

# **Desafios para a prevenção e controle de riscos com nanomateriais**

Luís Renato Balbão Andrade  
Fundacentro/RS (CERS)  
[luis.andrade@fundacentro.gov.br](mailto:luis.andrade@fundacentro.gov.br)

**São Paulo, 16 a 18 de julho de 2019**



# Um pouco sobre o contexto



Lá atrás....



A ideia da “gosma cinza” (*gray goo*) – Eric Drexler em seu livro “*Engines of Creation* (1986)”.

Um cenário hipotético para o fim do mundo (apocalipse) onde nano máquinas (robôs) se auto reproduzem e neste processo consomem toda a biomassa do planeta.

A visão de Hollywood



Filme “G.I. Joe - A origem de Cobra” lançado em 2009 descreve a utilização de uma nova arma, “os nanomites” que são nanorobôs capazes de destruir tudo que encontram, mas podem ser desativados no momento em que se desejar.



Lá atrás....

céu

A ideia de que as nanotecnologias seriam a panaceia para os problemas da humanidade.

O nano otimismo considera, metaoricamente, que “não há vida além da nanotecnologia”.

Espiritismo  
Reforma interior



Reino do céu



E em 2019?

## Nem céu nem inferno



O apocalipse obviamente não aconteceu, entretanto, continuamos a falar em RISCOS EXISTENCIAS, ou seja, riscos com o potencial de causar a extinção da humanidade.

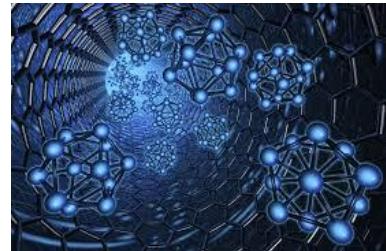
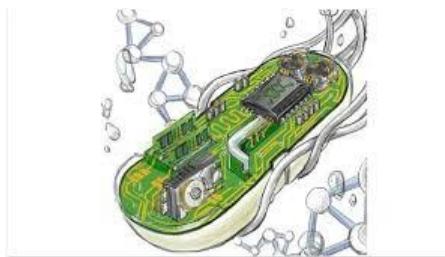
E quem está pensando nisto?

- A **Universidade de Tecnologia de Chalmers e Gotemburgo** (Suécia) através do programa de pesquisa “Risco Existencial para a Humanidade”;
- A **Universidade de Oxford** (Reino Unido) através do “Instituto do Futuro da Humanidade”;
- A **Universidade de Cambridge** (Reino Unido) através do “Centro para o Estudo do Risco Existencial”;
- A **Universidade de Stanford** (EUA) através do “Grupo AI100”, focado nos riscos da inteligência artificial.

Fonte: “Quais os riscos existenciais para a humanidade” – Site Inovação Tecnológica – 30/10/2017 (<https://www.inovacaotecnologica.com.br/>)



E em 2019?



**"A biologia sintética, a inteligência artificial e a nanotecnologia são exemplos de áreas que podem criar os riscos novos mais sérios. Ou seja, exatamente as mesmas áreas que são algumas das mais promissoras para resolver muitos dos problemas da humanidade e aumentar a prosperidade no mundo," disse Olle Haggstrom (Universidade de Tecnologia de Chalmers e Gotemburgo (Suécia), responsável pelo programa de pesquisa "Risco Existencial para a Humanidade".**

**E qual seria o caminho?**

**EVITAR OS PROBLEMAS (riscos), NÃO A TECNOLOGIA**

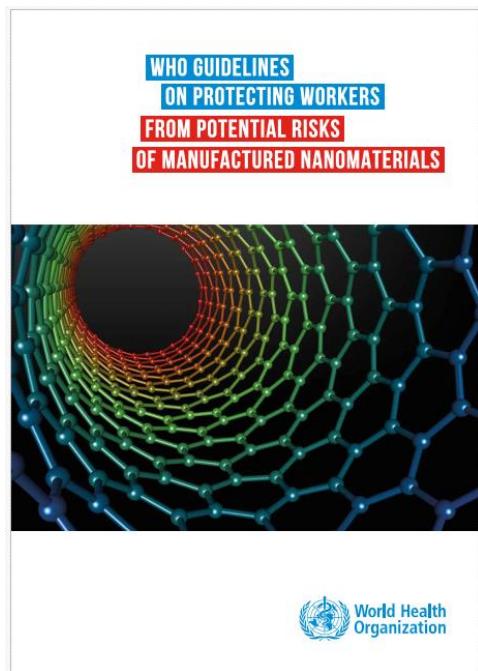
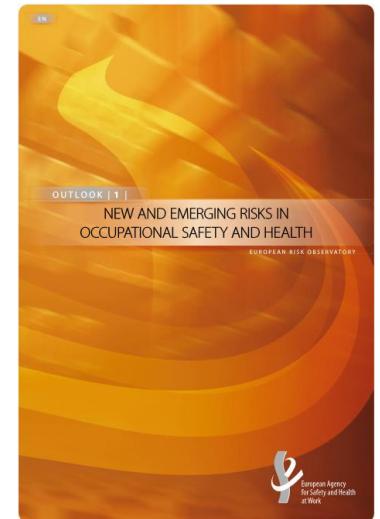
Fonte: "Quais os riscos existenciais para a humanidade" – Site Inovação Tecnológica – 30/10/2017  
(<https://www.inovacaotecnologica.com.br/>)



# Então, como evoluiu a questão dos riscos?

Em 2009, um **RISCO EMERGENTE**

EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work.  
New and emerging risks in occupational safety and health.  
European Risk Observatory, 2009



Hoje, uma realidade  
WHO – World Health Organization  
(Organização Mundial da Saúde)

WHO Guidelines on Protecting Workers  
from Potential Risks of Manufactured  
Nanomaterials 2017



# Um pouco sobre mudanças



**O profissional de SST (ou mesmo o interessado no tema) irá se defrontar com o desafio de ser um **agente de transformação** (mudança) da cultura em SST daqueles não ligados ao assunto (pessoas e organizações).**

**As pessoas e organizações podem (e devem) evoluir (i.e. mudar).**



Mudanças são difíceis...

Pois precisamos reunir vários elementos:

**VISÃO**

**VONTADE POLÍTICA**

**ATITUDE**

**HABILIDADE**

**MOTIVAÇÃO**

**RECURSOS**

**PLANEJAMENTO**



## Elementos para a mudança

Resultado



Indecisão



Planos → Frustração



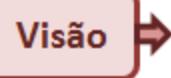
Recursos → Planos → Lentidão



Motivação → Recursos → Planos → Ansiedade



Habilidade → Motivação → Recursos → Planos → Indiferença



Atitude → Habilidade → Motivação → Recursos → Planos → Procrastinação

Vontade política → Atitude → Habilidade → Motivação → Recursos → Planos → Confusão

Visão → Vontade política → Atitude → Habilidade → Motivação → Recursos → Planos → **MUDANÇA**



Mudanças são difíceis...

Alguns “inimigos” da mudança:

**TRADIÇÃO**

**(sempre fizemos assim)**

**DESCONHECIMENTO e FALTA de INFORMAÇÃO**

**(se não conhecemos, não fazemos)**



**SUCESSO**



**(em time que está ganhando não se mexe,  
mas sempre é possível melhorar)**



Mudanças são difíceis...



