

INSTITUTO DE CIÊNCIA E
INOVAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA E ENGENHARIA INDUSTRIAL

NANOPARTÍCULAS, APLICAÇÕES E RISCOS ASSOCIADOS

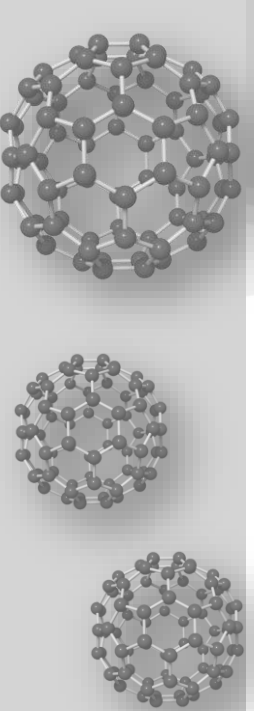
NANOTECNOLOGIA

Susana Sousa (ssousa@inegi.up.pt)



ÍNDICE

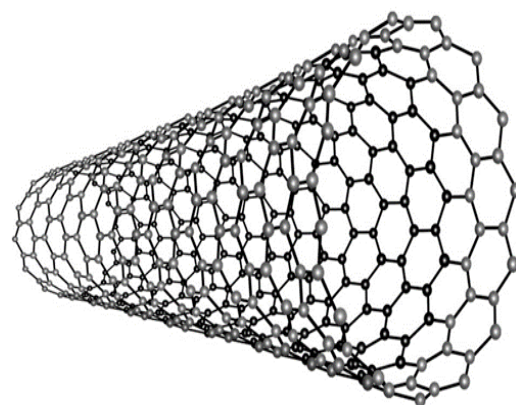
1. INTRODUÇÃO
2. APLICAÇÕES
3. IMPACTOS
4. CONCLUSÕES



NANO

x 100.000

x 100.000



Nanotubo de carbono

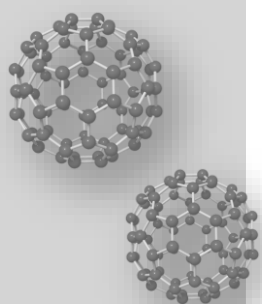
(1 nm de diâmetro)

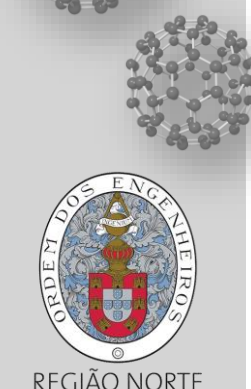
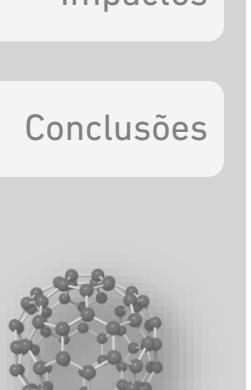
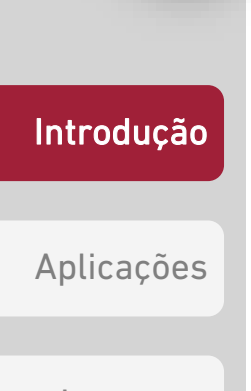
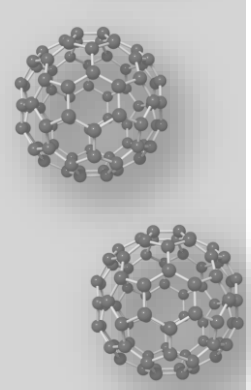
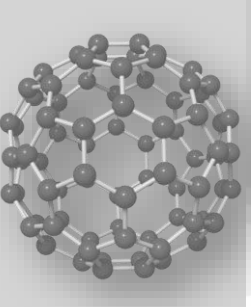
Fio de cabelo

(100 μ m de diâmetro)

Casa

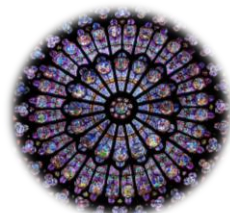
(10 m de largura)





HISTÓRIA

Vitrais



Ag (~100nm , triangular)
Au (~100nm , esférica)
Au (~50nm , esférica)
Ag (~90nm , esférica)
Ag (~40nm , esférica)

Cerâmica de Deruta



Ouro coloidal



Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (EUA)

1^{as} empresas de Nanotecnologia

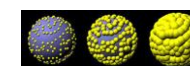
"Nanotecnologia"



"There's Plenty of Room at the Bottom"



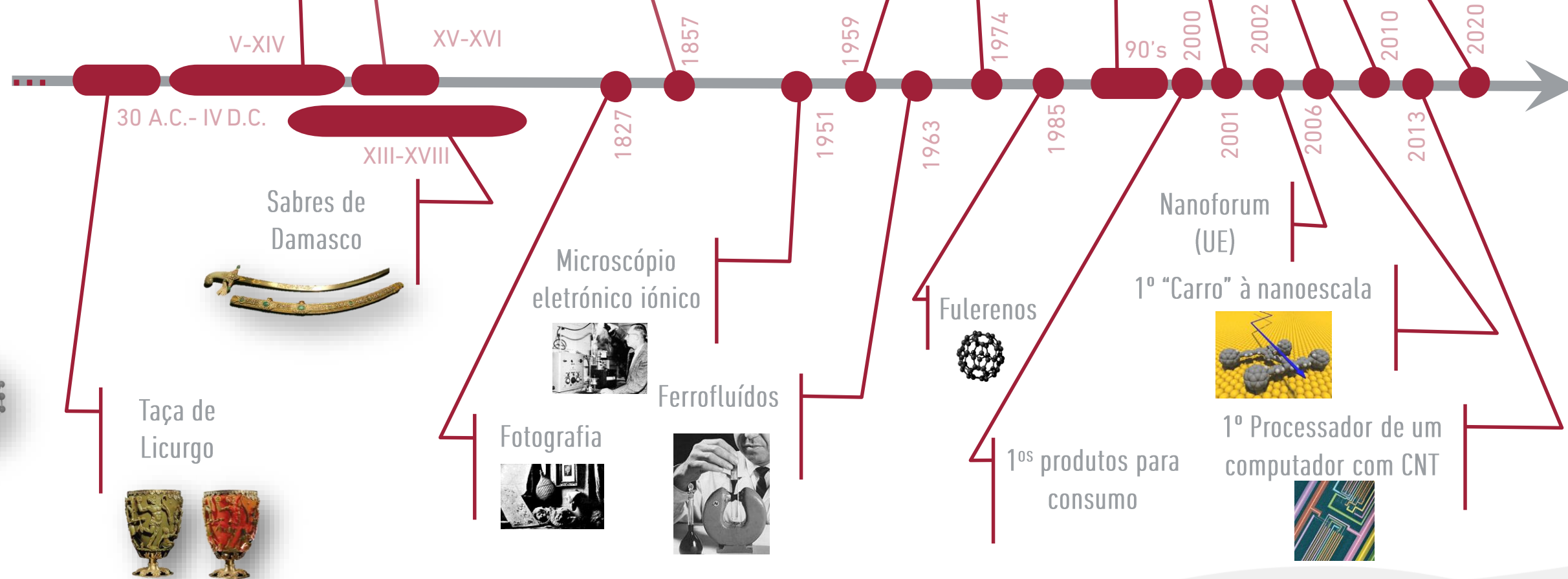
Nanopartículas para combater o cancro



1^{os} dispositivos robóticos à nanoescala



Previsão de 6 milhões de trabalhadores

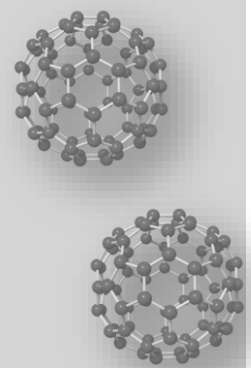
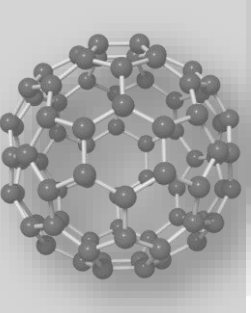


