

# LABMAT

Apresentação da Equipe do LABMAT no Workshop  
"Oportunidades de Desenvolvimento e Inovação  
em Mineração e Metais“,

Apresentação: LABMAT/UFSC  
Data: em 27/outubro/2015

# HISTÓRICO

Física de plasma,  
laser, magnetismo

Metalurgia do pó,  
Comportamento mecânico

Junção das linhas de pesquisa  
e Início *LabMat*



Reator Industrial PADS



Parceria LabMat - Embraco

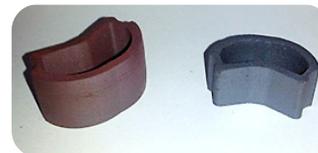
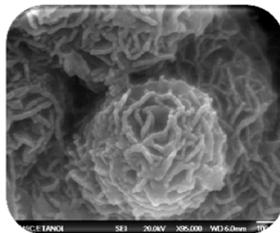
FINEP/PADCT Nitretação por Plasma 1992-1996 → Biela nitretada por plasma

PRONEX/MCT Processos e produtos de injeção 1996-2002

FINEP - PADS 2002-2004

FINEP/Fundo setorial - Tecnologia de plasma 2003-2004





Foco:  
Lubrificação  
Sólida

Reator Industrial  
de Nitretação

Lubrificação  
Sólida

**2004**

2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 ... 2017

FINEP Tecnologia  
de plasma

2004-2005

FINEP Lubrificação Sólida I

2005-2006

FINEP Lubrificação Sólida II

2007-2010

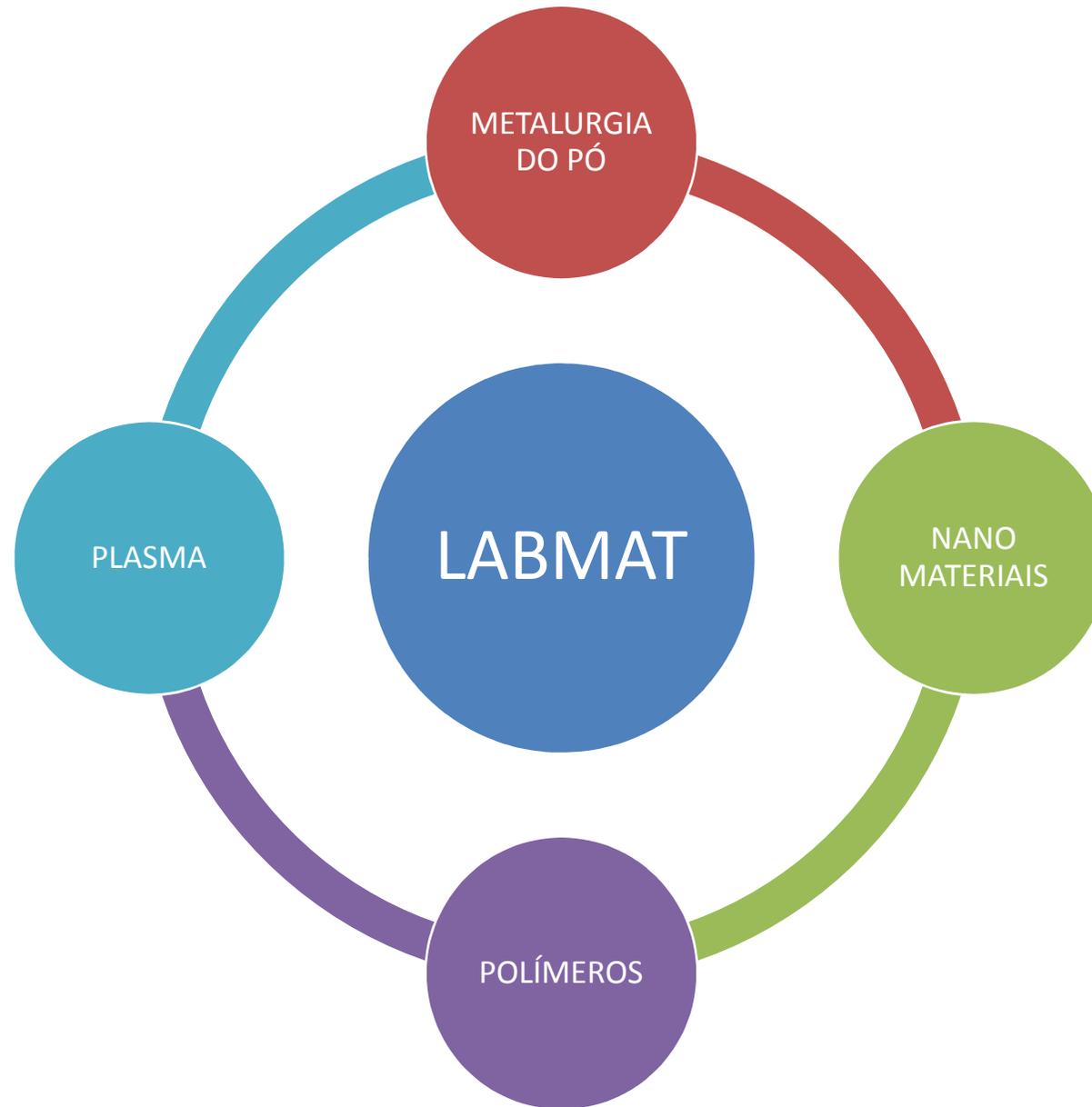
BNDES 1: Materiais para compressores sem óleo

2010-2013

BNDES 2: Materiais para eficiência energética e sustentabilidade

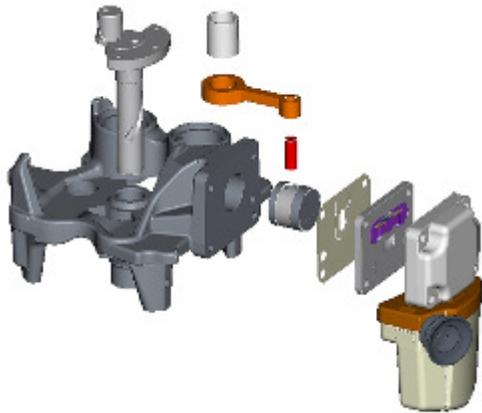
2014 .... 2017

# LABMAT/ Linhas de atuação



# METALURGIA DO PÓ - TRIBOLOGIA

## MATERIAIS AUTOLUBRIFICANTES



PISTÃO



BIELA

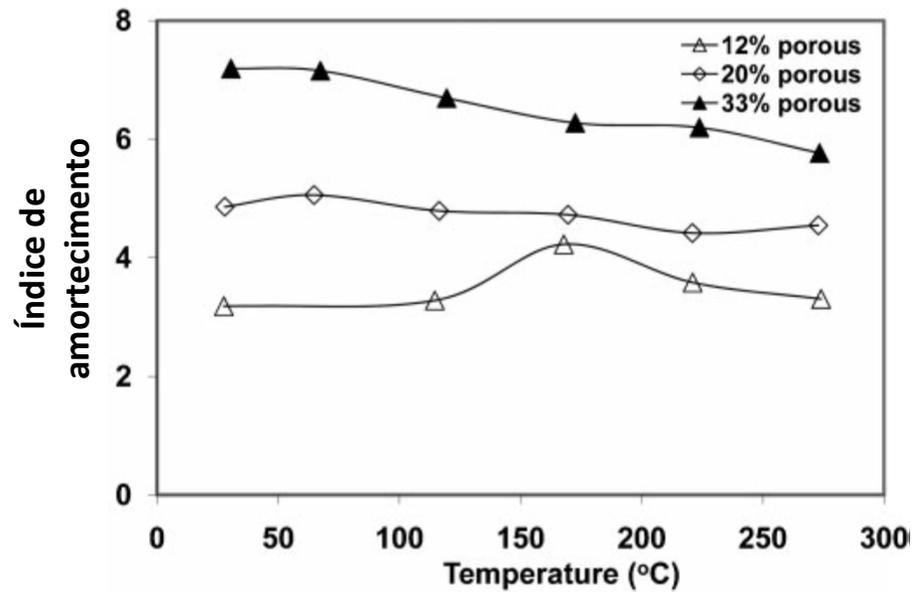


BUCHA

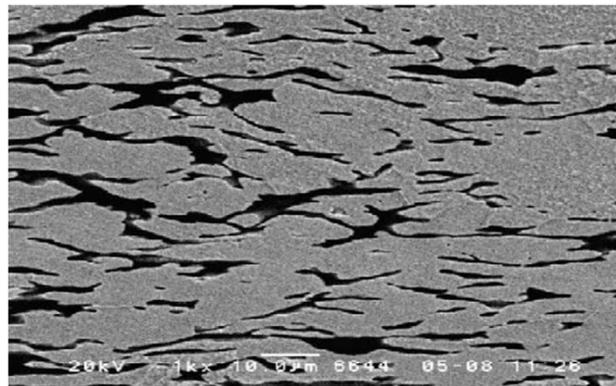
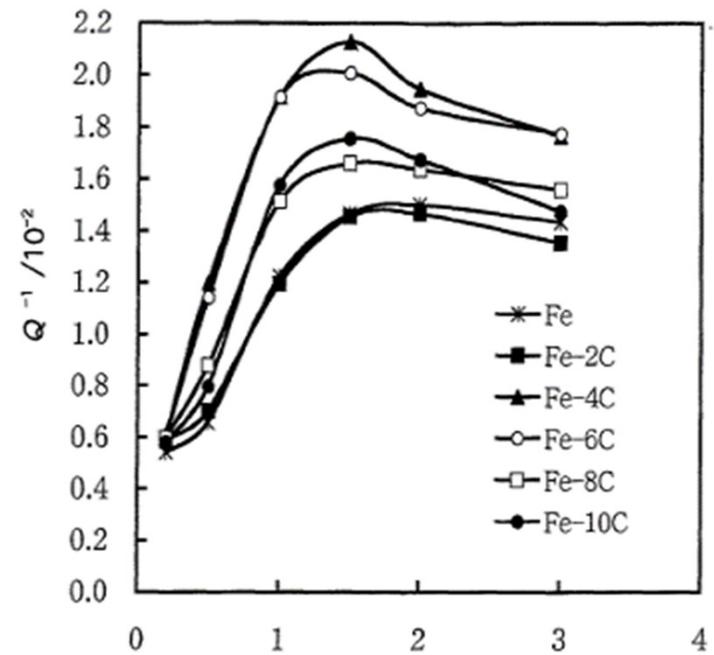
MATERIAL	COEF ATRITO	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO
AÇO SINTERIZADO	0,50	500 MPa
INJETADO FERROSO	0,04	1200 MPa
COMPACTADO FERROSO	0,10	800 MPa