E como você faz  
para que seu filho  
leia livros?



**Bill  
Hewlett**



**“Homens e mulheres desejam fazer um bom trabalho.**

**Se lhes for dado o ambiente adequado, eles o farão.”**

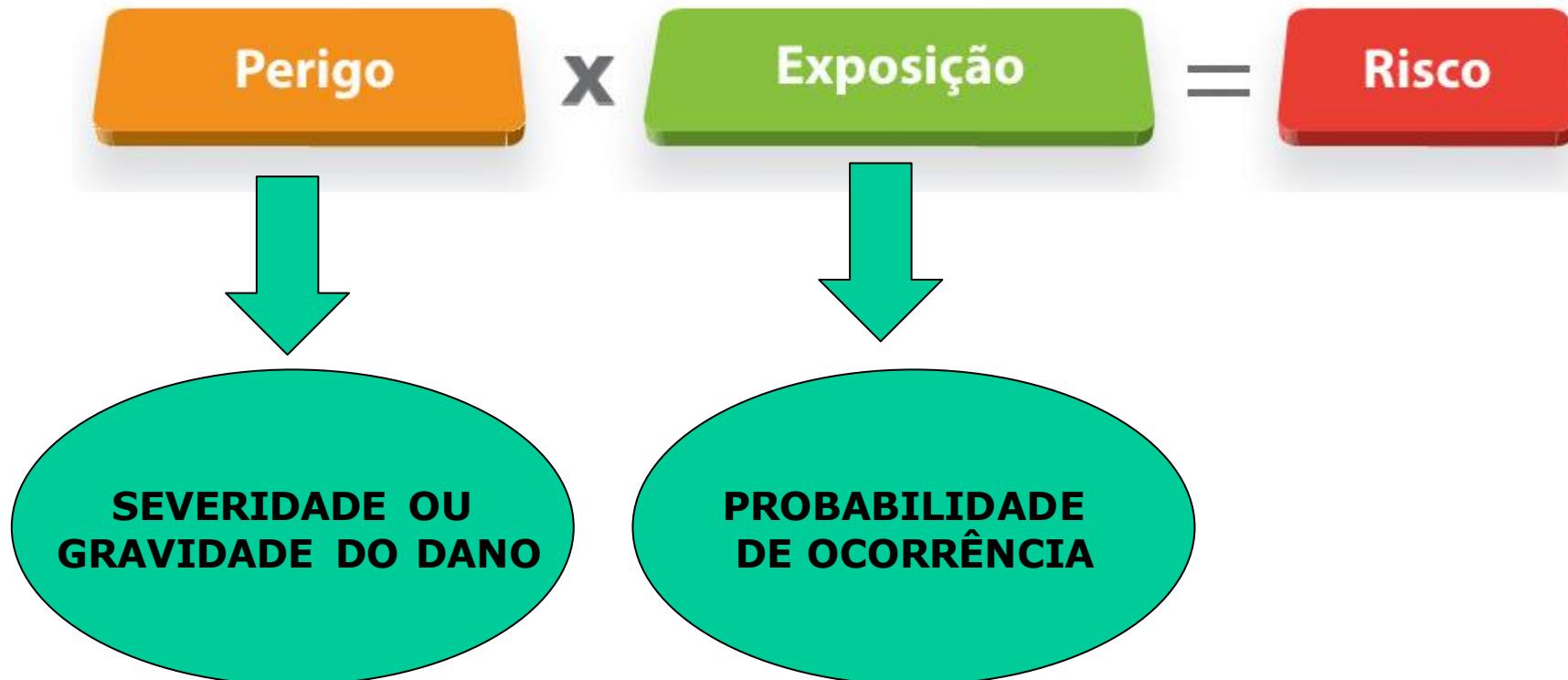
**(Bill Hewlett, cofundador da Hewlett-Packard)**



# Riscos & Perigos



# Riscos & Perigo



Este é o conceito por trás do *Control Banding* (CB)



# Riscos



## Riscos ambientais ou fatores de risco ambiental

Considera-se riscos ambientais aqueles que em função de seu(sua):

- **NATUREZA**
- **CONCENTRAÇÃO**
- **INTENSIDADE**
- **TEMPO DE EXPOSIÇÃO**

Tem a capacidade de causar danos à saúde e/ou à integridade física do indivíduo

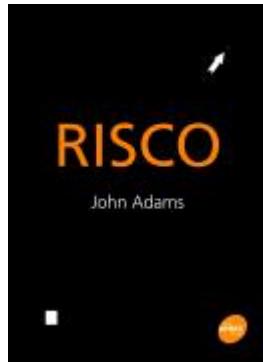


## Sobre os riscos...

- Percepção dos riscos
- Comunicação dos riscos
- Posturas frente aos riscos
- Identificação dos riscos e perigos
- Análise de riscos
- Avaliação de riscos
- Controle de riscos
- Hierarquia dos controles de risco
- Gestão de riscos
- Hierarquia ou maturidade da gestão de riscos
- Classificação (tipos de riscos)
- Níveis de risco
- Prevenção de riscos



# Sobre os riscos...



Risco  
John Adams  
Senac São Paulo, 2009



A Responsabilidade do Empregador nas Atividades de Risco  
Karina Novah Salomão – LTR Editora, 2013

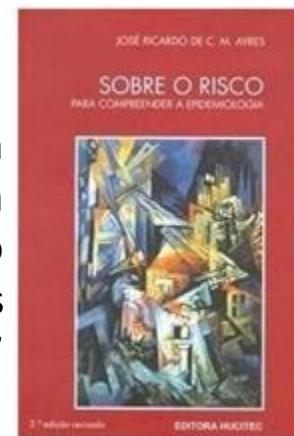
Desafio aos Deuses  
A fascinante história do risco  
Peter Bernstein  
Editora Campus, 1997



Sociedade de Risco  
Rumo a uma outra modernidade  
Ulrich Beck  
Editora 34, 2010



Sobre o Risco para  
Compreender a Epidemiologia  
Jose Ricardo de Carvalho  
Mesquita Ayres  
HUCITEC, 1997



# Prevenção x Proteção x Previsão

## PREVENIR (**alterar o futuro**)

verbo transitivo

1. Dispor de antemão, preparar; precaver.
2. Avisar, informar, advertir.
3. Tratar de evitar, acautelar-se contra; livrar-se de.

### 4. **Evitar; impedir.**

5. Predispor favorável ou desfavoravelmente o ânimo de.

verbo pronominal

6. Dispor-se.
7. Precaver-se, precatar-se.

in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013,  
<https://www.priberam.pt/dlpo/prevenir>  
[consultado em 16-10-2017].

## PROTEGER (**minimizar o futuro**)

verbo transitivo

1. Tomar a defesa de.
  2. Apoiar.
  3. Favorecer.
  4. Preservar de mal.
  5. Patrocinar.
6. **Resguardar; defender.**

in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013,  
<https://www.priberam.pt/dlpo/proteger> [consultado em 16-10-2017].

## PREVER (**definir o futuro**)

verbo transitivo

1. Ver com antecipação.
2. **Supor, conjecturar**, calcular.  
"prever", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013,  
<https://www.priberam.pt/dlpo/prever>  
[consultado em 20-10-2017].