Introdução

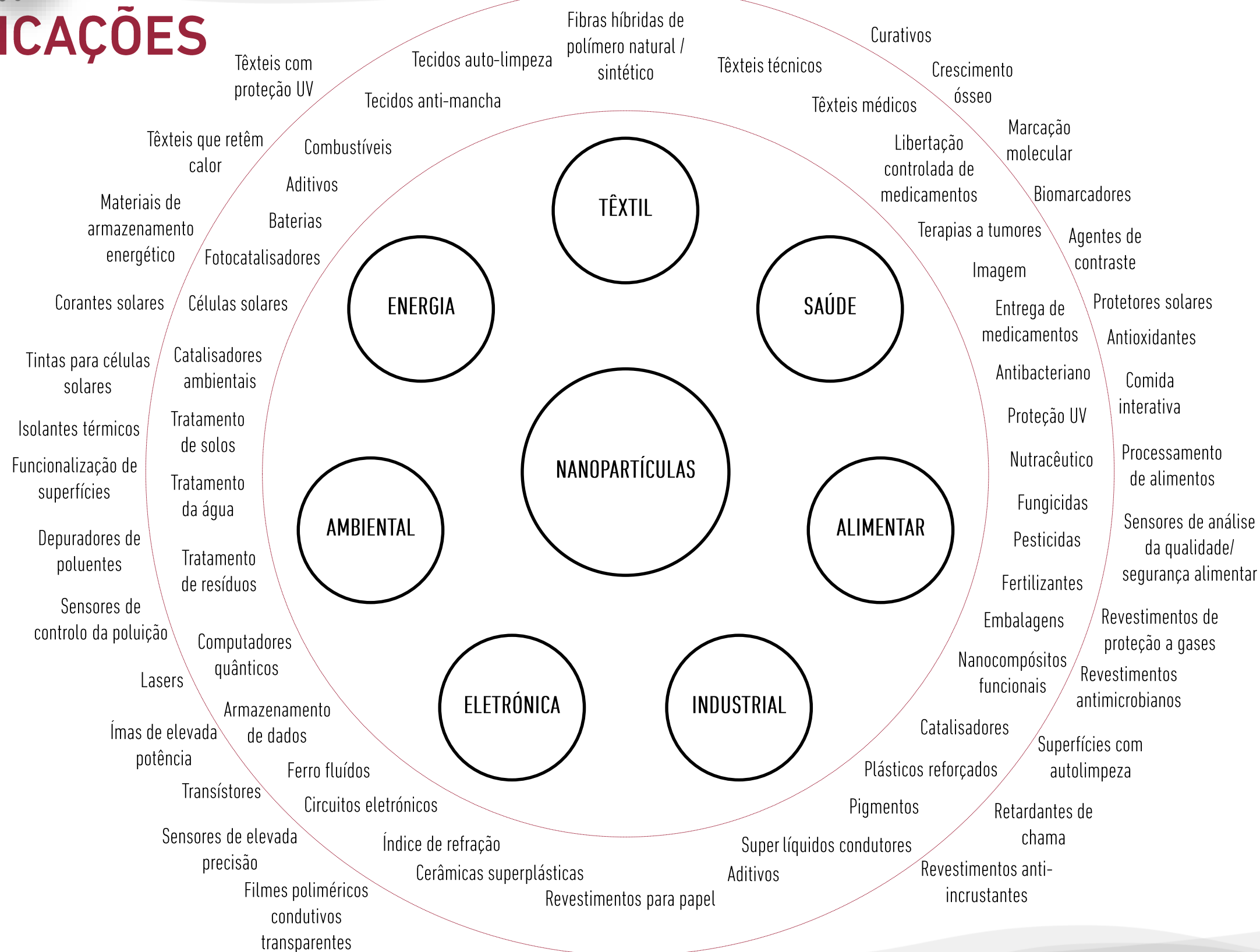
Aplicações

Impactos

Conclusões



APLICAÇÕES

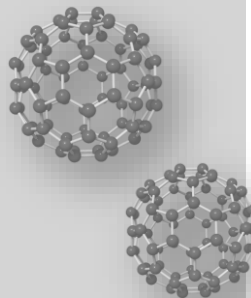


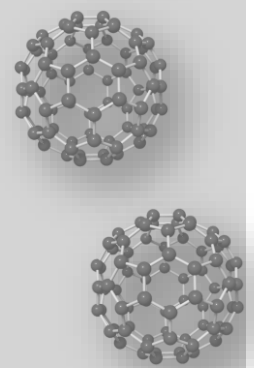
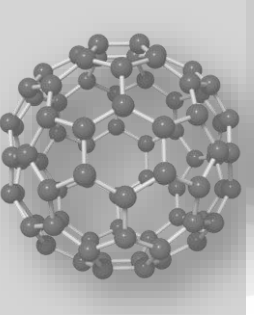
Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



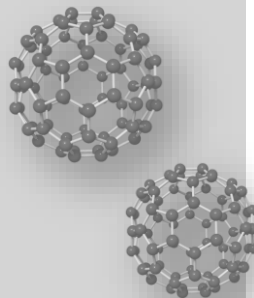


Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



ALGUNS EXEMPLOS - CONSTRUÇÃO



IGREJA DO JUBILEU (2003)



HOSPITAL MANUEL GEA GONZALEZ (2013)



BETÃO/CIMENTO

- + Resistência, Autolimpeza, Branqueamento, Durabilidade...



AÇO

- + Resistência, Ductilidade, Tenacidade, Durabilidade...



POLÍMEROS

- Condutividade elétrica/ térmica, + Resistência...



VIDRO

- Proteção UV e calor, Despoluição, + Resistência...



REVESTIMENTOS

- Isolamento térmico, Impermeabilização, + Resistência...



PAINÉIS SOLARES

- + Eficiência...



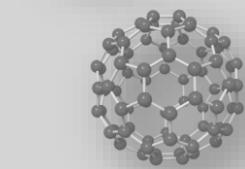
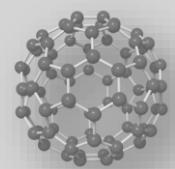
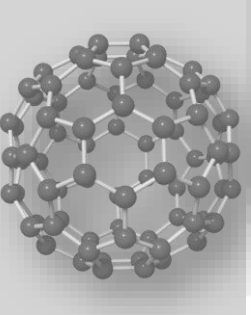
ILUMINAÇÃO

- + Eficiência...



SENSORES

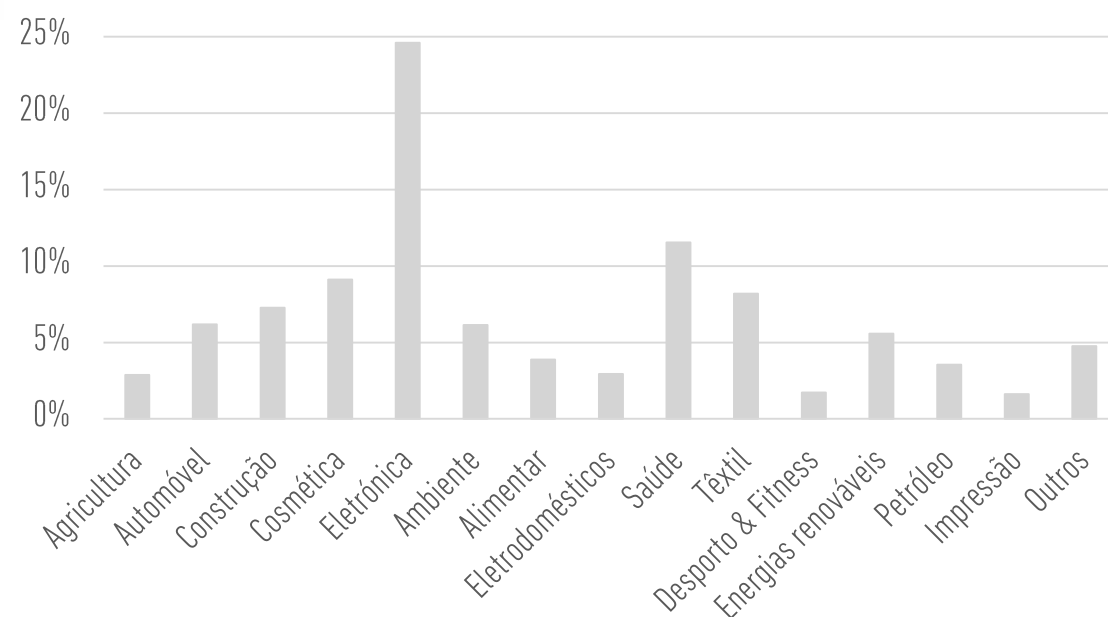
- Monitorização em tempo real da resistência estrutural



