkow](#), in the 1950s, was one of the first to insert titanium and other metal implants into the bones of the jaw. Artificial teeth were then attached to these pieces of metal.<sup>[71]</sup> In 1965 Brånemark placed his first titanium dental implant into a human volunteer. He began working in the mouth as it was more accessible for continued observations and there was a high rate of [missing teeth](#) in the general population offered more subjects for widespread study. He termed the clinically observed adherence of bone with titanium as "osseointegration

# Microestrutura de implante



Implante fabricado por Manufatura Aditiva (Selective laser melting) em liga Ti 6%Al 4%V, na empresa Plenum, em Jundiaí.

# nanopartículas

Nanopartículas de TiO<sub>2</sub> tem alto poder de reflexão da radiação UV



Quanto menor o tamanho de partícula, menos visível é o protetor solar na sua pele, MAS abaixo de 100nm pode penetrar nas células.

# Mercado de materiais particulados

Sinterizados metálicos

ferro

outros

Sinterizados cerâmicos

cerâmica vermelha

revestimentos

**cerâmica técnica**

Materiais usados na forma de pós:

tonner, explosivos, tintas

## Referências para o dimensionamento do mercado

PIB Brasileiro em 2019: R\$ 7,3 trilhões (IBGE)

PIB per capita em 2019 : R\$ 34.533 (IBGE)

Produção brasileira de aço bruto: 32,2 milhões de toneladas (IBS)

# Mercado mundial de pós metálicos

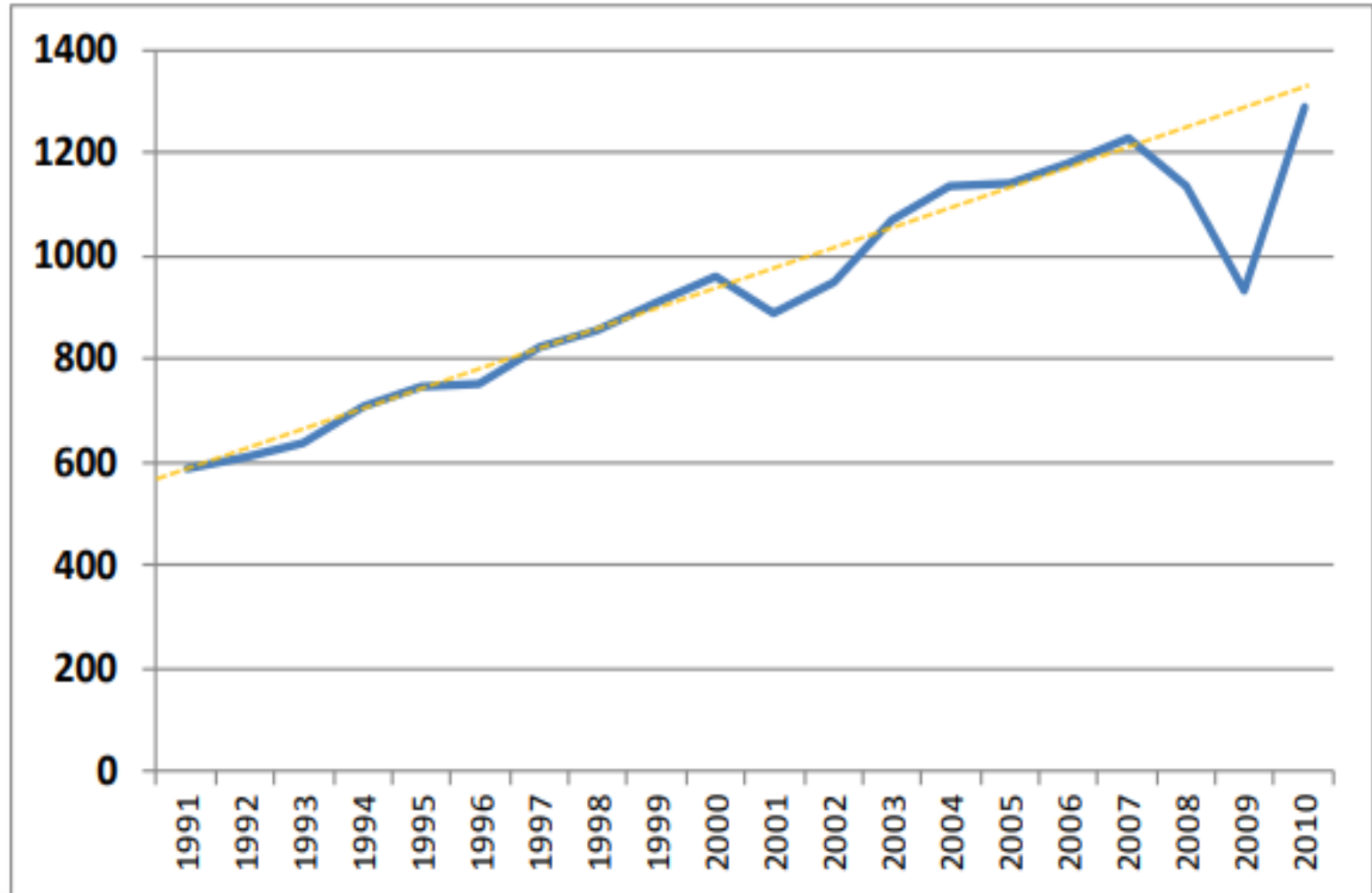
**Summary Table 1 Estimated Global Markets for Metal Powders 2005**