# Prevenção x Proteção x Previsão

**“Em sistemas complexos é impossível prever o comportamento de todas as variáveis, logo o controle torna-se apenas uma ilusão”**

\*\*\* A PRODUÇÃO (e sua parte integrante a SST) é um sistema complexo,

\*\*\* Logo, não será possível prever o comportamento de todas as variáveis envolvidas, simplesmente porque falta conhecimento sobre o comportamento de todas estas variáveis, incluindo as pessoas envolvidas no processo.

\*\*\* Isto posto, não podemos nos contentar com a ilusão, mesmo que não seja total (pelo acima colocado), teremos de ter um controle que seja razoável, aceitável e justificável.

Então

**Se é loucura tentar prever o futuro,  
é burrice não se preparar para os cenários mais prováveis.**



## Técnicas operativas em gestão de riscos

**Prevenção:** elimina o perigo ou diminui o risco em sua origem.

**Proteção:** minimiza as consequências do acidente.

**Controle:** avalia (ou audita) constantemente os fatores de riscos, visando mantê-los em níveis aceitáveis.

**Normatização:** regula ou orienta o comportamento.

**Sinalização:** indica, adverte, proíbe, etc. sobre determinados fatores de risco.

**Formação(capacitação) e informação:** sempre imprescindíveis para assegurar a eficácia das outras técnicas.



# Prevenção de riscos



## Prevenção de riscos

### **PREVENÇÃO** segundo a Convenção 155 da OIT

A prevenção terá por objeto prevenir os acidentes e os danos para a saúde que:

- sejam consequência do trabalho,
- tenham relação com a atividade laboral, ou,
- sobrevenham durante o trabalho,

reduzindo ao mínimo, na medida em que seja razoável e fatível, as causas dos riscos inerentes ao meio ambiente de trabalho.

### Convenção 155 da OIT – Segurança e Saúde dos Trabalhadores

Aprovada na 67ª reunião da Conferência Internacional do Trabalho (Genebra – 1981), entrou em vigor no plano internacional em 11.8.83.

No Brasil

- a) aprovação = Decreto Legislativo n. 2, de 17.3.92, do Congresso Nacional;
- b) ratificação = 18 de maio de 1992;
- c) promulgação = Decreto n. 1.254, de 29.9.94;
- d) vigência nacional = 18 de maio de 1993.



# Prevenção de riscos

## Princípios gerais de prevenção (Diretiva 89/391/CEE)

- Evitar os riscos.
- Avaliar os riscos que não se podem evitar.
- Combater os riscos na sua origem.
- Adaptar o trabalho à pessoa.
- Ter em conta a evolução da técnica.
- Substituir o perigoso por o que não traga perigo.
- Planificar a prevenção de maneira ampla (integrando a técnica, a organização do trabalho, as condições do trabalho, as relações sociais e a influência dos fatores ambientais no trabalho).
- Antepor a proteção coletiva à proteção individual.
- Dar as devidas instruções aos trabalhadores.



## Prevenção de riscos

### Outros princípios fundamentais



- Dever geral do empresário em prevenção
- Participação dos trabalhadores
- Dotar a prevenção de recursos
- Estabelecer responsabilidades
- Realizar ações de gestão dos riscos
- Integração da prevenção a todos os níveis