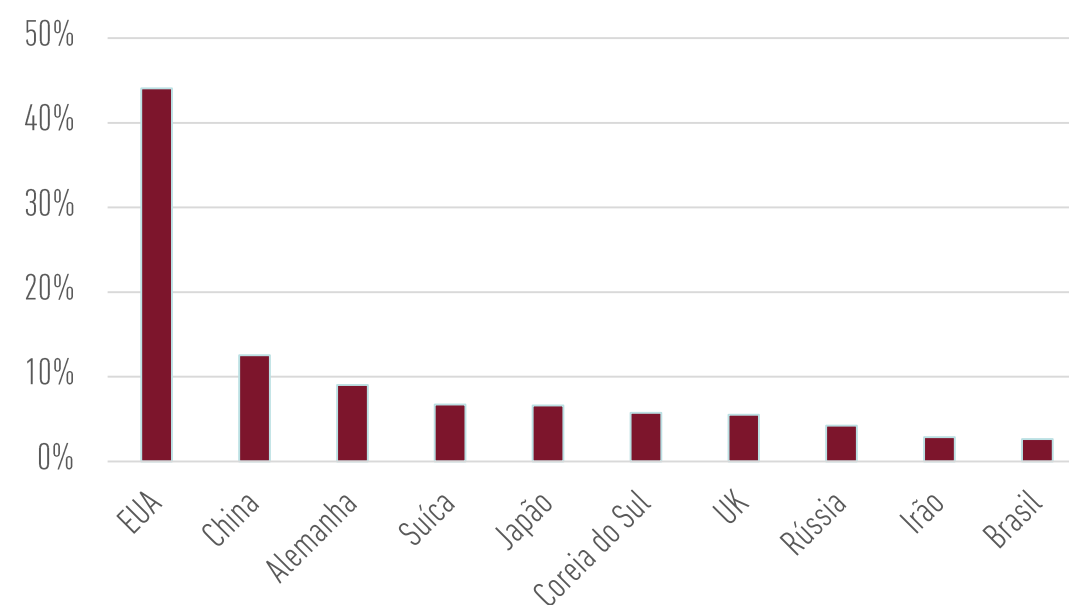
PRODUTOS

Em 2018: 8322 produtos, 2008 Empresas de 56 Países

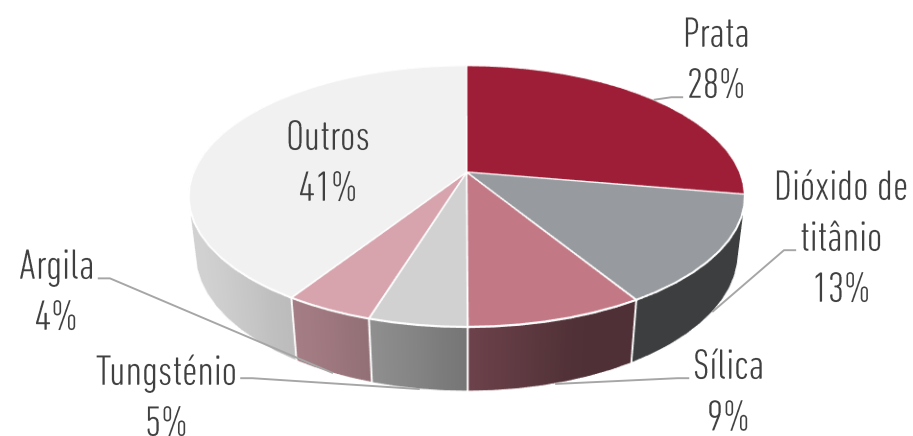
SECTORES



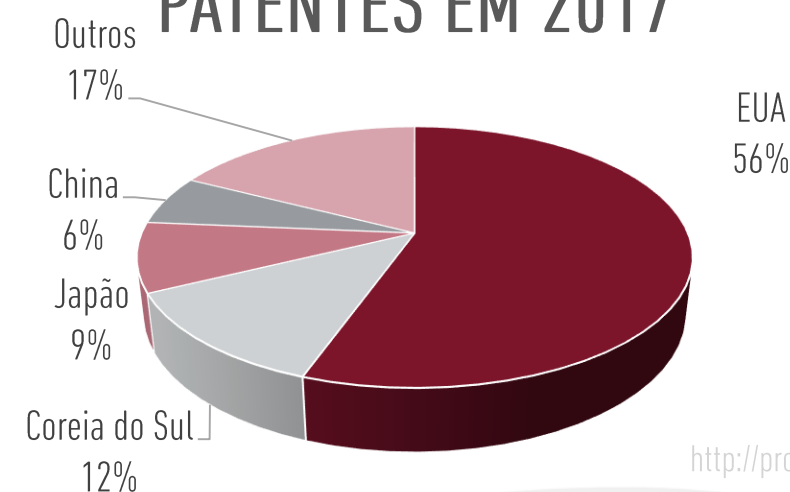
PAÍSES



NANOMATERIAL



PATENTES EM 2017



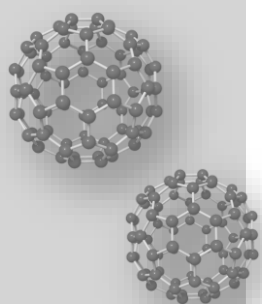
<http://product.statnano.com/>

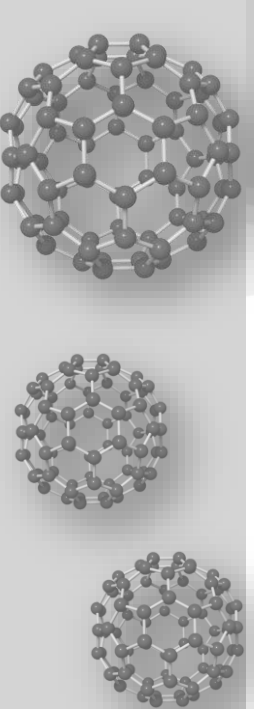
Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões





PORTUGAL



Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



INNOVNANO

- NP cerâmicas de zircónica
- *Fillers* para cerâmicas estruturais, revestimentos térmicos e refratários



CERAMED

- Hidroxiapatite nanocristalina
- Preencher pequenos defeitos ósseos (substituto injetável)



NANOPAINT

- Nanotubos de carbono e NP ferromagnéticas
- Tintas: piezoelétricas, piezoresistivas e magnetoelétricas



FLUIDINOVA

- Hidroxiapatite nanocristalina
- Pastas dentífricas e outros produtos para tratamento/limpeza oral

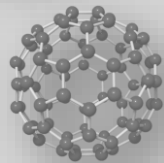
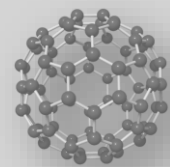
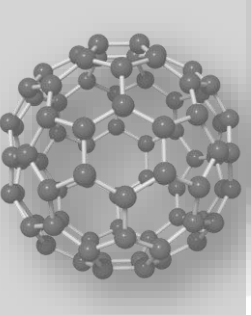