	<b>Tonnes</b>	<b>US\$ (million)*</b>
Iron and steel	1 060 000	930
Aluminium	110 000	550
Copper and Copper-base	65 500	330
Nickel	50 000	1000
Tungsten	37 000	600
Cobalt	6000	300
Tin	2600	32

\*Values based on approximate prices of typical grades, in 2005 dollars

Evolução do mercado global de pó de ferro (em toneladas)

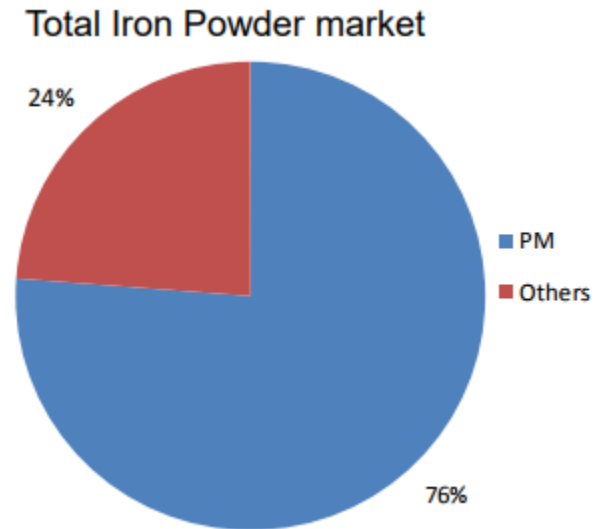
## Development of the total Global Iron Powder Market





# Mercado global de pó de ferro

- Pó de ferro na produção global de ferro e aço de 2010: 0,1%
- Destes, 76% são utilizados para PM (componentes compactados e sinterizados).
- Os 24% restantes correspondem a outras aplicações, como eletrodos de soldagem, bolsas-quentes e absorvedores de oxigênio.



## Mercado de WC:

Em 2015, o mercado global de WC foi avaliado em US\$ 2.492,9 milhões, podendo chegar em US\$ 3.355 milhões em 2022.

Sua utilização em ferramentas de corte correspondeu a 41,9% da receita global, enquanto o mercado automotivo ficou em segundo lugar, correspondendo a 36,3%

O mercado asiático foi responsável pela geração de 49,4%, equivalente a US\$ 1232,5 milhões, de toda a receita e é, ainda, a região com maior potencial de expansão.