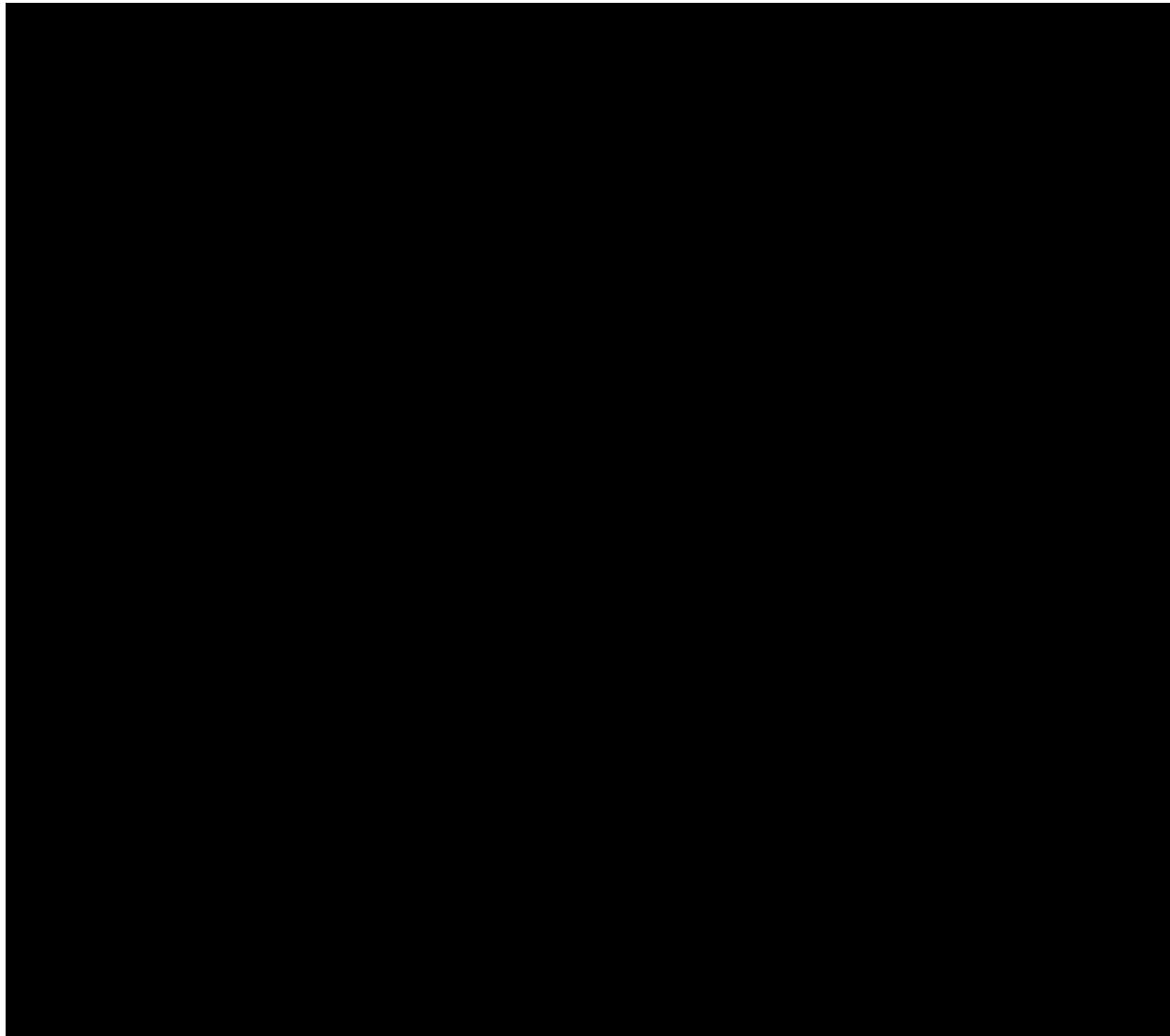
## Prevenção de riscos

**A lógica da fatalidade para  
justificar a tomada de ações**



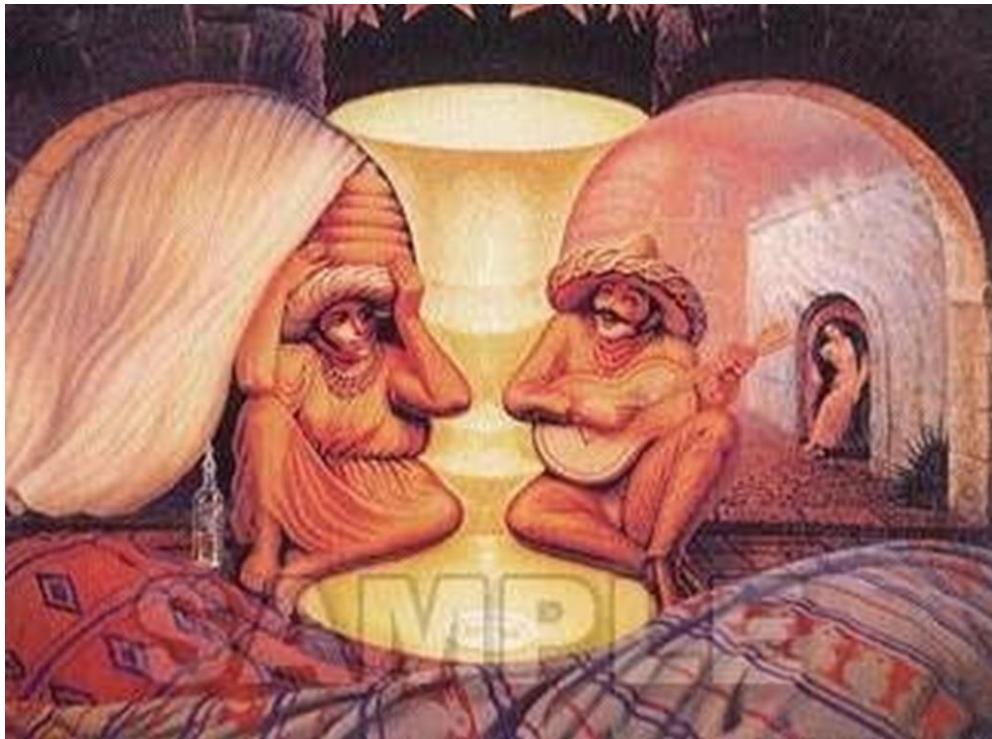
# Percepção dos riscos





## Percepção dos riscos

Os indivíduos empregam modelos mentais com base  
**na experiência e emoção,**  
para avaliar os riscos e benefícios potenciais.



Estes modelos são particularmente vulneráveis quando há muito incerteza (i.e. pouca informação) sobre o fenômeno (ou situação) percebido.



# Percepção dos riscos

Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace(\*)

- ... É subjetiva, raramente deriva de uma análise científica ou racional;
- ... Não é uniforme para todas as tecnologias assim como em relação aos indivíduos ou comunidades;
- ... Depende de uma mistura de:
  - o características gerais de um risco;
  - o atributos sócio demográficos e tradições culturais;
  - o conhecimento técnico e de raciocínio, baseado no senso comum;
  - o experiência pessoal, disposição psicológica e do contexto percebido, associado a eventos de risco (comunicação, gestão e controle);
  - o comunicação social (é bom lembrar que a propaganda tende a maximizar as virtudes e minimizar os defeitos);
- ... Varia de acordo com o contexto: nanotecnologias aplicadas à medicina são mais aceitas do que as nanotecnologias aplicadas aos alimentos, por exemplo.



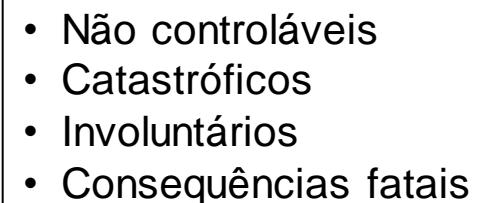
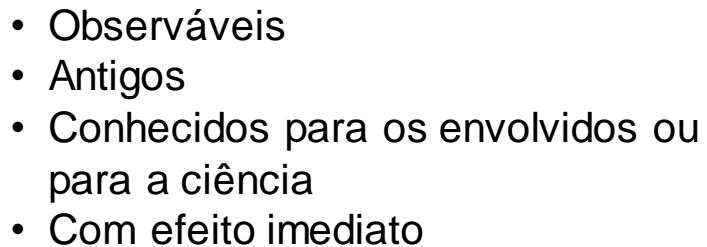
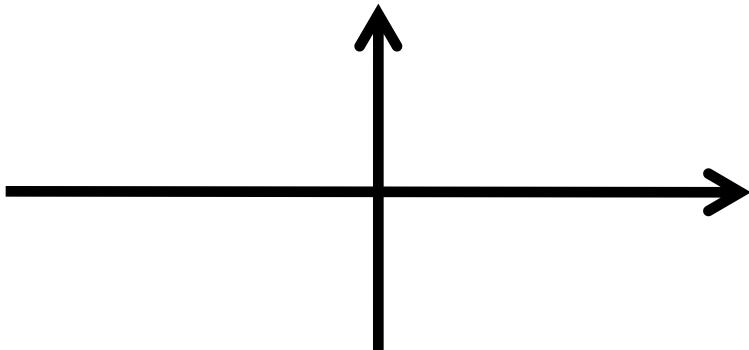
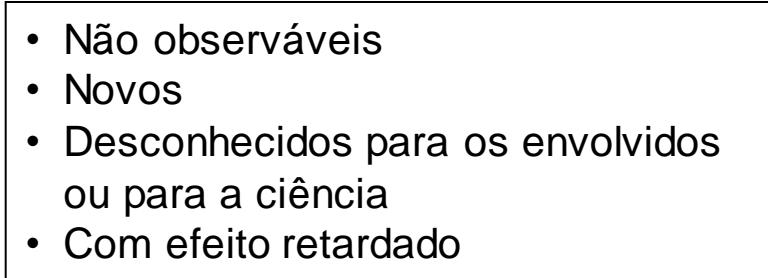
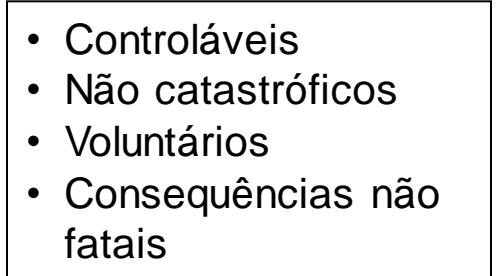
# Percepção dos riscos

Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace(\*)

... É comum a associação do risco à quantidade de material manipulado gerando a falsa conclusão (percepção) de que pouco material gera pouco risco;

- A comunicação de risco (acesso à informação) é parte integrante da gestão de risco. Um diálogo eficaz, transparente, equilibrado e aberto entre todas as partes interessadas é fundamental para o desenvolvimento responsável, saudável e sustentável das nanotecnologias