INEGI

- Alótropos de carbono, nanoargilas e nano óxidos
- Compósitos multifuncionais de elevada performance



REGIÃO NORTE

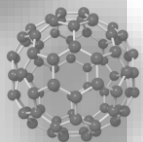
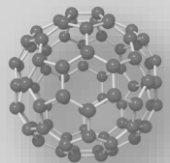


Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



REGIÃO NORTE

VANTAGENS



Materiais & Propriedades

- Menores quantidades
- Maior leveza
- Resistência & Durabilidade
- Melhor comportamento ao fogo
- Multifuncionalidade
- Novas propriedades
- Estética

Económico

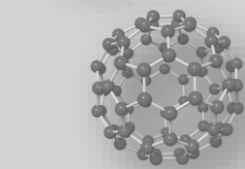
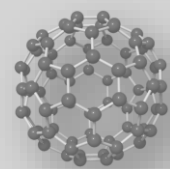
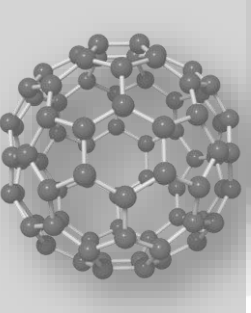
- Custo do ciclo de vida
- Valor de Mercado & Imagem de Marca
- Satisfação do cliente



Sustentabilidade

- Eficiência energética
- Consumo de matérias-primas
- Níveis reduzidos de poluentes



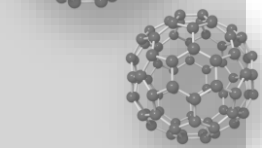
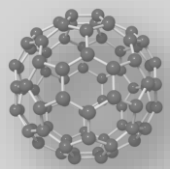


Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



REGIÃO NORTE



LIMITAÇÕES

Preocupações
relativas à
segurança humana
e ambiental

Entidades
Reguladoras

Posições
estabelecidas por
certas corporações

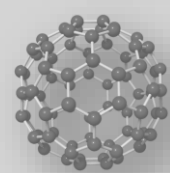
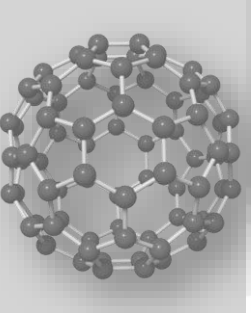
Equipamentos

Falta de
trabalhadores
devidamente
formados

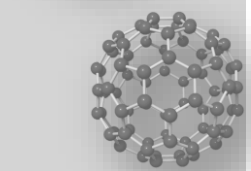
Falta de
conhecimento

Custo

Ser
verdadeiramente
“sustentável”



CICLO

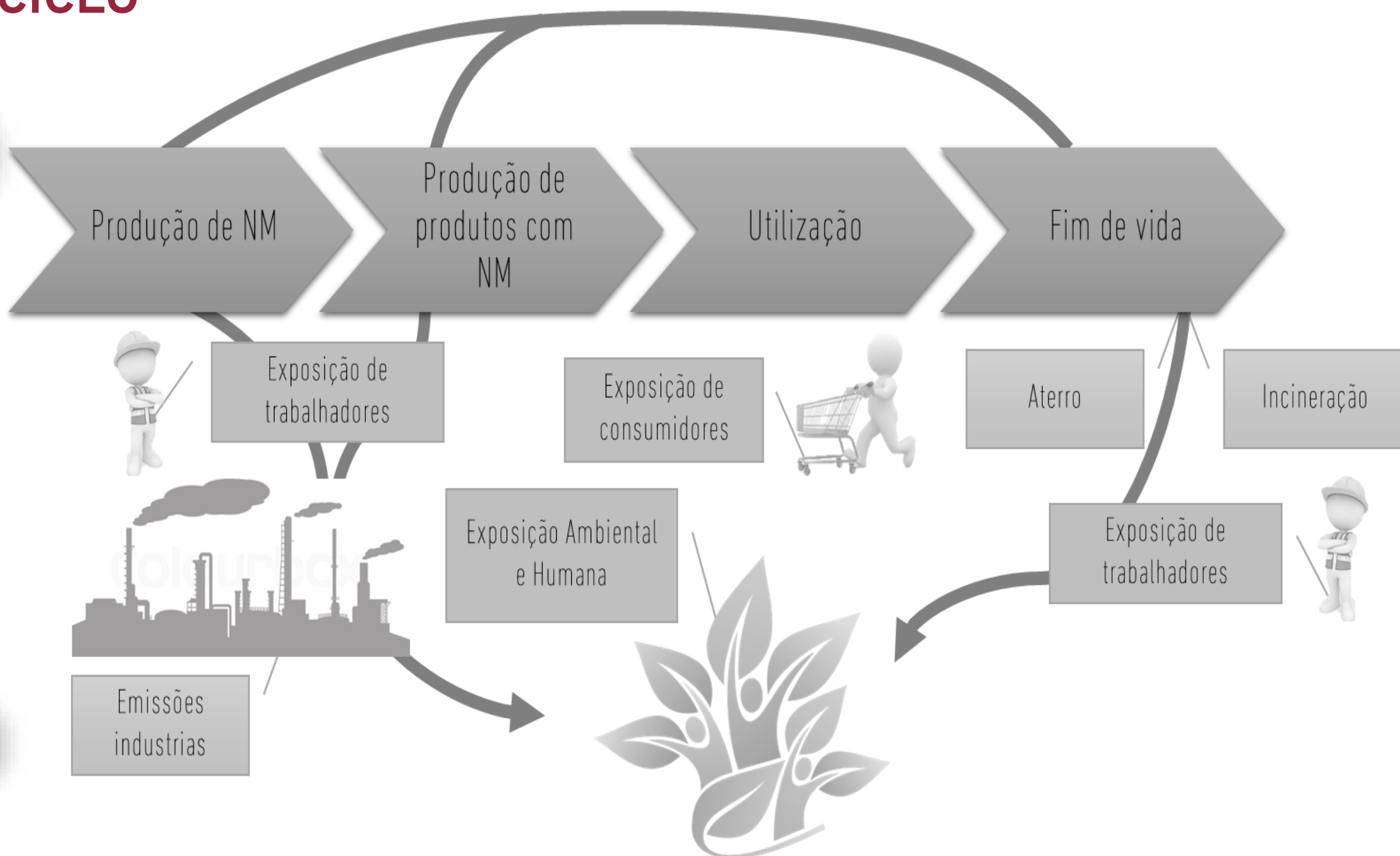
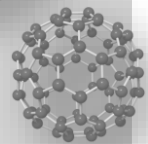
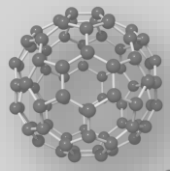


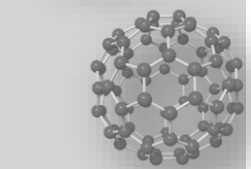
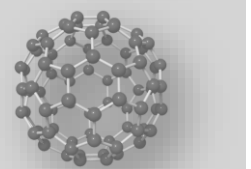
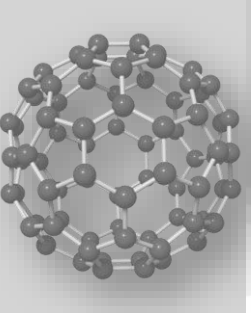
Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões





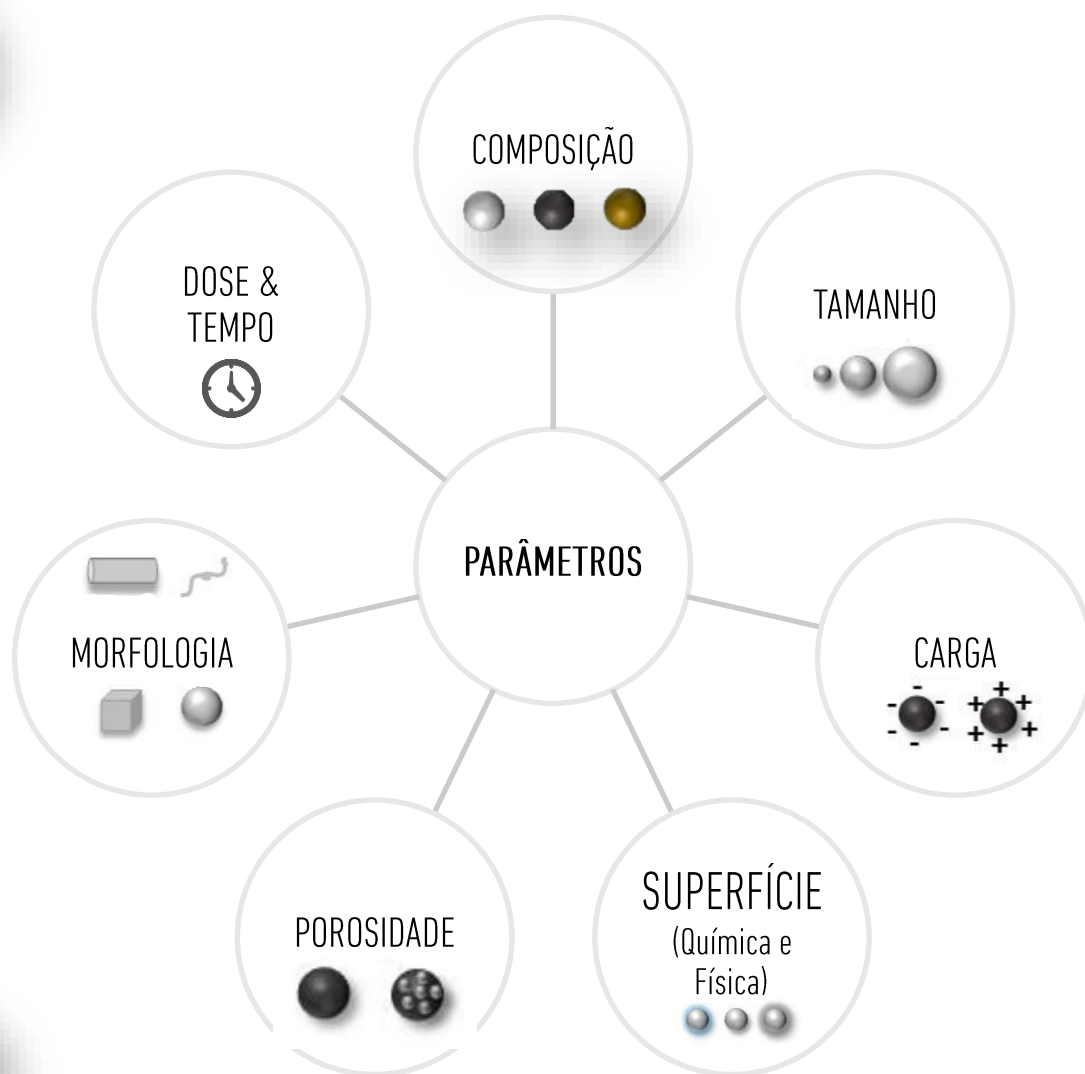
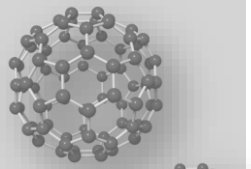
NANOTOXICIDADE

Introdução

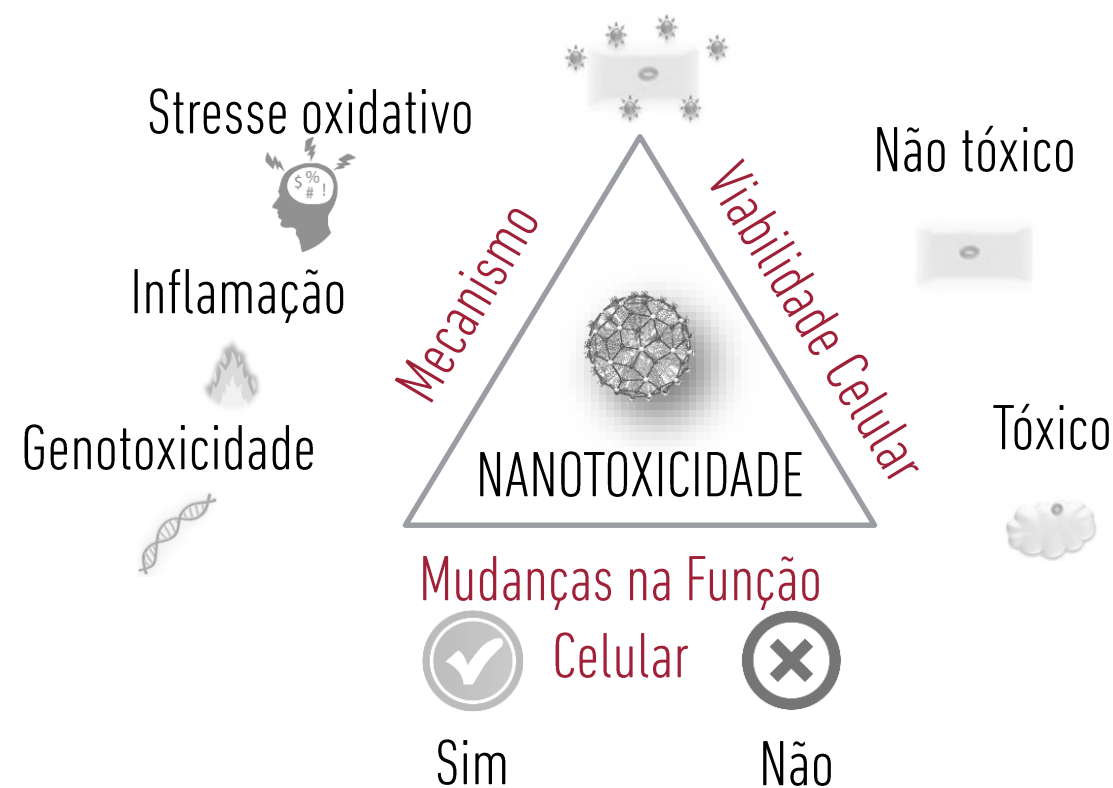
Aplicações

Impactos

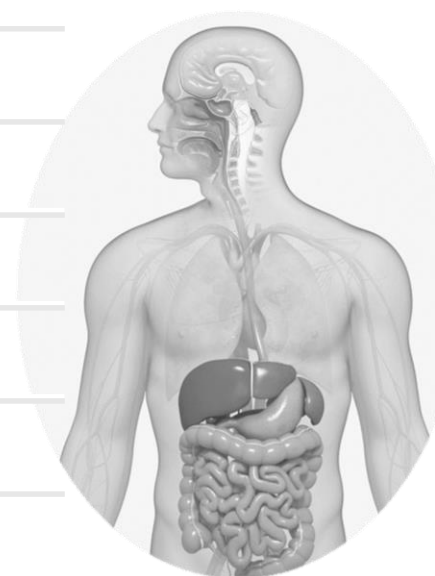
Conclusões



Interação célula-nanopartícula



Cérebro	Distúrbios neurológicos (Parkinson e Alzheimer)
Pulmões	Asma, bronquite, enfisema e cancro
Coração	Arritmia, doença cardíaca, e morte
Rim / fígado	Doenças de etiologia desconhecida
Sistema gastrointestinal	Doença de Crohn e cancro do cólon
Pele	Doenças autoimunes e dermatites
Sistema linfático	Podoconiose e sarcoma de Kaposi
Sistema circulatório	Arteriosclerose, vasoconstrição, trombose e hipertensão arterial



EXPOSIÇÃO

2007/2008

- 7 trabalhadoras não fumadoras com 18-47 anos com turnos de 8-12h.
- Departamento de Impressão/Pintura com 70m², 1 porta (que se mantinha fechada), sem janelas, 1 máquina de pintura de materiais.
- Sistema de extração de ar avariado 5 meses antes dos sintomas.
- Uso de apenas de máscaras de algodão como proteção individual.
- Duração da exposição: 5-13 meses a NPs de sílica ~30 nm.
- Queixas iniciais: comichão na face e nos braços e falta de ar
- Acompanhamento médico durante 2 anos, 2 pacientes faleceram com insuficiência pulmonar (19 e 29 anos) e 5 ficaram incapacitadas com disfunção pulmonar grave.