# METALURGIA DO PÓ - ANTIVIBRAÇÃO

Influência dos poros

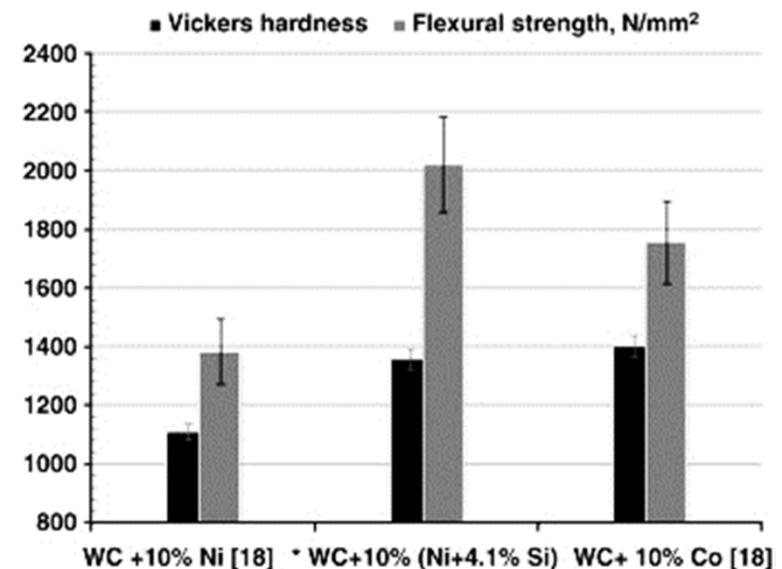
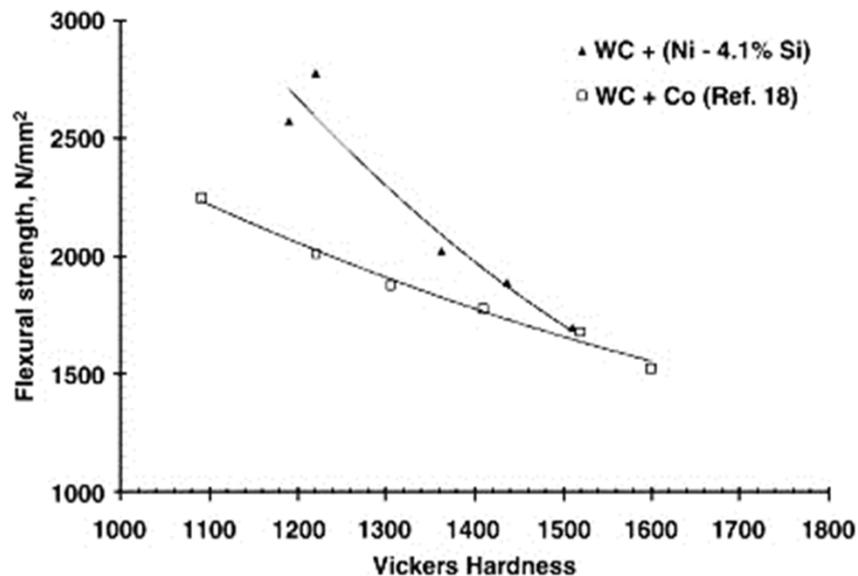


Fe + 2 a 10 %wt de Grafite



# METALURGIA DO PÓ – METAL DURO

Alloy	WC (wt.%)	Binder (wt.%)	Binder composition (wt.%)			Mechanical properties	
			Ni	Si	C	Hardness HV30	Flexural strength (N/mm <sup>2</sup> )
1	94	6	94.1	4.1	1.8	1510 ± 10	1700 ± 162
2	92	8	94.1	4.1	1.8	1436 ± 26	1890 ± 222
3	90	10	94.1	4.1	1.8	1362 ± 30	2018 ± 208
4	88	12	94.1	4.1	1.8	1220 ± 20	2784 ± 279
5	86	~14	94.1	4.1	1.8	1190 ± 25	2610 ± 197



Correa, E.O. ; Santos, J. N. ; Klein, A. N. – “Microstructure and mechanical properties of WC Ni Si based cemented carbides developed by powder Metallurgy”. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials), v. 28, p. 572-575, 2010.

→ TAMBÉM COM A PRODUÇÃO DE FILMES DE DIAMANTE

# METALURGIA DO PÓ - MATERIAL POROSO - ACÚSTICA



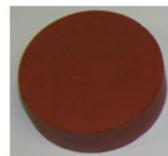
Preparação dos Pós

**Etapa 1**



Mistura dos Pós

**Etapa 2**



Compactação das Amostras

**Etapa 3**



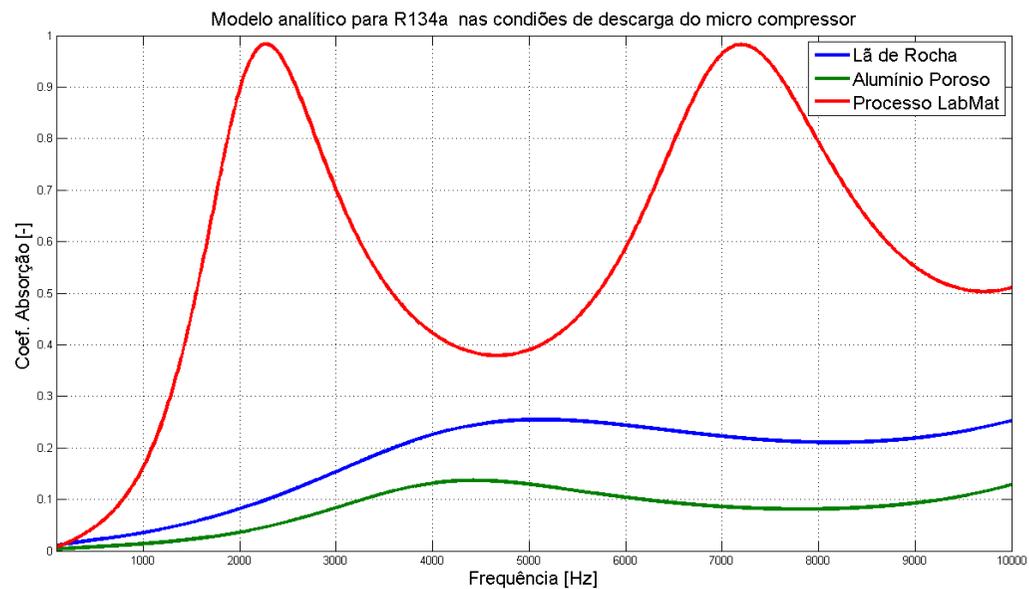
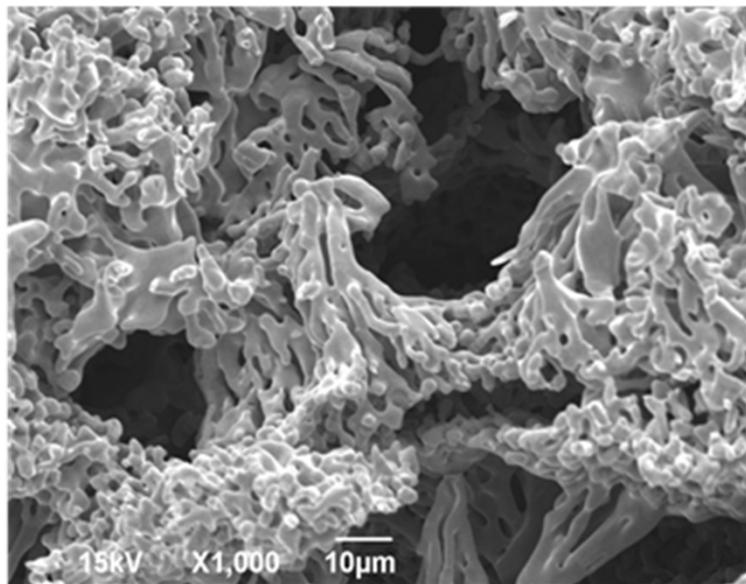
Eliminação do Carbono – Ar atmosférico

**Etapa 4**



Redução do óxido para Fe – H<sub>2</sub>

**Etapa 5**

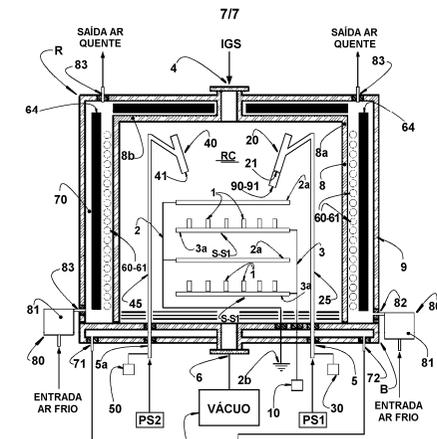
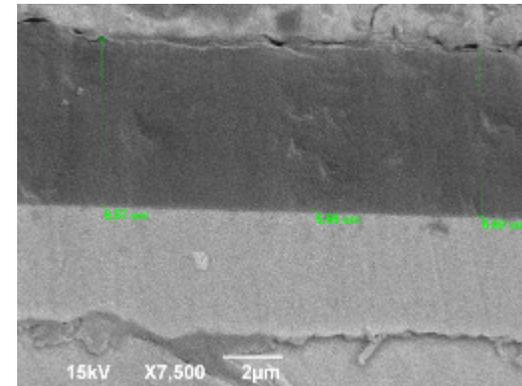
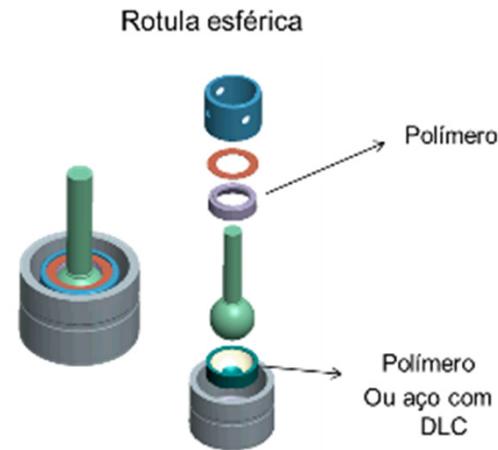


# TRIBOLOGIA

## TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

LINHAS	BENEFÍCIOS
1. DLC;	a) Propriedades tribológicas;
2. Novos filmes (baixo atrito e alta resistência ao desgaste) → aplicação em sistemas com óleo	b) Diminuição torque de partida;
	c) Redução de custo.