# Mercado de WC

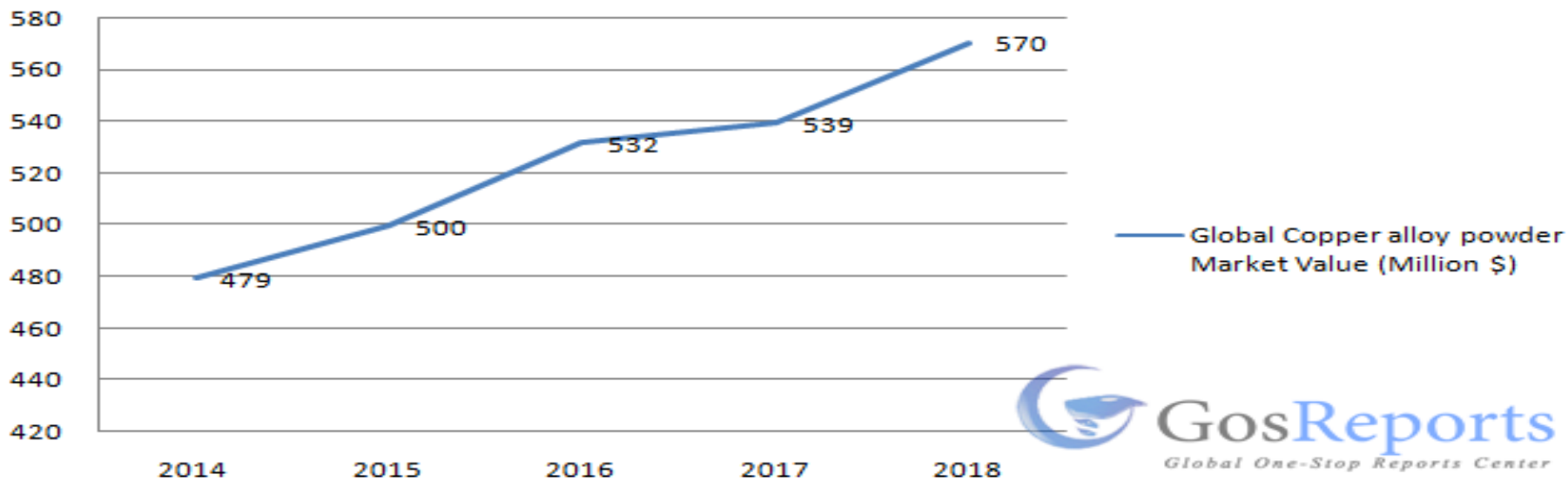
Em 2016 movimentou USD 14.78 bilhões ~ R\$ 46,39 bilhões

Setores de maior importância:

Ferramentas de corte: 41,9 % em valor;

Automotivo: 36,3 % como uso em aplicação final.

## Global Copper alloy powder Market Value (Million \$)



Fonte: <http://www.gosreports.com/global-copper-alloy-powder-market-worth-570-billion-by-2018/>



# Cerâmicas de engenharia

TABLE 2. World Market\* for Powders for Advanced Ceramics in 1980-2000 [4]

Powder	Demand, million dollars			
	1980	1985	1994	2000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2320	4010	6019	8820
Titanates	1289	2391	3642	5240
Ferrites	560	935	1434	2190
ZrO <sub>2</sub>	312	633	1164	2080
Cordierite	245	230	570	780
BeO	76	110	140	150
SiC	309	670	1095	1465
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	20	64	120	200
Others	700	1364	2570	4445

\* According to the data of The Freedonia Group, Inc., (USA).

# Mercado

## Sales of Major PM Materials

	2010 Actual				2016 Forecast			
	<u>tons</u>	<u>%</u>	<u>\$million</u>	<u>%</u>	<u>tons</u>	<u>%</u>	<u>\$million</u>	<u>%</u>
<b>NdFeB</b>	67,300	10.5%	5,700	65.1%	145,000	14.8%	10,365	68.0%
<b>SmCo</b>	2,310	0.4%	270	3.1%	3,864	0.4%	315	2.1%
<b>Ferrite</b>	567,000	88.2%	2,600	29.7%	822,000	84.1%	4,325	28.4%
<b>Alnico</b>	5,555	0.9%	125	1.4%	6,050	0.6%	160	1.1%
<b>Other</b>	540	0.1%	65	0.7%	570	0.1%	68	0.4%
<b>Totals</b>	<b>642,705</b>	<b>100.0%</b>	<b>8,760</b>	<b>100.0%</b>	<b>977,484</b>	<b>100.0%</b>	<b>15,233</b>	<b>100.0%</b>

Issues distorting material sales balance include: 1) artificially low RE prices, 2) shift to light-weight technologies in transportation and portable devices, 3) increasing use of PM generators in wind and 4) slowing of major economies (China, Europe).