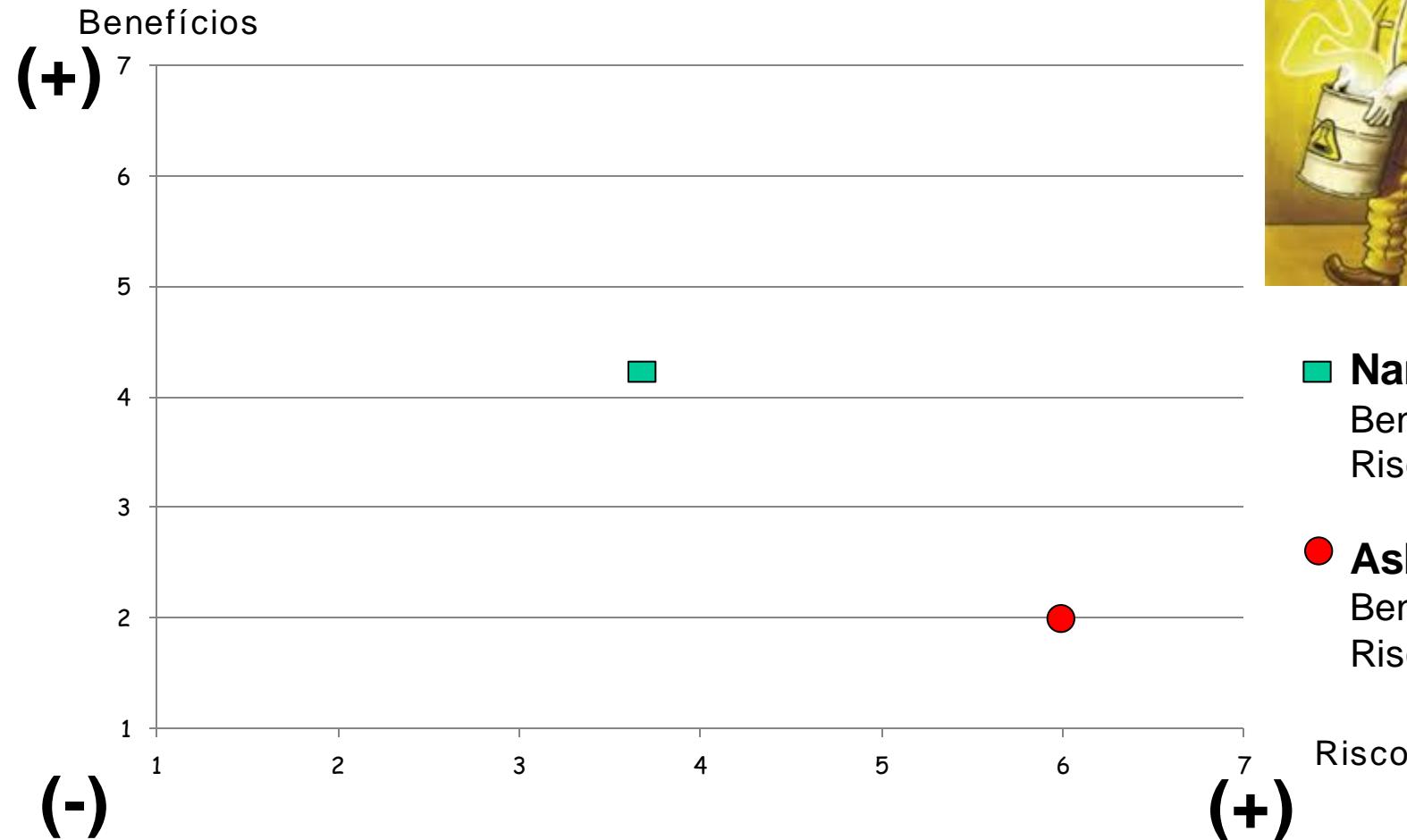




Fonte: Palma-Oliveira, Saber muito sem saber nada: percepção de risco da nanotecnologia e implicações para a avaliação e comunicações de risco. Universidade de Lisboa, 2009.



# Percepção dos riscos



## Nanotecnologia

Benefícios = 4,2  
Riscos = 3,8

## Asbesto

Benefícios = 2,0  
Riscos = 6,0

**What drives public acceptance of nanotechnology?**

CURRAL, S.C. et al., Nature Nanotechnology, 2006, vol. 1, Commentary.



# Percepção dos riscos

## Alguns aspectos da percepção de risco

- Abordar as nanotecnologias sob a ótica de aplicações específicas ajuda a melhorar a percepção dos riscos e benefícios envolvidos (p.ex. aditivo para combustível, protetor solar, tintas, etc.)
- O foco nas lacunas de conhecimento sobre possíveis danos futuros não indica necessariamente superproteção ou visão conservadora sobre o desenvolvimento das tecnologias envolvidas. A inovação não deve ser apenas no campo tecnológico ou científico, mas avançar na política e regulamentação.
- A comunicação/informação sobre novas tecnologias deve ser honesta, aberta, transparente e abrangente, incluindo possíveis efeitos nocivos.
- Quando o problema abordado é suficientemente severo a tolerância com a incerteza parece tornar-se maior.



**E os riscos das  
nanopartículas?**



# Pesquisas envolvendo riscos das nanotecnologias

- Segundo o banco de dados da Web of Science (2016) durante o período de 2000-2015, houve:
  - um **aumento de 154%** no número de trabalhos científicos com a expressão “Nanotechnology”, desse valor total de trabalhos
  - **apenas 6%** consideram “Nanotechnology and Risk” e
  - **2% com “Nanotechnology and risk assessment”**

**Estes números apontam para o pouco interesse em relação aos riscos envolvendo essa nova tecnologia.**



# E CINDER BLOCK WATER WITH COLORING

*using Nanotechnology to coat objects*



http://www.ultraeverdrystore.com/

Página Segurança Ferramentas

### Self-Cleaning

The Ultra-Ever Dry repels dirty water and thick oils, and remains clean and virtually bacteria-free. When dust, dirt or other molecules accumulate on a superhydrophobic coated surface, a light spray of water or a blast of air grabs the dust and removes it.

### Product Life-Extending

Many products fail from moisture, water, oil or simply getting too dirty for continued use. Use Ultra-Ever Dry superhydrophobic coating to extend the life of work gloves and other PPE, electric motors by preventing moisture on the windings, coat nuts and bolts to prevent corrosion, coat tools, equipment, and virtually any item that needs to be kept dry, corrosion free, de-iced, uncontaminated or clean. Save money, provide greater safety and a cleaner work environment.

Ultra Ever Dry is FOR INDUSTRIAL USE ONLY - Not permitted for personal use



Bottom Coating - 1 Quart

**\$47.00**

[Add To Cart](#)



Top Coating - 1 Quart

**\$91.00**

[Add To Cart](#)



Bottom Coating - 1 Gallon

**\$169.00**

[Add To Cart](#)

## My Cart

You have no items in your shopping cart.