Aplicações:



# TRIBOLOGIA

## TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE: CASO EMBRACO

Projeto FINEP:  
Desenvolvimento  
Processo

2004-2006



Escalonamento e  
Certificação

2007-2008

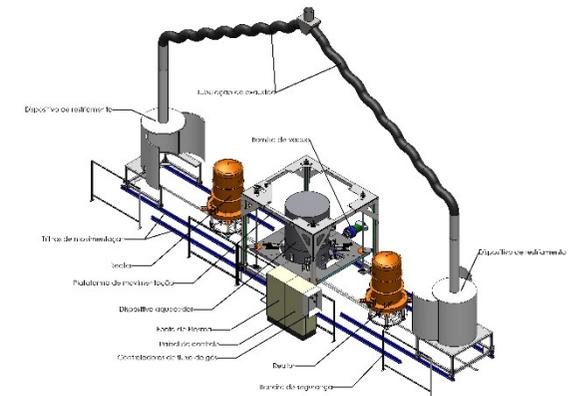


Reator Industrial  
LabMat



Célula Nitretação  
GKN  
50 milhões de componentes  
produzidos

2015



# TRIBOLOGIA

## CASO LUPATECH

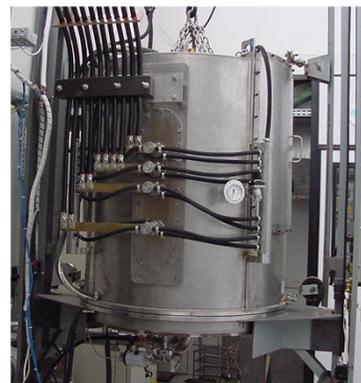
Projeto FINEP:  
Desenvolvimento  
Processo

Escalonamento e  
Certificação

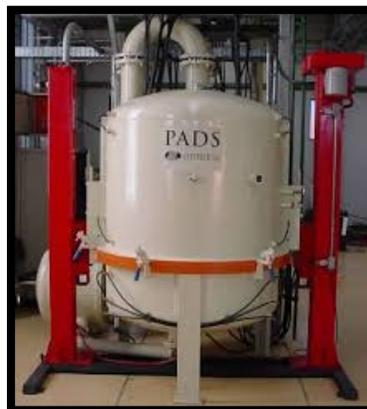
2002-2004

2005-2006

2015



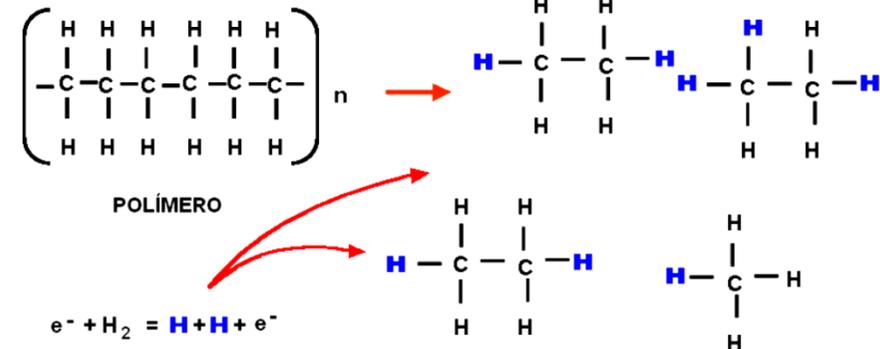
Reator Semi  
Industrial LabMat



Célula Extração de  
Ligantes e  
sinterização

BOMBARDEAMENTO DAS  
MACROMOLÉCULAS POR ELÉTRONS  
(COLISÕES INELÁSTICAS)

DISSOCIAÇÃO DAS  
MACROMOLÉCULAS

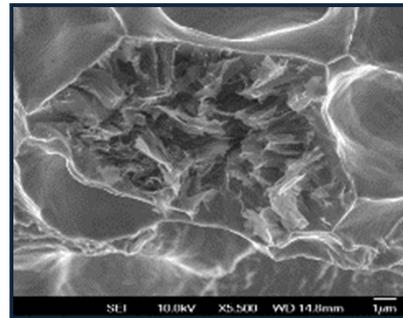
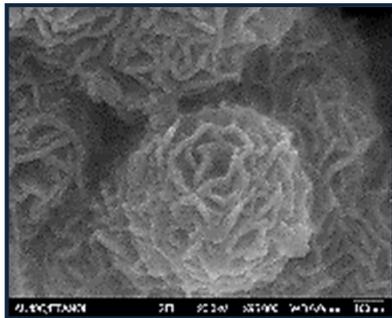


LabMat, ...., US Patent Nr. US 6,579,493 B1 (2003)

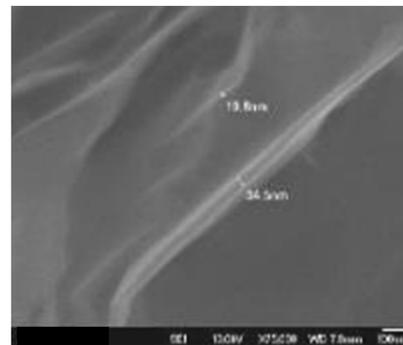
# TRIBOLOGIA

## NANOMATERIAIS

LINHAS	BENEFÍCIOS
1. Nano partículas de $\text{MoS}_2$ , Ni, NiP, C	a) Melhoria propriedades tribológicas (redução de consumo de energia);
2. Nano folhas de grafite turbostrático	b) Melhoria propriedades térmicas (eficiência);

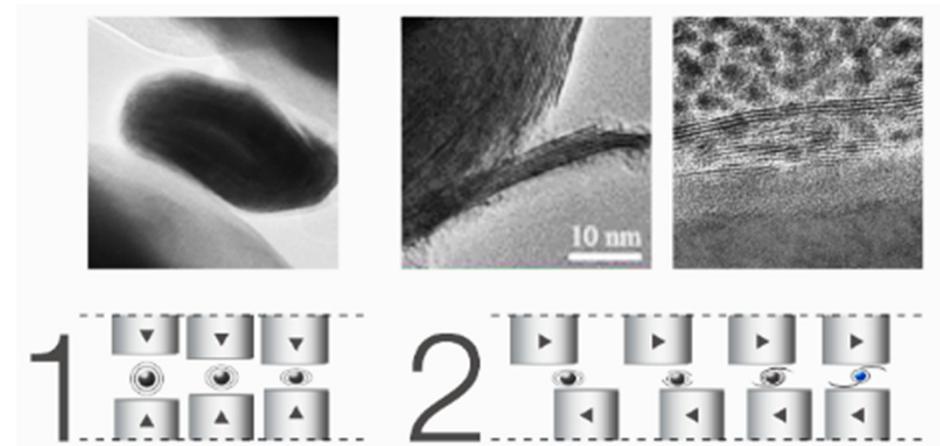


Óleo com Nano partículas



Folhas de carbono

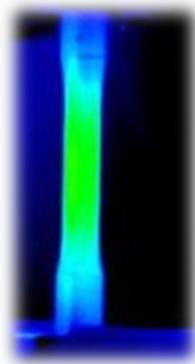
### Aplicações:



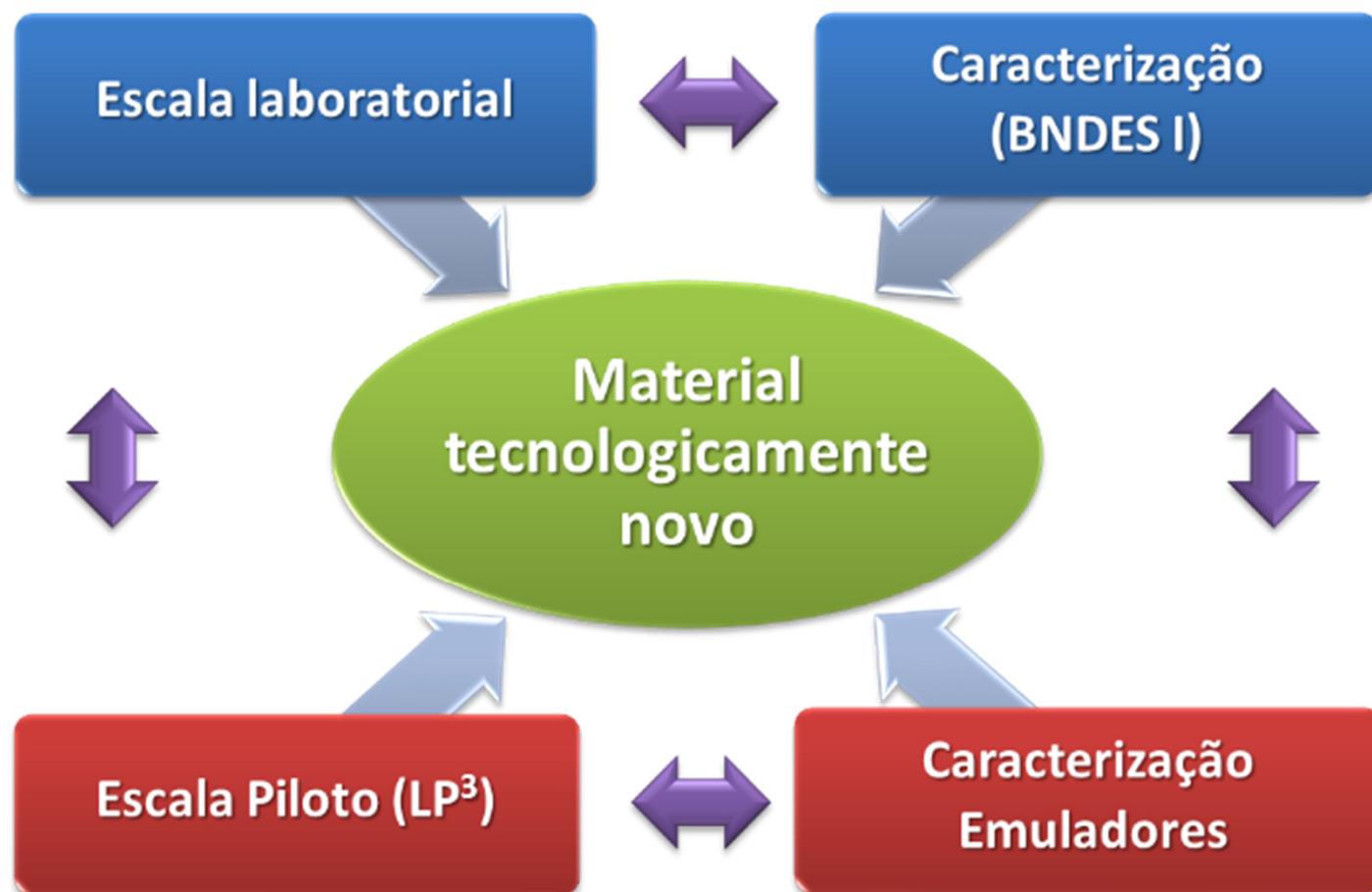
# POLÍMERO – PROJETO FAPESC

LINHAS	BENEFÍCIOS
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Envelhecimento de polímeros;</li><li>2. Tribopolímeros;</li><li>3. Fadiga de polímeros</li><li>4. Caracterização viscoelástica de polímeros;</li><li>5. Análise numérica estrutural de materiais poliméricos.</li><li>6. Projeto estrutural de componentes poliméricos</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Aumento de eficiência termodinâmica;</li><li>2. Aumento de eficiência mecânica (comportamento tribológico)</li><li>3. Redução da geração e transmissão de ruídos;</li><li>4. Viabilização de novos conceitos de mecanismos e componentes.</li></ol>