2009

- 1 trabalhador não fumador com 38 anos.
- Soldador inexperiente exposto NPs de níquel ~50nm.
- Foi fornecida uma máscara de proteção que removeu durante 90 minutos.
- Após a conclusão da tarefa pediu para ir para casa pois sentia-se indisposto, com tosse, dores no peito e dificuldade de respirar.
- Faleceu com insuficiência respiratória 13 dias após a exposição, tendo sido estimado que durante o processo de soldadura terá inalado cerca de 1g de NP

2010

- 1 trabalhadora não fumadora
- Química com experiência de 3 anos em criar formulações de tintas
- Após de realizar a pesagem de NPs de níquel, com 20 nm, durante 1 semana começou a sentir dificuldades respiratórias.
- Apenas usava como proteção luvas durante a realização das pesagens
- Os exames médicos demonstraram reações alérgicas ao níquel.
- Mudou-se para outro laboratório onde não se manipulava com partículas metálicas, tendo melhorado o seu estado de saúde

Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões

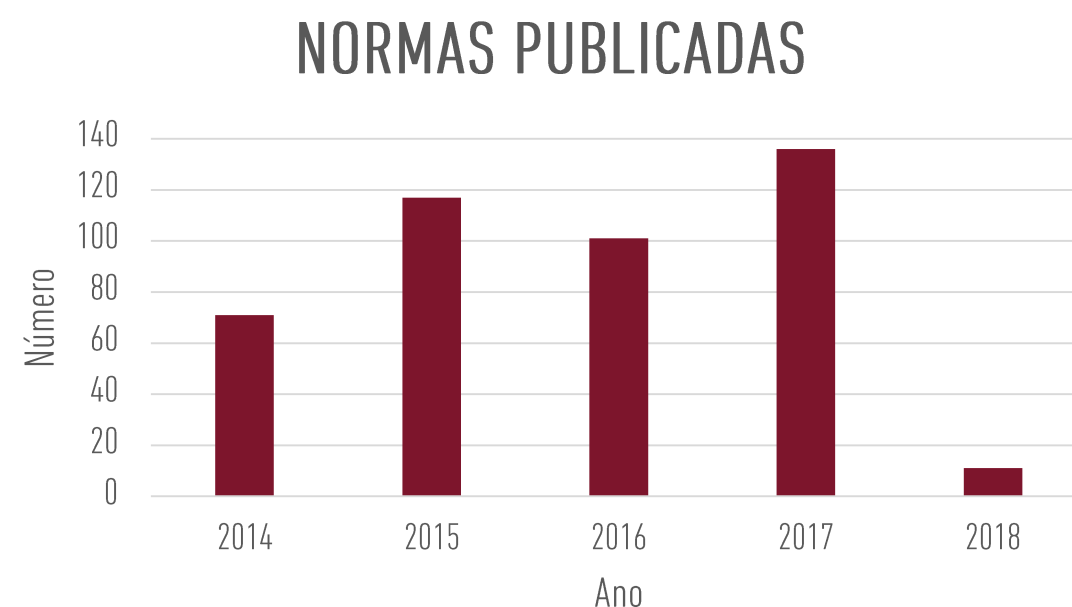
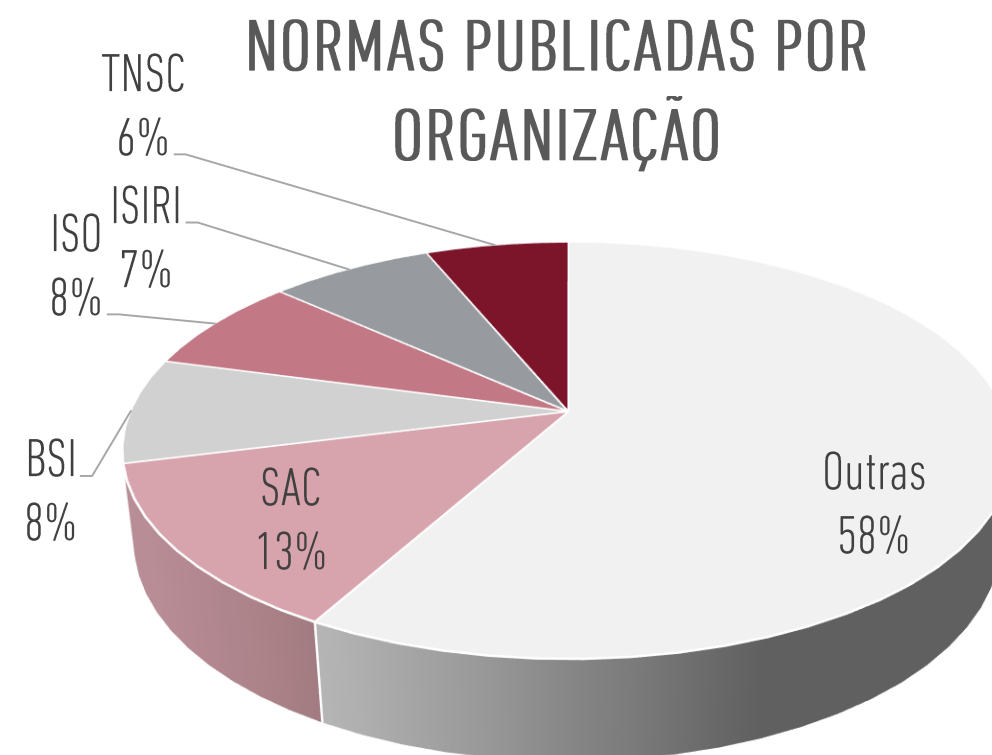


LEGISLAÇÃO & NORMALIZAÇÃO

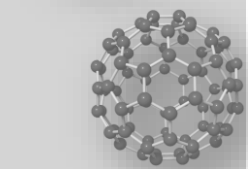
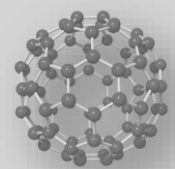
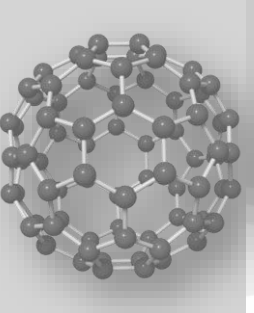
Agência Europeia dos Produtos Químicos (REACH + Guia de orientação sobre requisitos de informação e avaliação da segurança química)

Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (CLP)

Comité Científico dos Riscos para a Saúde Emergentes e Recentemente Identificados (SCENIHR)