[Privacy Policy](#)

[Returns / Refunds](#)

9



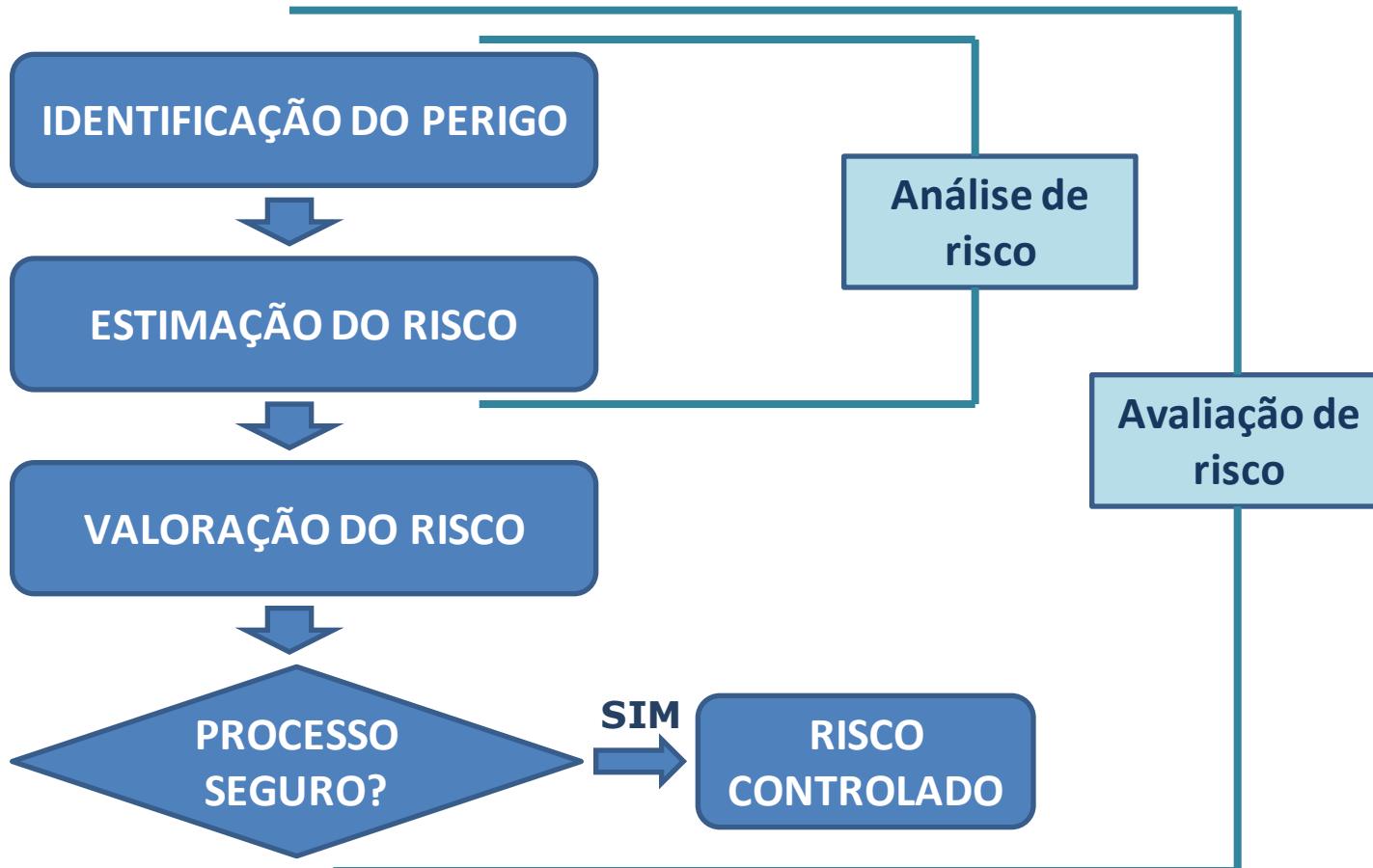
# **Etapas da gestão de risco**



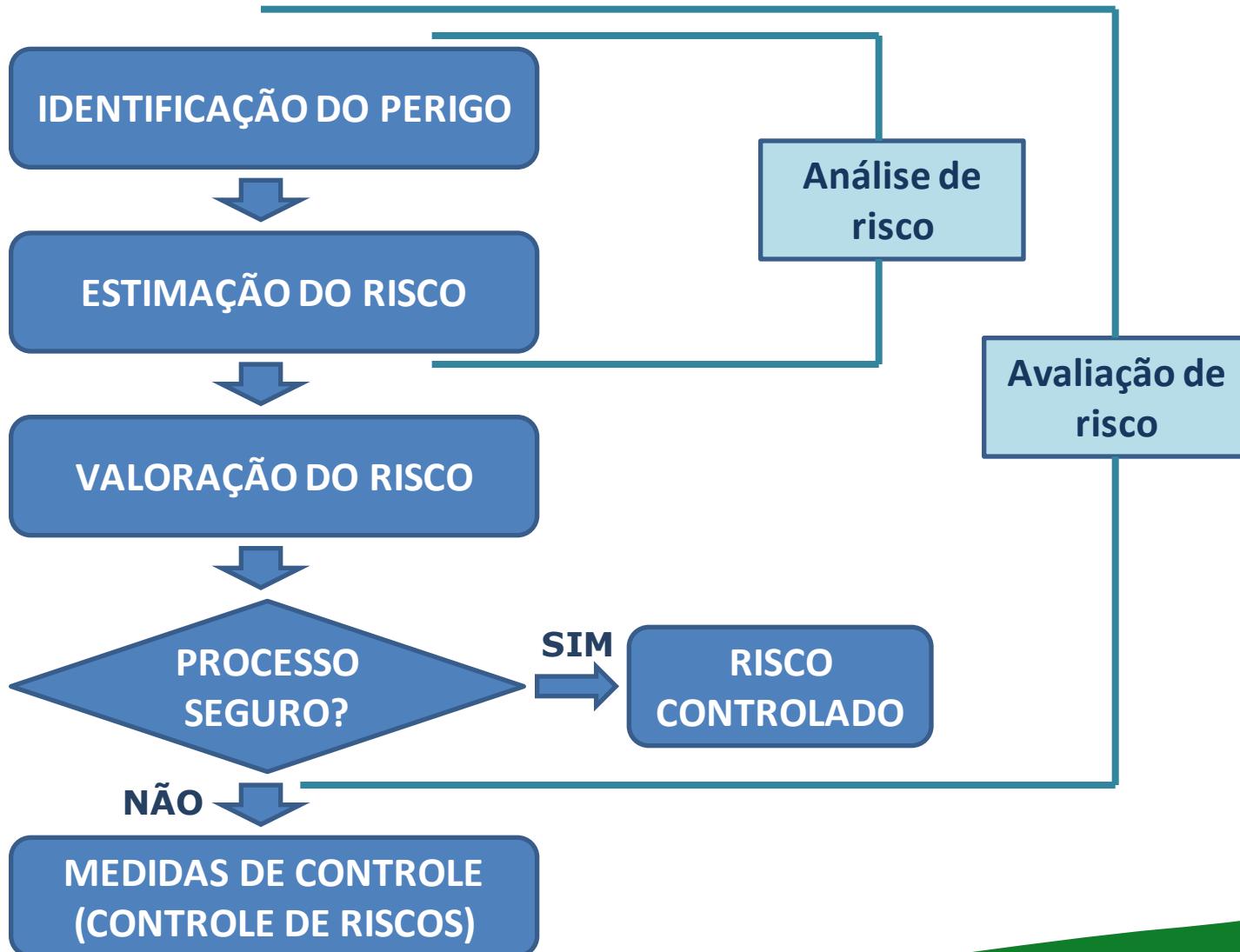
# Etapas da gestão de riscos



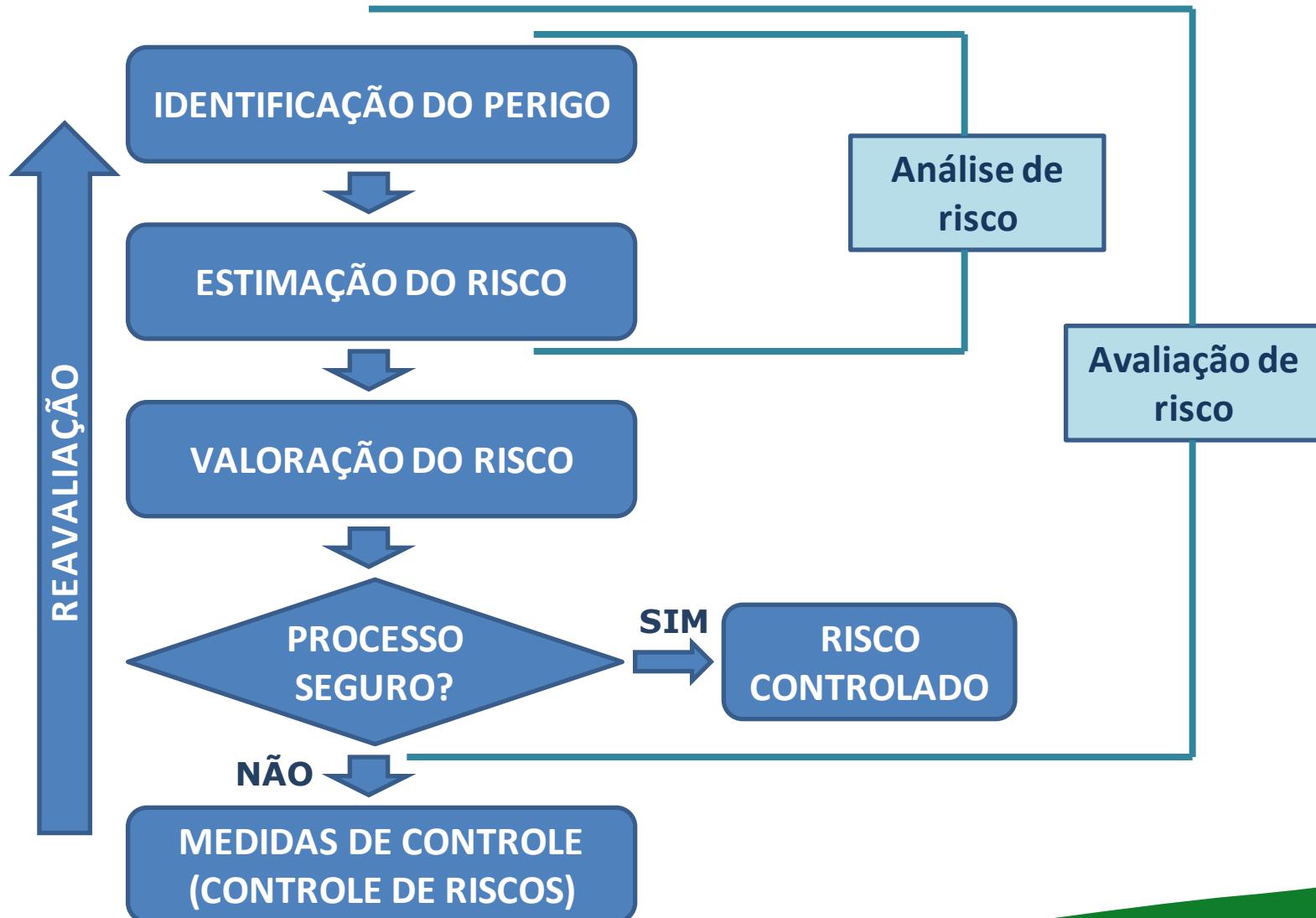
# Etapas da gestão de riscos



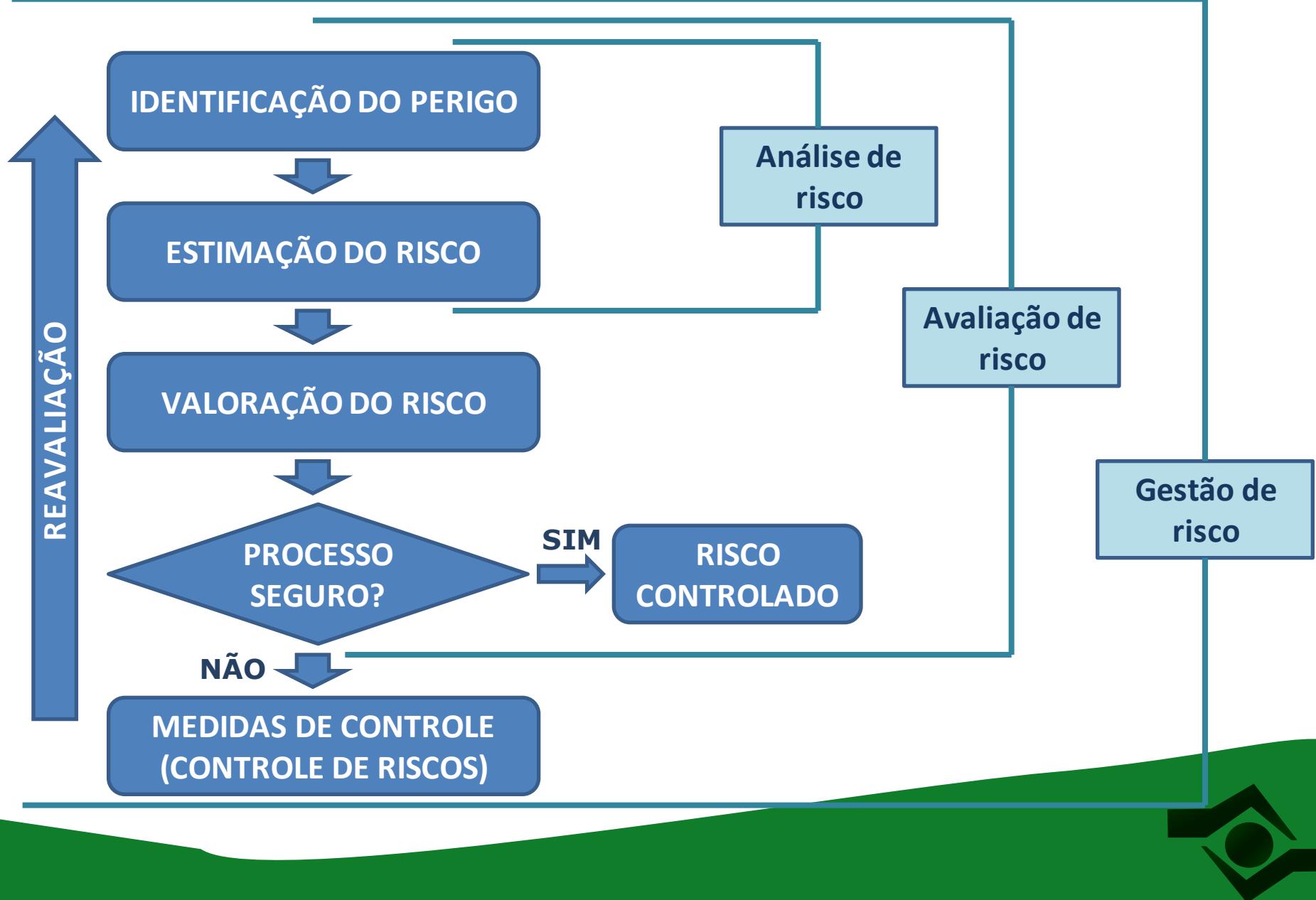
# Etapas da gestão de riscos



# Etapas da gestão de riscos



# Etapas da gestão de riscos



**As mesmas etapas básicas  
vistas de outra forma e com  
detalhes (controle de riscos  
com nanomateriais)**



# Passos Desenvolvidos pela Higiene Ocupacional para Proteger os Trabalhadores

Passos

1

Identificação do potencial de perigo (hazard)  
Há razão para acreditar que pode ser nocivo?