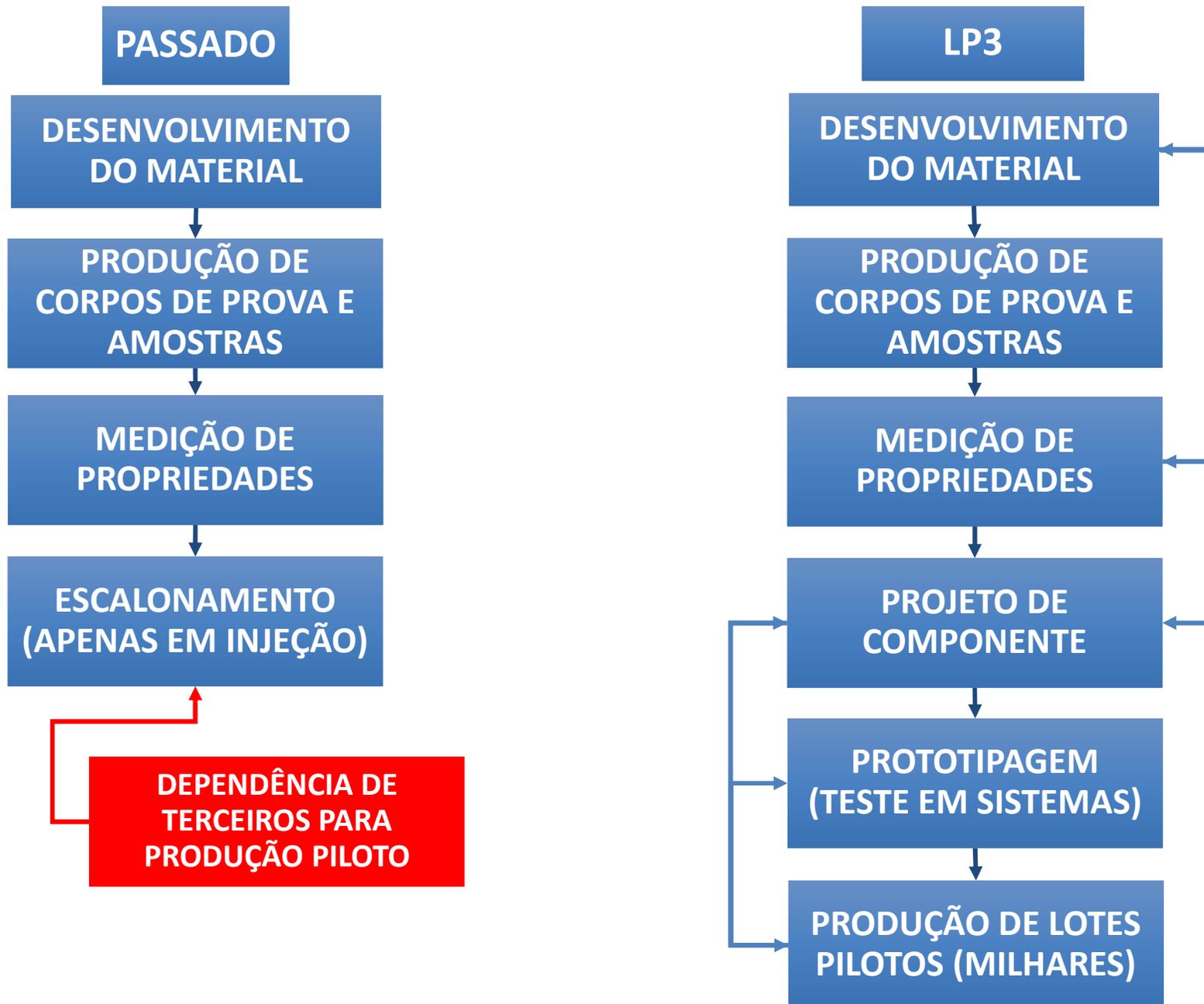
## CARACTERIZAÇÃO



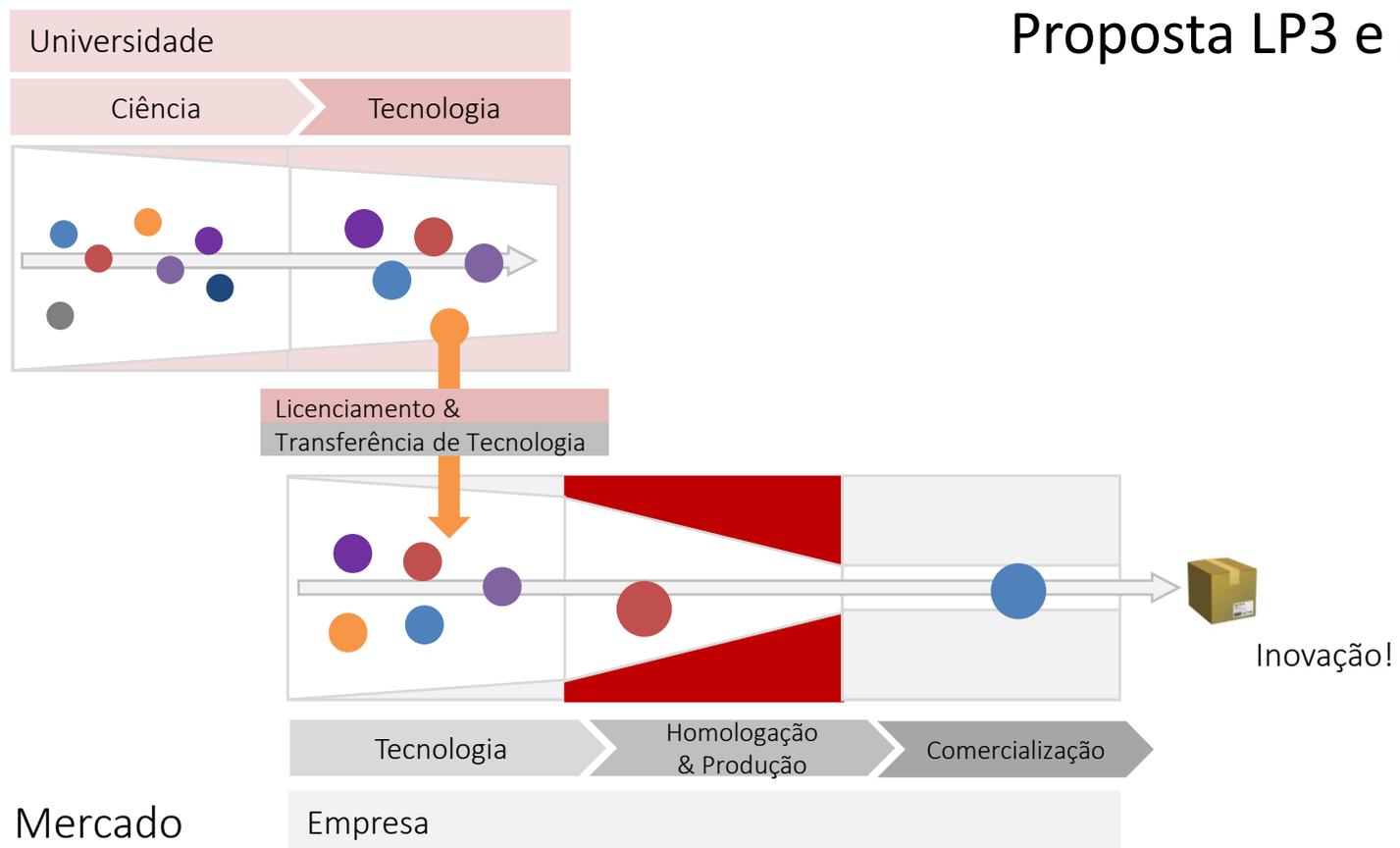
DMA



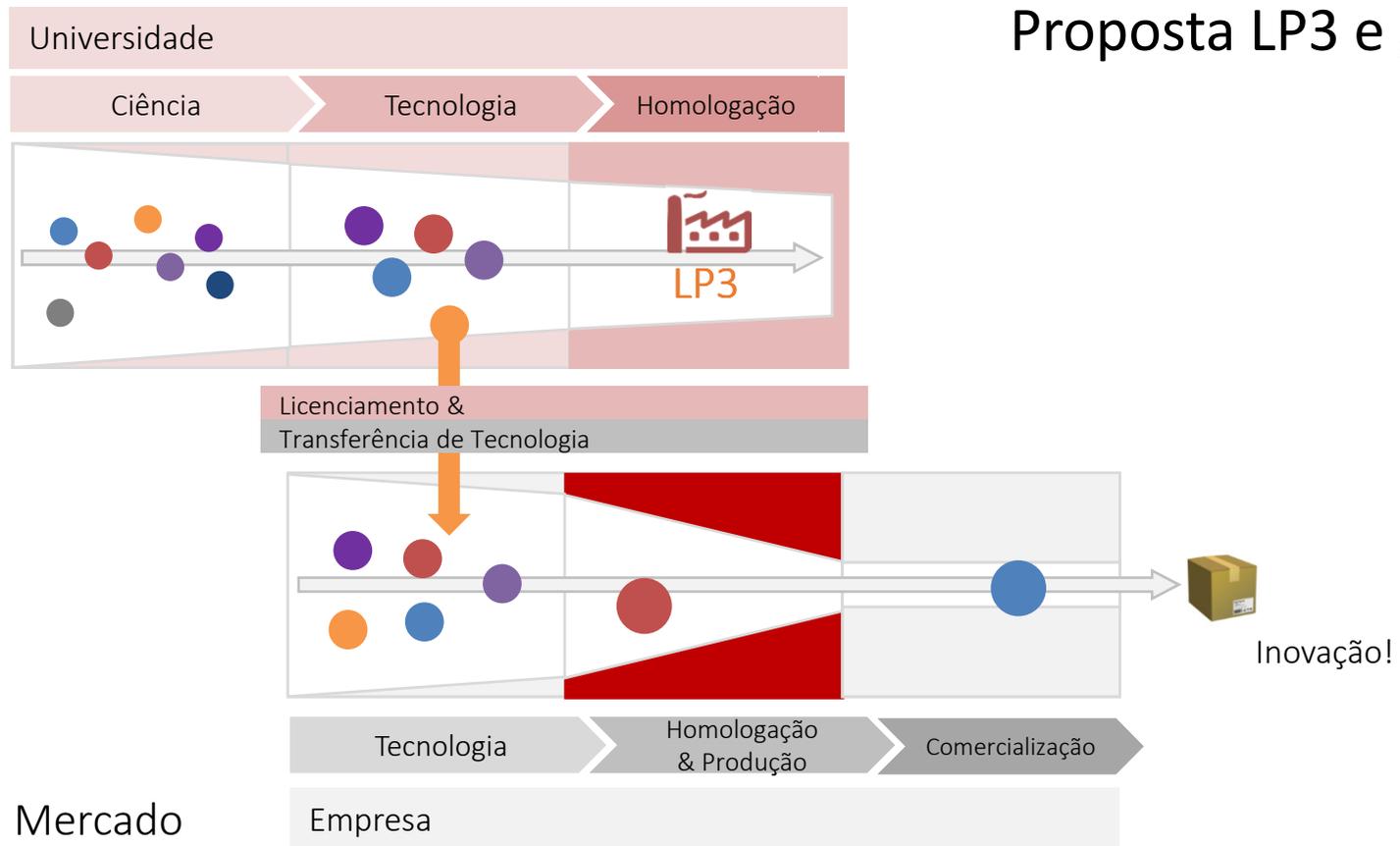
# LP3 : Prototipagem e Produção de lotes Pilotos



# O Ciclo PDI – Universidade, Empresa e Mercado



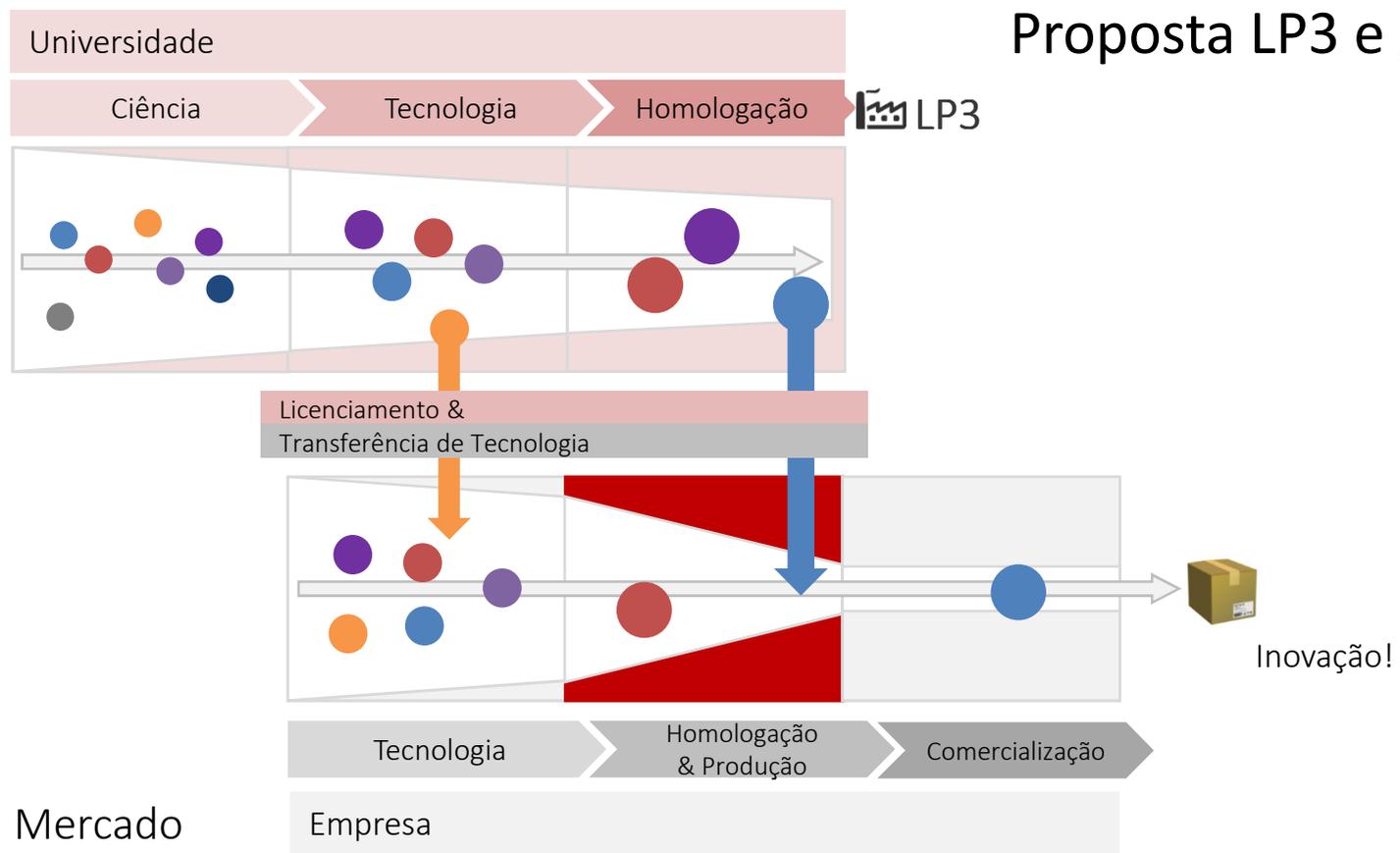
# O Ciclo PDI – Universidade, Empresa e Mercado



Proposta LP3 e gestão



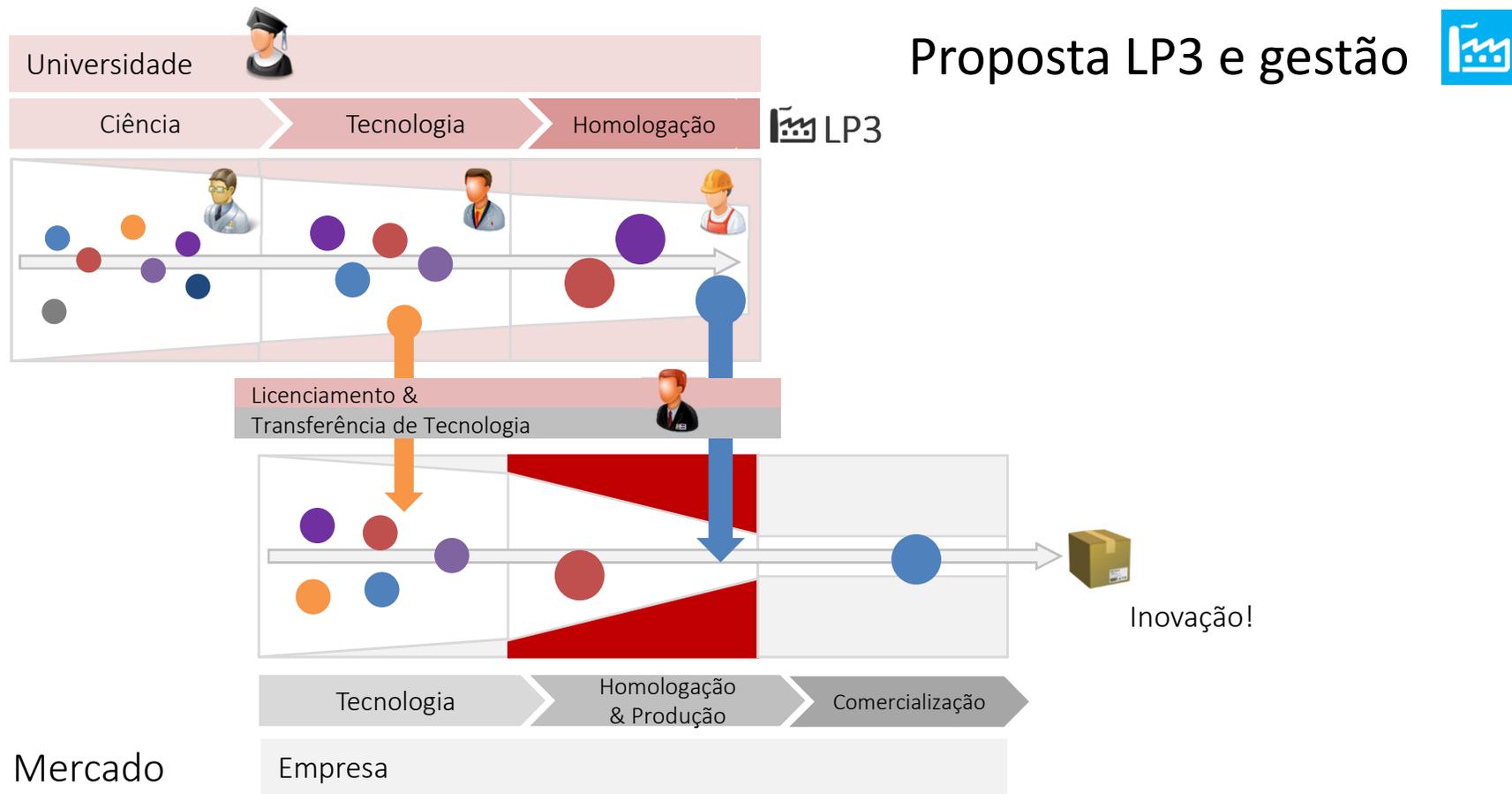
# O Ciclo PDI – Universidade, Empresa e Mercado