<http://statnano.com/standards>

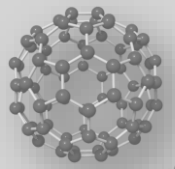


Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



AVALIAÇÃO DE RISCO

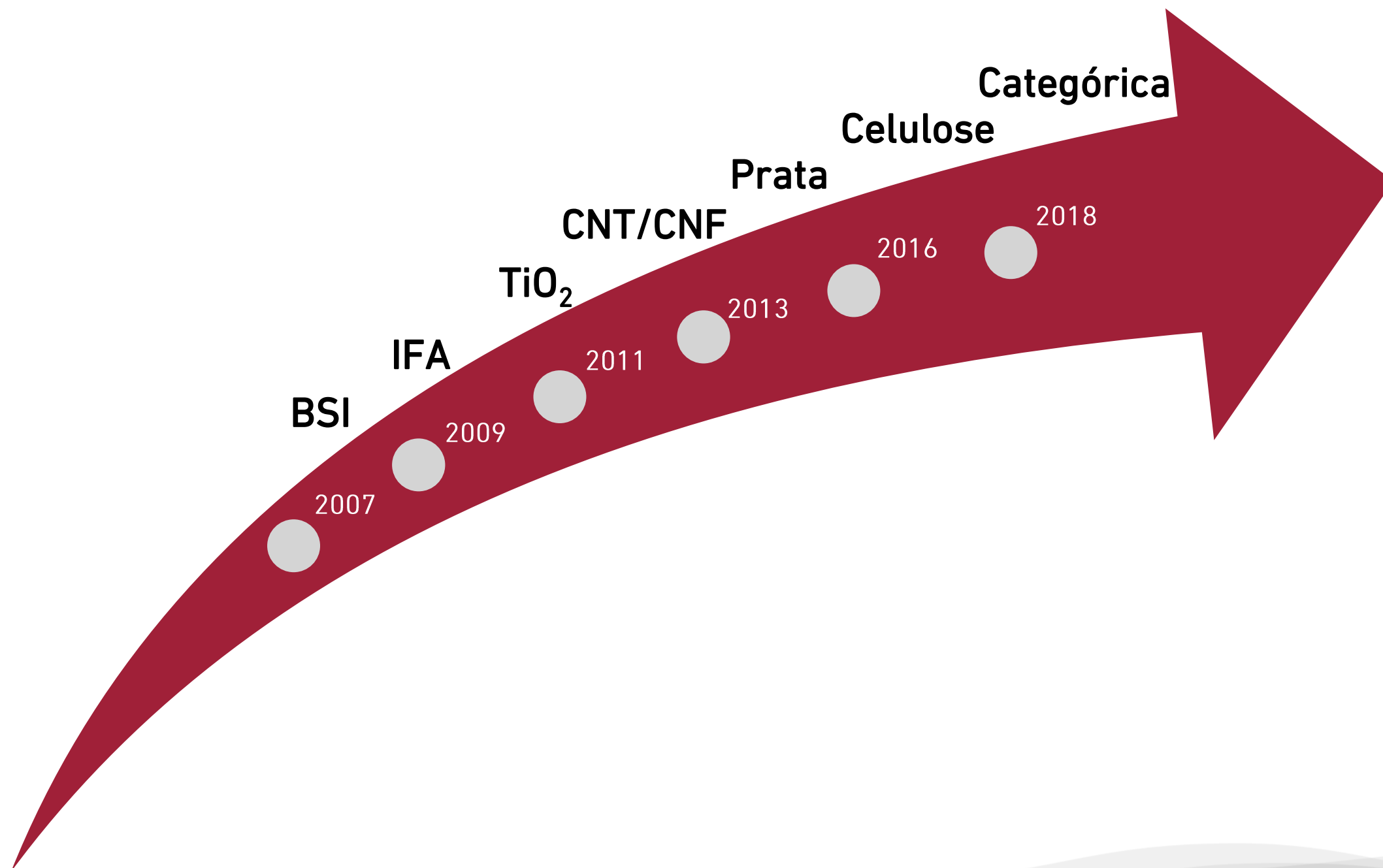
AVALIAÇÃO PREVENTIVA

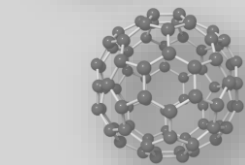
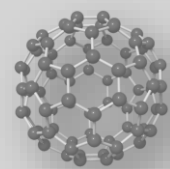
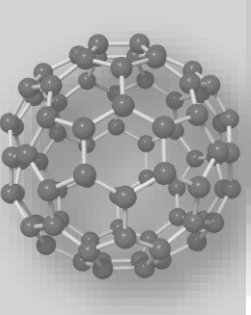


MODELOS QUANTITATIVOS DE
AVALIAÇÃO DE RISCO



METODOLOGIAS INTEGRADAS: DADOS
QUANTITATIVOS VS. RESPOSTA À DOSE



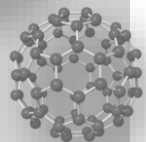
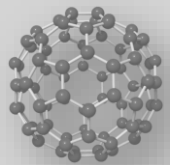


Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



REGIÃO NORTE

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

COLETIVA

Salas limpas

Hote

Cabines de segurança biológica

Bancadas limpas de fluxo laminar

Caixas de luvas

Sacos luvas

Sistemas fechados

Ventilação

INDIVIDUAL

Máscara ocular

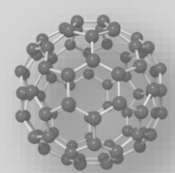
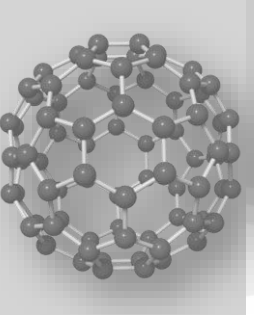
Máscara com filtros P3 (<2h)

Máscara com ventilação assistida (>2h)

Fato Tyvek

Proteção de pés (Tyvek)

≥2 Pares de luvas



BALANÇO



Prejudicar
ecossistemas

Cura, deteção,
prevenção de doenças

Doenças

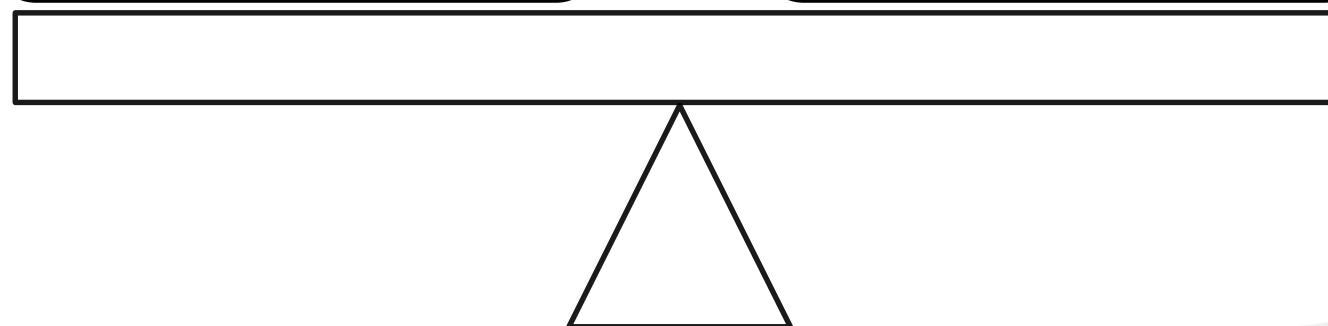
Materiais mais
resistentes, duráveis,
auto limpáveis...

Morte

Redução da poluição e
remediação de danos
ambientais

Incapacidade

Redução do consumo
energético

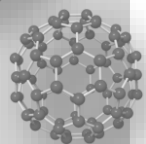
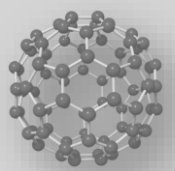


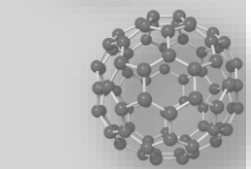
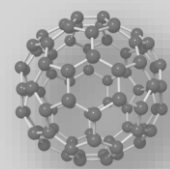
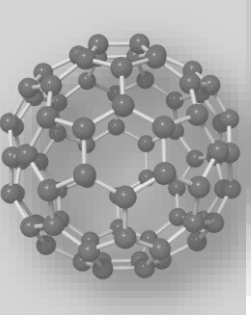
Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões





DESAFIOS

O conhecimento atual sobre a nanotecnologia ainda é muito limitado

PRODUÇÃO

Exploração de produção em larga escala a baixo custo

Dispersão de NM mais eficiente e sem recorrer a solventes ou aditivos

Simulações/modelos numéricos tendo, em consideração o uso de NM, de forma a prever comportamentos e interações estruturais