# Projeção do mercado

Annual Permanent Magnets Market Size Forecasts by Product Segment (2015-2022)

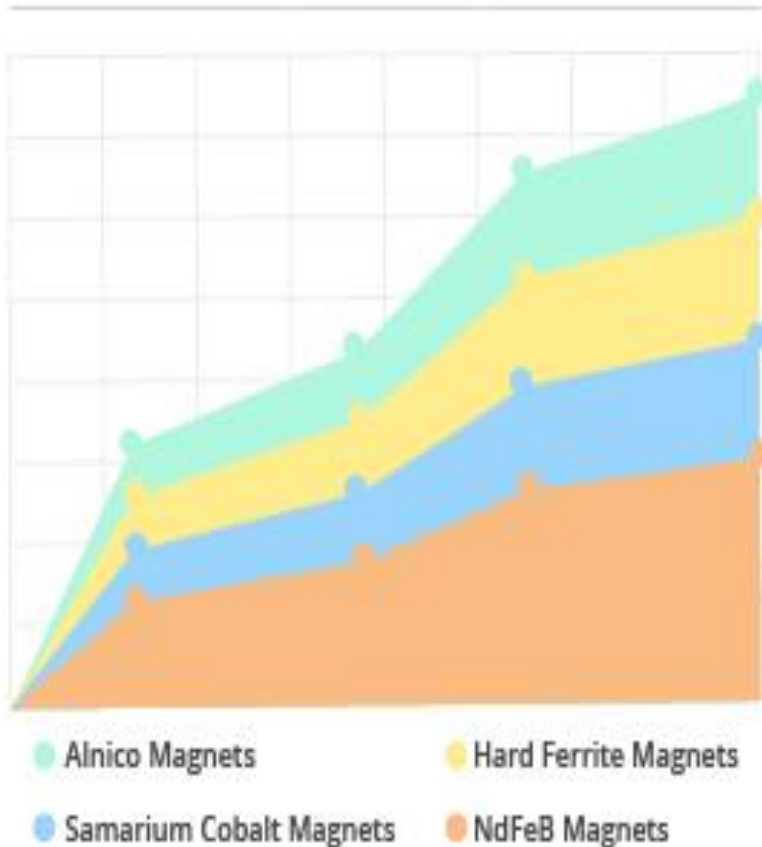
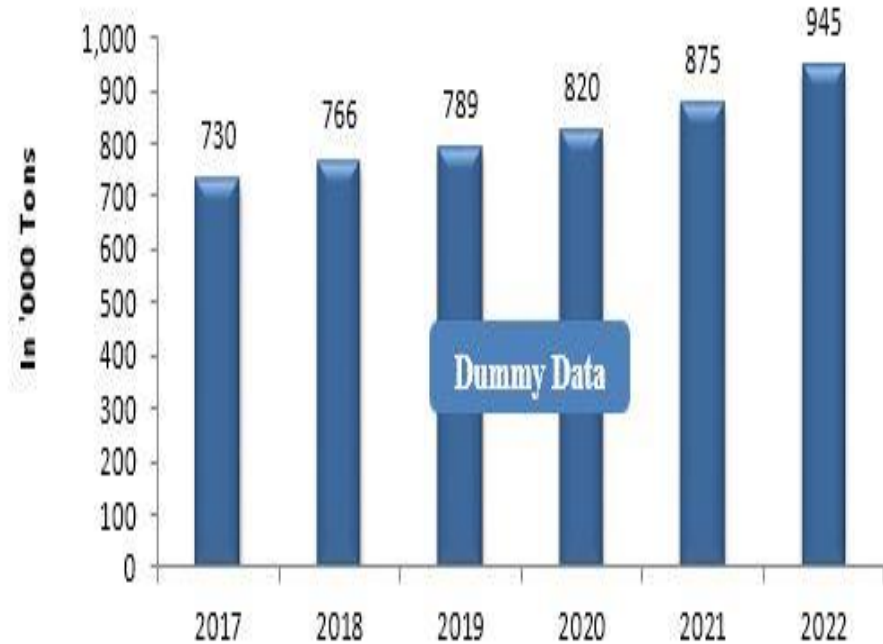