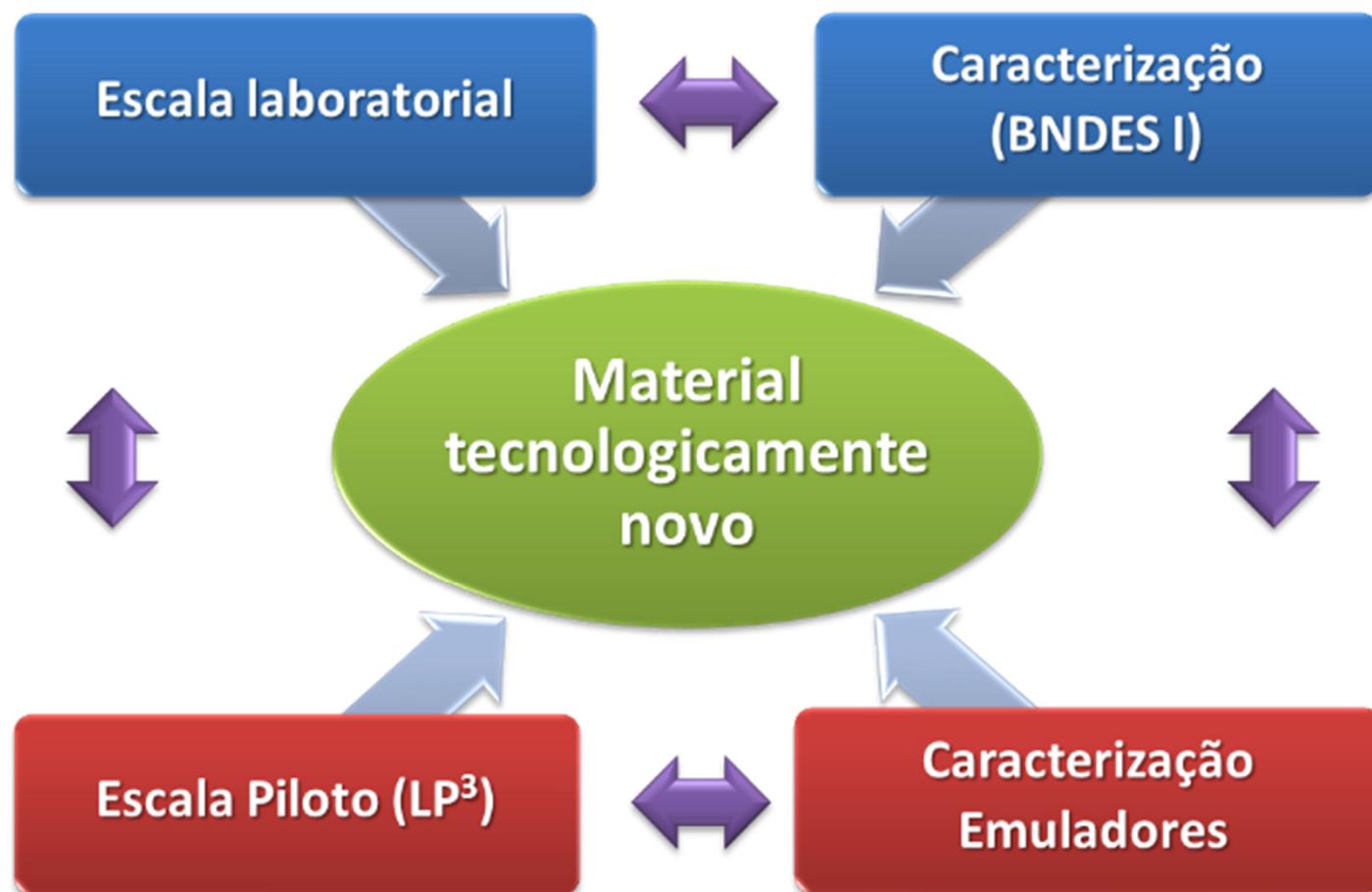


Proposta LP3 e gestão

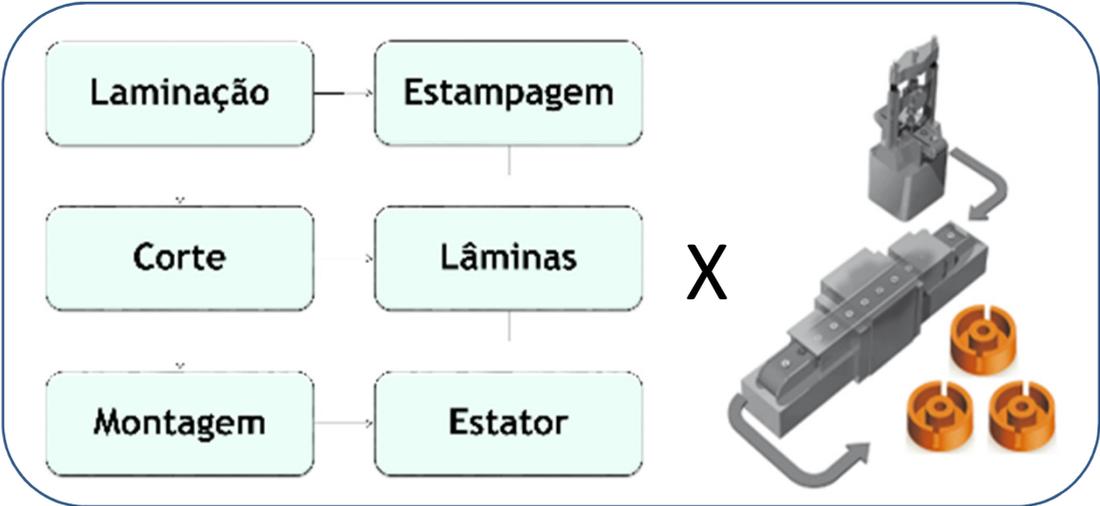
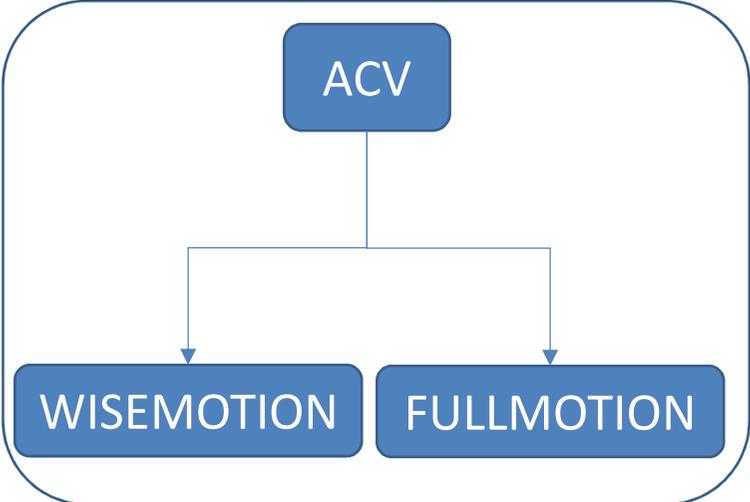