SEGURANÇA

Inexistência de valores limites de exposição para os NM, no entanto existem orientações para a redução dos valores limites aplicáveis aos materiais homólogos à escala micro

Desconhecimento da resistência, durabilidade, desempenho dos EPC/EPI perante a exposição dos diversos NM e combinados com outros agentes químicos

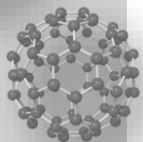
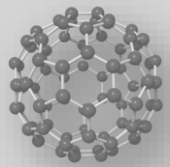
Necessários mais trabalhos de investigação para tentar colmatar o desconhecimento científico em certas questões associadas aos NM e à segurança humana/ambiental

Introdução

Aplicações

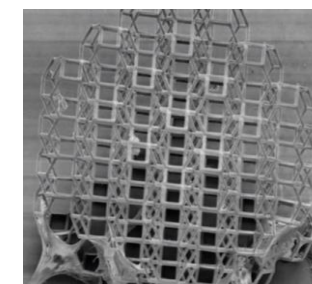
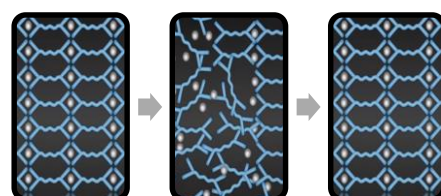
Impactos

Conclusões



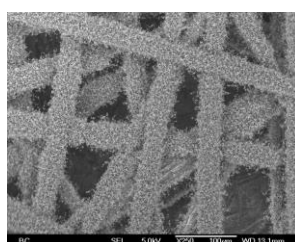
REGIÃO NORTE

FUTURO...



- **Nanoestruturas passivas:** produtos incorporando NMs

1ª Geração (<2015)



2ª Geração (2015-2020)

- **Nanoestruturas ativas:** atuadores e estruturas adaptativas

- **Nanosistemas:** nanorobots colaborativos, novas arquiteturas

3ª Geração (2020-2035)

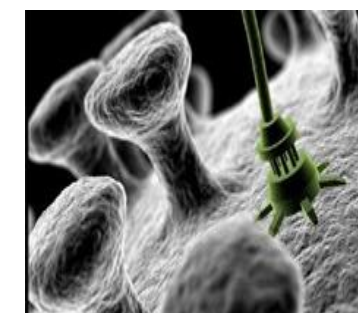


4ª Geração (2035-2050)

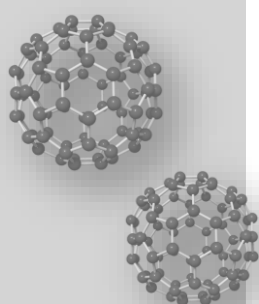
- **Nanosistemas moleculares:** design inteligente de dispositivos moleculares/ atômicos

- **Singularidade:** número de aplicações infinitiva

5ª Geração (>2050)



Acima de tudo a nanotecnologia deve ser desenvolvida de forma responsável e segura. Eticamente deve ter-se em consideração as medidas de prevenção adequadas e os efeitos potenciais para a saúde, segurança humana e ambiental.



REFERÊNCIAS

- Aithal, P. Sreeramana, and Shubhrajyotsna Aithal. "Nanotechnology Innovations and Commercialization—Opportunities, Challenges & Reasons for Delay." (2016).
- Bałazy, Anna, et al. "Manikin-based performance evaluation of N95 filtering-facepiece respirators challenged with nanoparticles." *Annals of Occupational Hygiene* 50.3 (2005): 259-269.
- Boyes, William K., et al. "A comprehensive framework for evaluating the environmental health and safety implications of engineered nanomaterials." *Critical reviews in toxicology* 47.9 (2017): 771-814.
- Comfort, Kristen K. "The rise of nanotoxicology: A successful collaboration between engineering and biology." *AIMS Bioengineering* 3.3 (2016): 230-244.
- Dolez, Patricia, et al. "Development of a test method for protective gloves against nanoparticles in conditions simulating occupational use." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 304. No. 1. IOP Publishing, 2011.
- Groso, Amela, et al. "Engineered nanomaterials: toward effective safety management in research laboratories." *Journal of nanobiotechnology* 14.1 (2016): 21.
- Iavicoli, Ivo, et al. "Nanoparticle exposure and hormetic dose-responses: An update." *International journal of molecular sciences* 19.3 (2018): 805.
- Jeevanandam, Jaison, et al. "Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations." *Beilstein journal of nanotechnology* 9 (2018): 1050.
- Journeay, W. Shane, and Rose H. Goldman. "Occupational handling of nickel nanoparticles: a case report." *American journal of industrial medicine* 57.9 (2014): 1073-1076.
- Kim, Dae-Young, et al. "Recent developments in nanotechnology transforming the agricultural sector: a transition replete with opportunities." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98.3 (2018): 849-864.
- Laux, Peter, et al. "Nanomaterials: certain aspects of application, risk assessment and risk communication." *Archives of toxicology* (2018): 1-21.
- Lee, Jaesang, Shaily Mahendra, and Pedro JJ Alvarez. "Nanomaterials in the construction industry: a review of their applications and environmental health and safety considerations." *ACS nano* 4.7 (2010): 3580-3590.
- Pacheco-Torgal, F., and Said Jalali. "Nanotechnology: advantages and drawbacks in the field of construction and building materials." *Construction and Building Materials* 25.2 (2011): 582-590.
- Paolini, Riccardo, et al. "Self-cleaning building materials: The multifaceted effects of titanium dioxide." *Construction and Building Materials* 182 (2018): 126-133.
- Park, Hyung-Geun, and Min-Kyeong Yeo. "Nanomaterial regulatory policy for human health and environment." *Molecular & Cellular Toxicology* 12.3 (2016): 223-236.
- Part, Florian, et al. "A review of the fate of engineered nanomaterials in municipal solid waste streams." *Waste Management* (2018).
- Phillips, James I., et al. "Pulmonary and systemic toxicity following exposure to nickel nanoparticles." *American journal of industrial medicine* 53.8 (2010): 763-767.
- Pietroiusti, A., and A. Magrini. "Engineered nanoparticles at the workplace: current knowledge about workers' risk." *Occupational medicine* 64.5 (2014): 319-330.
- Rengasamy, Samy, and Benjamin C. Eimer. "Total inward leakage of nanoparticles through filtering facepiece respirators." *Annals of occupational hygiene* 55.3 (2011): 253-263.
- Sardoiwala, Mohammed Nadim, Babita Kaundal, and Subhasree Roy Choudhury. "Toxic impact of nanomaterials on microbes, plants and animals." *Environmental Chemistry Letters* (2018): 1-14.
- Schulte, P. A., E. D. Kuempel, and N. M. Drew. "Characterizing risk assessments for the development of occupational exposure limits for engineered nanomaterials." *Regulatory Toxicology and Pharmacology* (2018).
- Schulte, P. A., et al. "Occupational exposure limits for nanomaterials: state of the art." *Journal of Nanoparticle Research* 12.6 (2010): 1971-1987.
- Som, Claudia, et al. "Environmental and health effects of nanomaterials in nanotextiles and facade coatings." *Environment international* 37.6 (2011): 1131-1142.
- Song, Yuguo, and Shichuan Tang. "Nanoexposure, unusual diseases, and new health and safety concerns." *The Scientific World Journal* 11 (2011): 1821-1828.
- Song, Yuguo, Xue Li, and Xuqin Du. "Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma." *European respiratory journal* (2009).
- Vajtai, Robert, ed. *Springer handbook of nanomaterials*. Springer Science & Business Media, 2013.
- Vance, Marina E., et al. "Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory." *Beilstein journal of nanotechnology* 6 (2015): 1769.

Introdução

Aplicações

Impactos

Conclusões



REGIÃO NORTE

INSTITUTO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO
EM ENGENHARIA MECÂNICA E
ENGENHARIA INDUSTRIAL

**MUITO OBRIGADA
PELA VOSSA ATENÇÃO**

www.inegi.up.pt