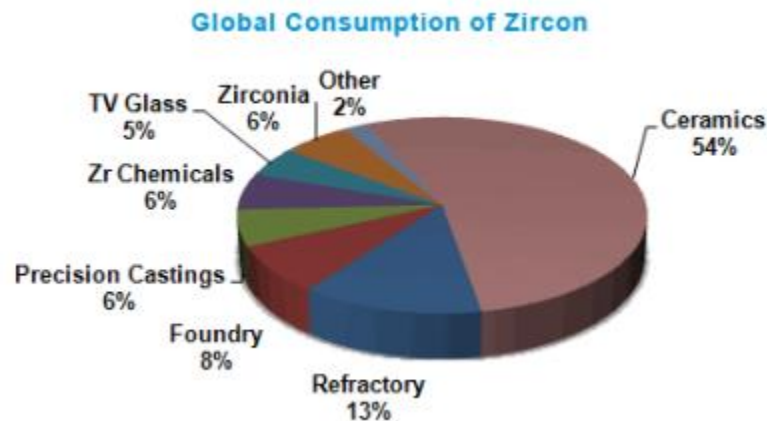
Figure 1: Global: Ferrite Magnet Market Forecast: Sales Volume (in '000 Tons), 2017-2022



Source: IMARC Analysis, 2016

# Mercado mundial de zirconia

- A produção mundial de zircônia é de cerca de 50.000 toneladas.
- O mercado mundial de zircônia movimentava cerca de 500 milhões de dólares anualmente.
- O Brasil importa cerca de 3 milhões de dólares em zircônia anualmente.
- 6% do silicato de zircônio mundial é destinado a produção de se zircônia.



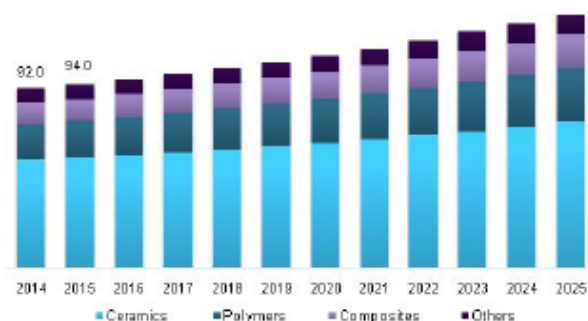


# Escova de carbono: Mercado mundial

- ❑ Escovas de carbono e grafite são o 2448º produto mais comercializado no mundo, e movimentaram \$618M no mundo em 2015
- ❑ No mesmo ano:
  - ❑ os países que mais exportaram o produto foram: Alemanha (\$133M), Japão (\$71M), Estados Unidos (\$51.8M) e Áustria (\$50.7M)
    - ❑ Brasil: 0.95% (\$5.89M)
  - ❑ os países que mais importaram o produto foram: China (\$71.7M), Estados Unidos (\$60.9M), Alemanha (\$44.4M), México (\$34.7M) e Itália (\$27.5M)
    - ❑ Brasil: 1.3% (\$8.13M)

# Mercado mundial - Cenário geral

- O mercado global de materiais piezoelétricos foi avaliado em US\$1,17 bilhões em 2015 e a expectativa é a de que cresça para US\$1,68 bilhões até 2025.
  - O mercado de dispositivos que usam materiais piezoelétricos é ainda maior, com expectativa de crescimento de US\$31,1 bilhões até 2022.
- O aumento do mercado é justificado pelo aumento dos gastos das maiores empresas do ramo tecnológico na implementação de processos automáticos, como uma forma de diminuição dos custos de produção.



Receita do mercado de materiais piezoelétricos no Japão, 2014-2025 (Dólares)

# Mercado de nanopartículas

- Em 2015, o mercado movimentou de **US\$ 5 a 15 bilhões**. (GPA: R\$ 69 bilhões)
- A previsão para o mercado mundial industrial em 2022 é de **US\$ 16 a 55 bilhões**.
- A empresa de consultoria Grand View Research, Inc. estimou que o mercado de nanopartículas de prata será de **US\$ 2,45 bilhões** em 2022.
- Mercado de cosméticos: **US\$ 155 milhões** em 2012

# Produção e consumo de nanotubos de carbono

- O comércio mundial de CNT em 2014 foi de aproximadamente \$158.6 milhões [KUMAR *et al.*, 2017] ;
- Projeta-se que em 2019, esse mercado atinja \$670.6 milhões [KUMAR *et al.*, 2017] .