# O Ciclo PDI – Universidade, Empresa e Mercado



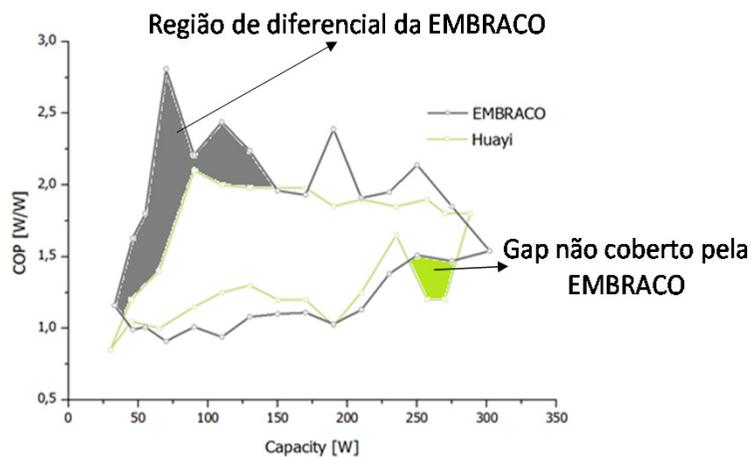


# SUSTENTABILIDADE



## TCI Análises

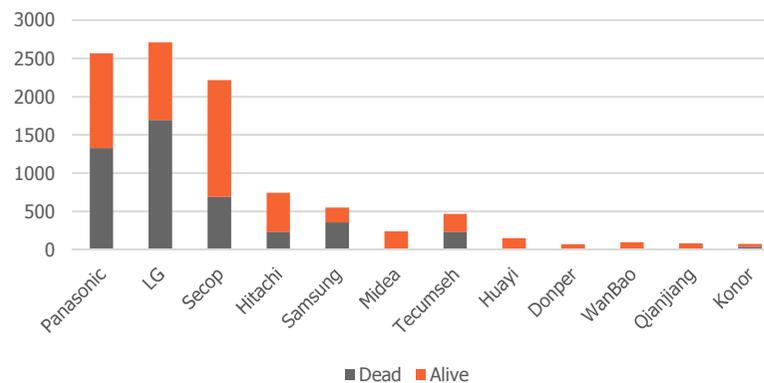
COP x Capacidade: Embraco vs Jiaxipera



Catálogos

\*R600a LBP

Patentes Ativas x Inativas: Concorrentes



Patentes

\*Since 1995

Coleta

9000> Modelos

7000> Patentes

Análise

≈45 Gráficos por Concorrente

Conclusão

Indicadores

# SIMULAÇÃO

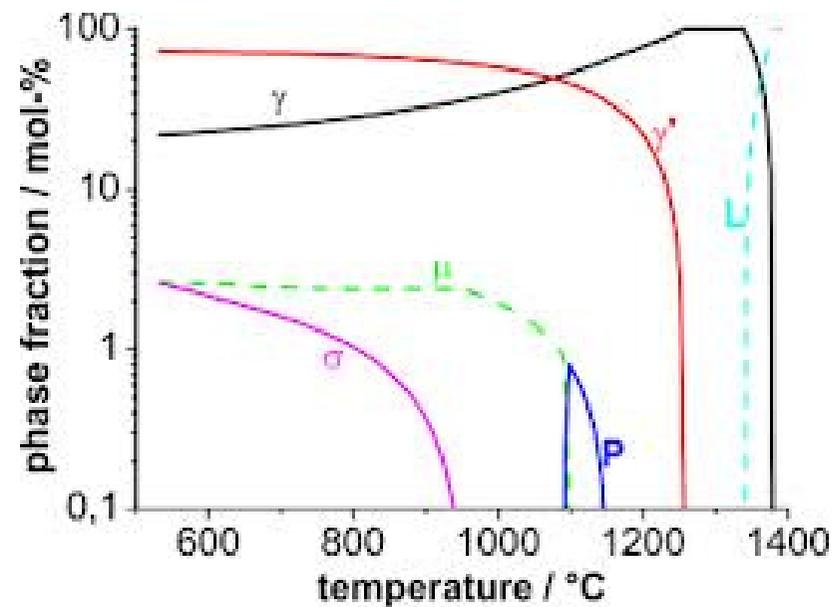
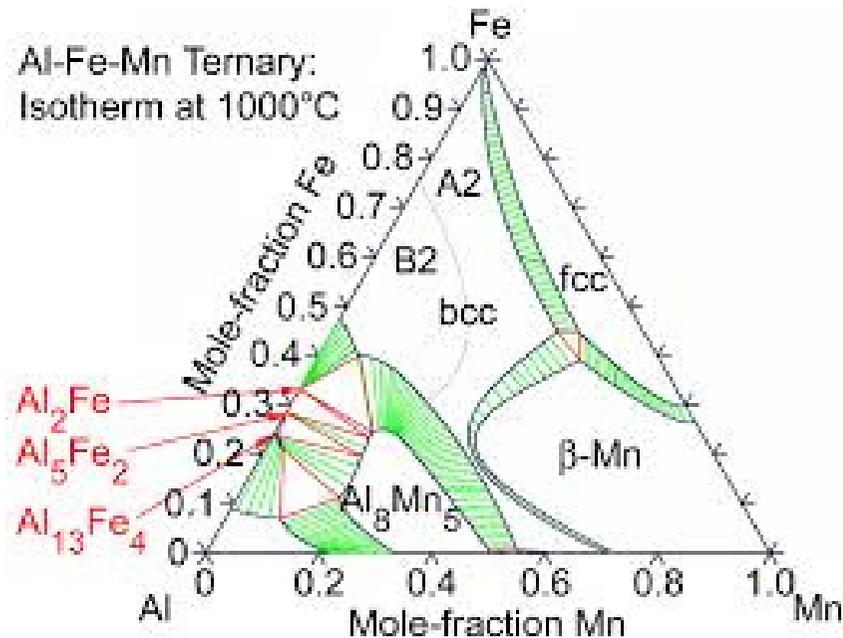
Termodinâmica Computacional → software Thermo-calc

Porque é necessário?

O número de sistemas binários é limitado....

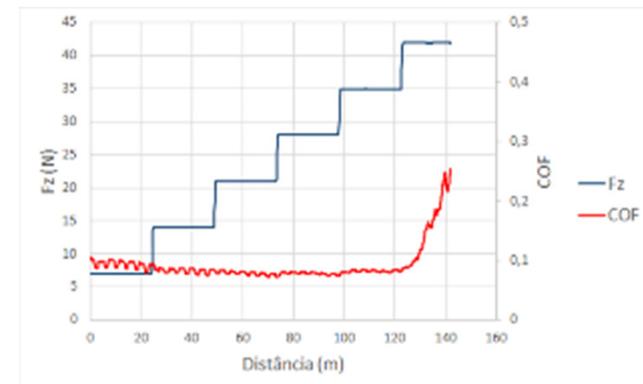
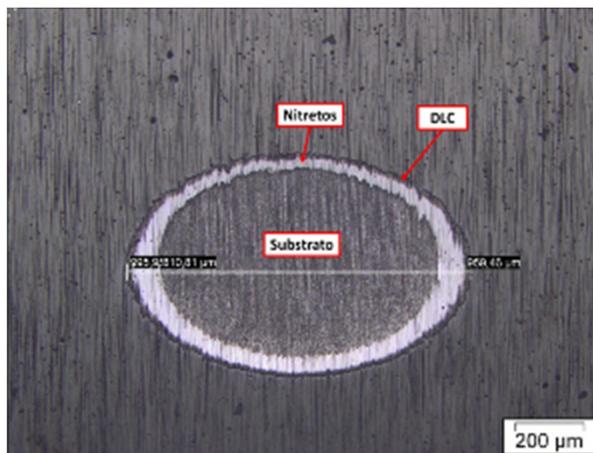
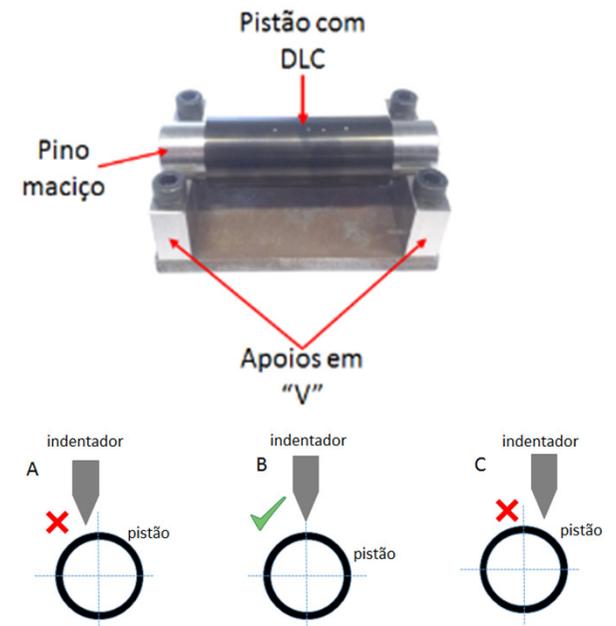
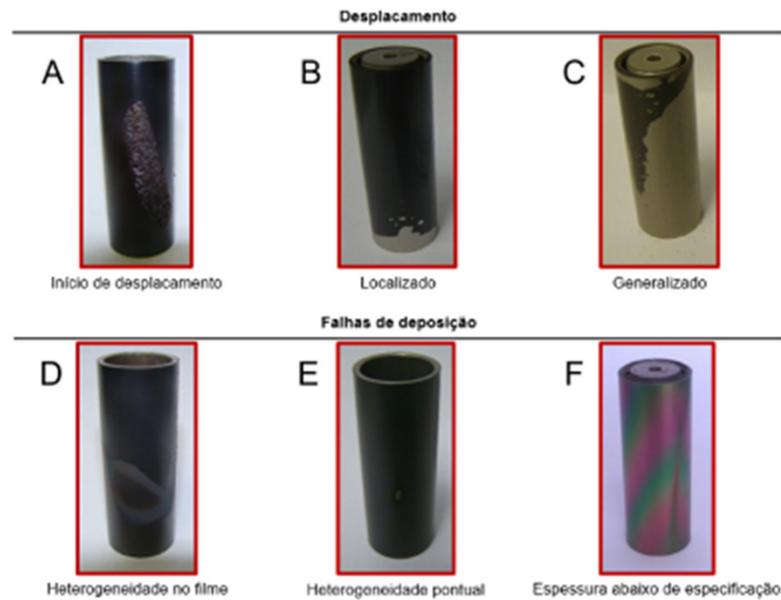
O número de sistemas ternários é imenso....

Materiais de interesse comercial normalmente tem >4 componentes!



# METODOLOGIAS DE CARACTERIZAÇÃO

## METODOLOGIA DE INSPEÇÃO DO PISTÃO COM DLC PARA PLANTA MÉXICO



# OPORTUNIDADES: MINERAIS

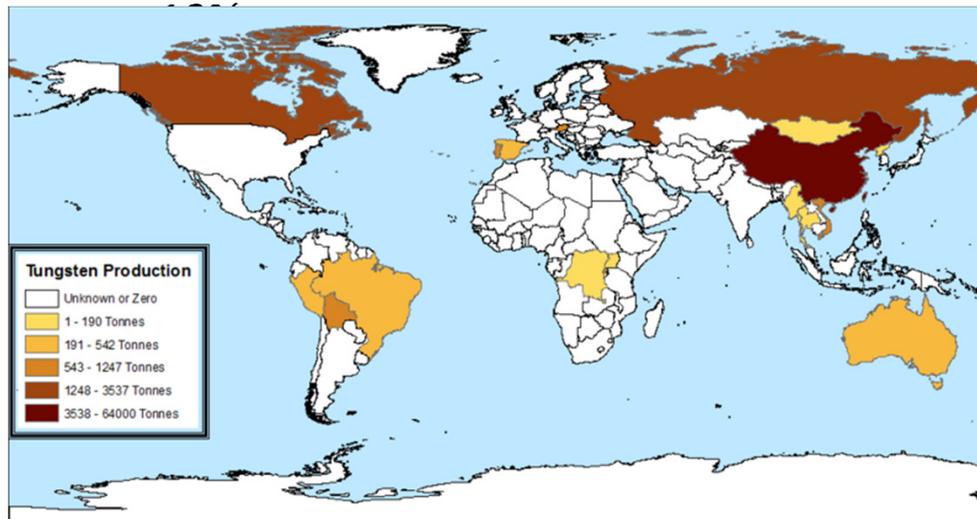
**Minerais Estratégicos “Portadores de Futuro”:** Cobalto, Grafita, Lítio, Metais do Grupo da Platina, Molibdênio, Nióbio, Silício (Grau Solar), Tálcio, Tântalo, Terras Raras, Titânio e Vanádio. Tungstênio (W)

- Desenvolvimento tecnológico e aprimoramento de métodos de pesquisa mineral e de processos de lavra, beneficiamento e transformação dos minérios selecionados;
- Desenvolvimento tecnológico e aprimoramento de processos e produção de ligas, compostos e materiais de alto desempenho;
- Pesquisa e desenvolvimento tecnológico de produtos e aplicações inovadoras baseadas nas propriedades específicas dos minerais.

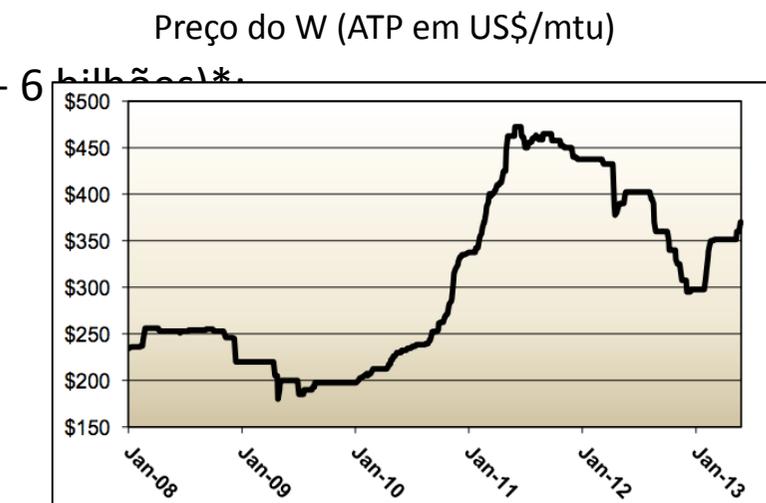
# OPORTUNIDADES: METAL DURO

## Análise do mercado de metal duro

- Tungstênio provém majoritariamente da China (70%) e picos de preço como em 2011 ressaltam a necessidade de solução alternativa;
- Mercado de metal duro apresenta crescimento contínuo: média mundial de 5 a



Fonte: Mineral Commodity Summaries 2015 – U.S. Department of the Interior – U.S. Geological Survey



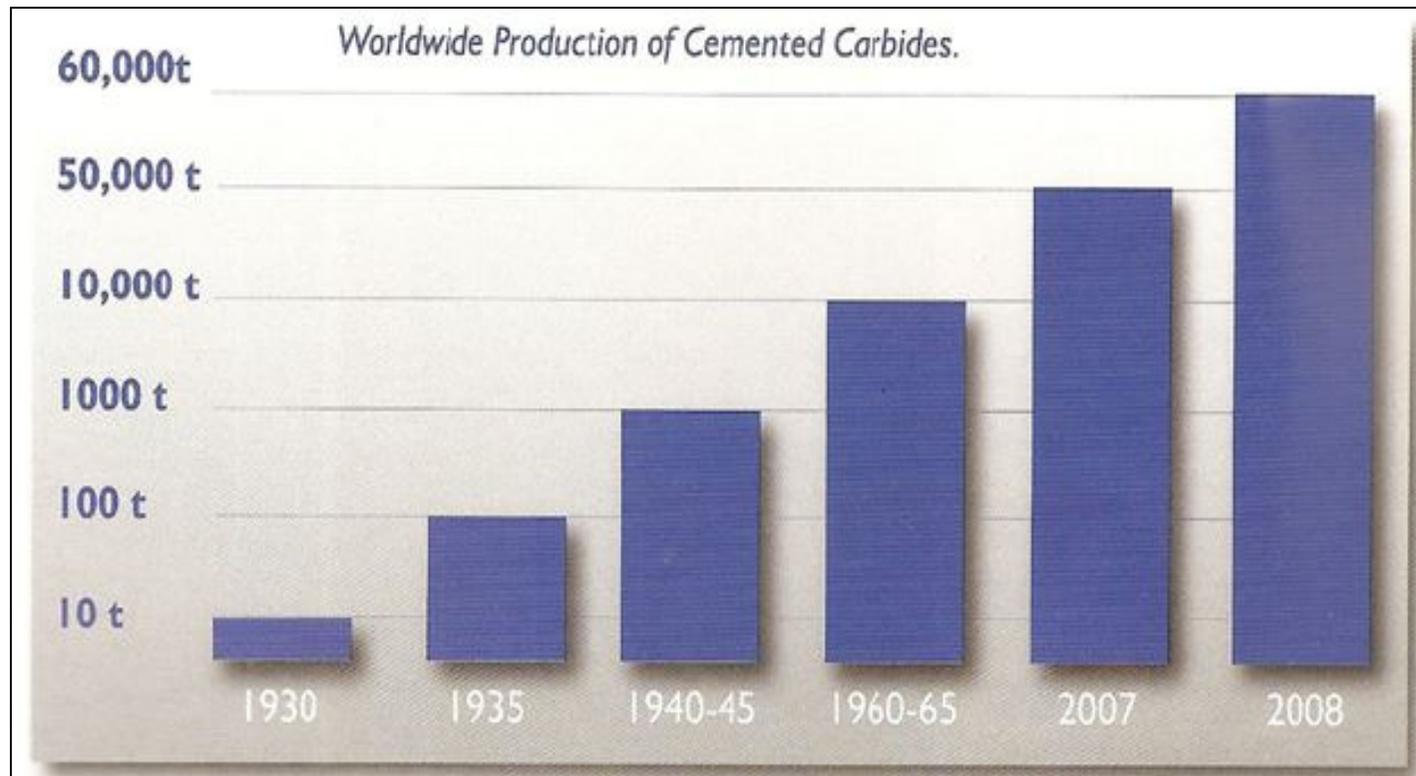
Fonte: Fatprophets - UK

\* em 2013 segundo Kyocera

# OPORTUNIDADES: METAL DURO

## Análise do mercado de metal duro

---



Fonte: Ortner, Ettmayer, & Kolaska, 2014

# Análise técnica

---

Propriedade	(Nb,Ta)C	WC
Dureza	↑	↓
Dureza a quente	↓	↑
Solubilidade no metal de ligação	↓	↑
Molhabilidade no metal de ligação	↓	↑
Resistência a oxidação	↑	↓

} Propriedades chave para elevada Tenacidade e Dureza do produto final

- Aplicação de Carbetos Mistos

Minérios contendo Ta e NB  
(Columbita, Tantalita, Coltan)

Processo  
simplificado →

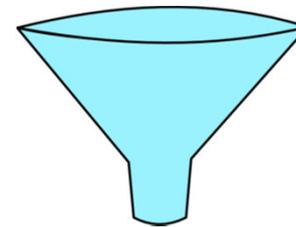
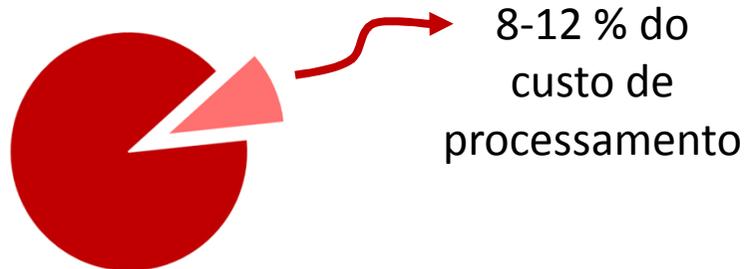
Carbetos Mistos  
(Ta,Nb)C

# Oportunidades de ganho

---

- Aplicação da tecnologia a plasma na remoção de ligantes (PADS - patente LabMat):

Remoção térmica (atual):



Processo demorado  
(gargalo de produção)

Sistema PADS:



# Análise de patentes

---

- Não foi encontrada alguma patente que tratasse especificamente de um metal duro a base exclusiva ou majoritariamente de NbC ou (Ta,Nb)C.
- Principais Players tratam da fase cerâmica de maneira genérica.



# LABMAT

A sugestão inicial de linhas de trabalho nas quais o LabMat poderia colaborar ou desenvolver

1. Desenvolvimento de metal duro a base de (Nb,Ta)C;
2. Revestimentos resistentes ao desgaste a base de nitretos, carbonetos e carbonitretos de Nióbio utilizando tecnologia de plasma.
3. Desenvolvimento de extração de ligantes e sinterização assistida por plasma aplicado a produção de metal duro;
4. Estudo do comportamento tribológico e da usinagem dos novos metais duros desenvolvidos no projeto;
5. Revestimentos aplicados a metal duro (filmes de diamante)
6. Sinterização de compósitos particulados de matriz metálica contendo carbonetos de metais refratários, especialmente Carboneto de Nióbio;

Obrigado pela atenção

A. N. Klein