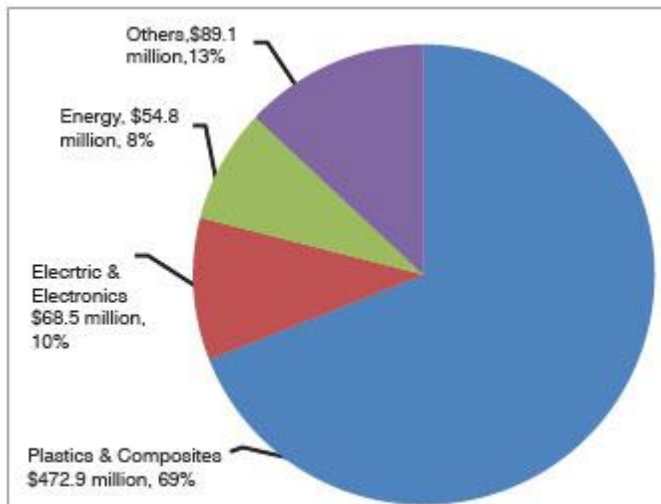


Figura 3 – Mercado global de CNTs em 2011 por indústria [NANOWERK, 2011]

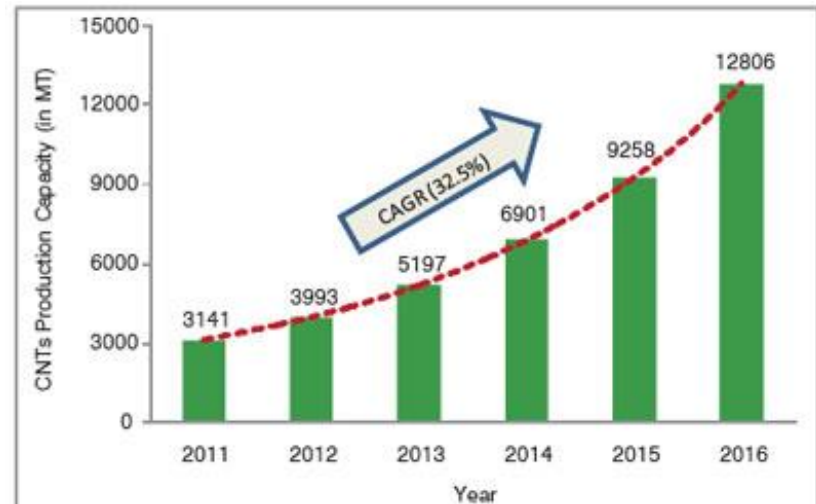


Figura 4 – Projeção feita em 2011 para a capacidade global de CNTs até 2016 [NANOWERK, 2011]



Nanoparticle Companies	Products
American Elements	Nanoparticles and quantum dots
Applied Nanotech	Nanoparticles, carbon nanotube composites and nanoparticle based sensors
ApNano Materials	Lubricants enhanced with nanoparticles
Antaria	Zinc oxide nanoparticles used in coatings to reduce UV exposure
BASF	Fabric enhanced with nanoparticles
Cline Scientific	Gold and silver nanoparticles in suspension or on surfaces, including nanoparticle surface gradients.
Creative Diagnostics	Nanoparticles used in biology and medicine.
CytImmune	Gold nanoparticles for targeted delivery of drugs to tumors
Emfutur Technologies	Nanoparticles
Evident	Quantum Dots
Energenics	Diesel additive containing cerium oxide nanoparticle catalyst to reduce fuel consumption
HiQ-Nano	Metal, magnetic, silica nanoparticles and quantum dots
Intrinsiq Materials	Nanoparticle based inks
IOTA NanoSolutions	Nanoparticle formulations designed to overcome low solubility
Meliorum Technologies	Metal, oxide and silicon nanoparticles
Mesolight	Luminescent nanocrystals
Nanocs	Gold and silver nanoparticles
Nanoco Technologies	Quantum dots
nanoComposix	Nanoparticles
Nanorade	Custom nanoparticles