2

Caracterização do potencial de perigo (hazard)  
Como e em que condições pode ser nocivo?



3

Avaliação da exposição  
Haverá exposição em condições de trabalho real?



4

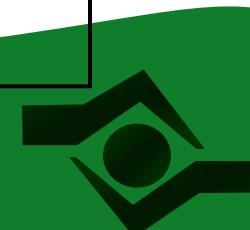
Caracterização do risco  
A substância é perigosa e haverá exposição?



5

Gestão do risco  
Que técnicas podem ser usadas para minimizar o risco?

Fonte: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-101/pdfs/2013-101.pdf>  
<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-106/pdfs/2014-106.pdf>



# Identificação do Potencial de Perigo

Passo 1

- - Há razão para acreditar que pode ser nocivo?
- ✓ Recente revisão conclui que há um consenso entre os especialistas que uma caracterização precisa e completa das nanopartículas é parte essencial para a avaliação de seu potencial toxicológico em sistemas biológicos.
- ✓ Porém, apesar de vários trabalhos já publicados, há ainda uma séria **falta de conhecimento** sobre as características toxicológicas dos materiais nanoestruturados.

# Identificação do Potencial de Perigo

Passo 1

✓ Que informações deveríamos ter?

- Nome comercial e técnico
- Composição química
- Todas as informações sobre as variáveis que poderiam afetar as características do material
- FISPQ

GHS ainda não desenvolveu critérios nanoespecíficos, necessários para classificação de nanomateriais.



# Identificação do Potencial de Perigo

Passo 1

- Algumas informações sobre a composição do material pode ser conseguida pesquisando pelo nome comercial.



# Identificação do Potencial de Perigo

Passo 1

✓ Sem identificar o produto fica difícil responder a outra dúvida:

- - Qual é a toxicidade destes materiais, que podem ser muito diferentes das do mesmo material em escala maior?
- Ela é importante para o passo seguinte
- 



# Passos Desenvolvidos pela Higiene Ocupacional para Proteger os Trabalhadores

Passos

1

Identificação do potencial de perigo (hazard)  
Há razão para acreditar que pode ser nocivo?



2

Caracterização do potencial de perigo (hazard)  
Como e em que condições pode ser nocivo?



3

Avaliação da exposição  
Haverá exposição em condições de trabalho real?



4

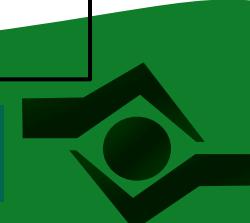
Caracterização do risco  
A substância é perigosa e haverá exposição?



5

Gestão do risco  
Que técnicas podem ser usadas para minimizar o risco?

Fonte: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-101/pdfs/2013-101.pdf>  
<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-106/pdfs/2014-106.pdf>



# Caracterização do Potencial de Perigo

Passo 2

- - *Como e em que condições pode ser nocivo?*



# Caracterização do Potencial de Perigo

Passo 2

- Para saber como ele pode ser nocivo é necessário conhecer as características toxicológicas
  - Já há informação, embora poucas, sobre alguns materiais mais estudados:  $TiO_2$  (óxido de titânio), nanotubos e nanofibras de carbono



# Caracterização do Potencial de Perigo

Passo 2

- ✓ É conhecido que os **efeitos toxicológicos** das partículas ultrafinas são muito mais severos conforme diminui o seu tamanho mas pouco é conhecido sobre o mecanismo pela qual as partículas extremamente pequenas migram para dentro do corpo e se acumula em tecidos e órgãos.



# Nanopartículas

- **Propriedade varia em função de diversos parâmetros:**
  - ✓ Tamanho e distribuição de tamanho;
  - ✓ Forma, estado de aglomeração;
  - ✓ Biopersistência, durabilidade e solubilidade (em água e em gordura);
  - ✓ Área superficial,
  - ✓ Porosidade (pós porosos possuem área superficial muito maior do que os não porosos);
  - ✓ Química da superfície, incluindo sua: composição, energia superficial,
  - ✓ molhabilidade, carga, reatividade, espécies adsorvidas, contaminação.
  - ✓ Possível modificação na cobertura da partícula também é citada por alguns autores;
  - ✓ Contaminantes ou traços de impurezas;
  - ✓ Composição química, incluindo dispersão da composição;
  - ✓ Propriedades físicas: tais como densidade, condutividade. Alguns artigos incluem: dureza, deformabilidade;
  - ✓ Estrutura cristalina.

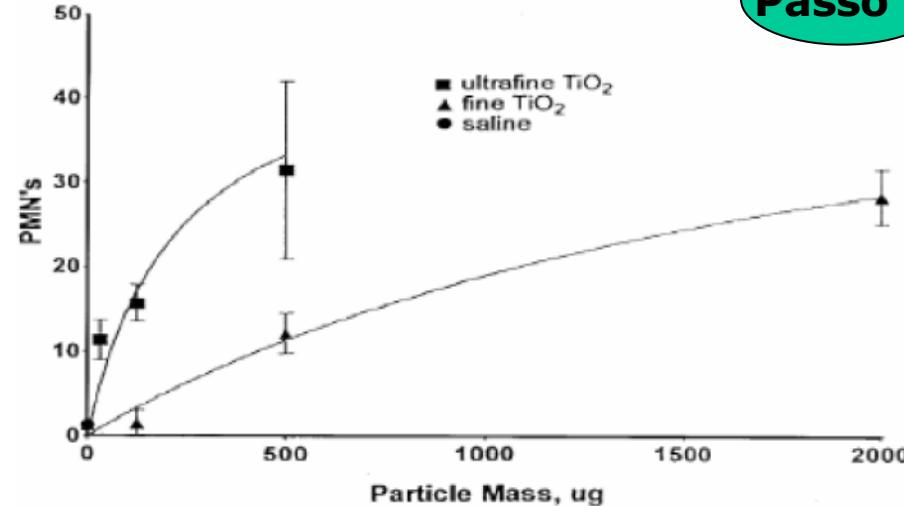
Passo 2



# Curvas representando área superficial x dose?

Passo 2

- Toxicidade de TiO<sub>2</sub> ultrafino parece maior do que TiO<sub>2</sub> por unidade de massa

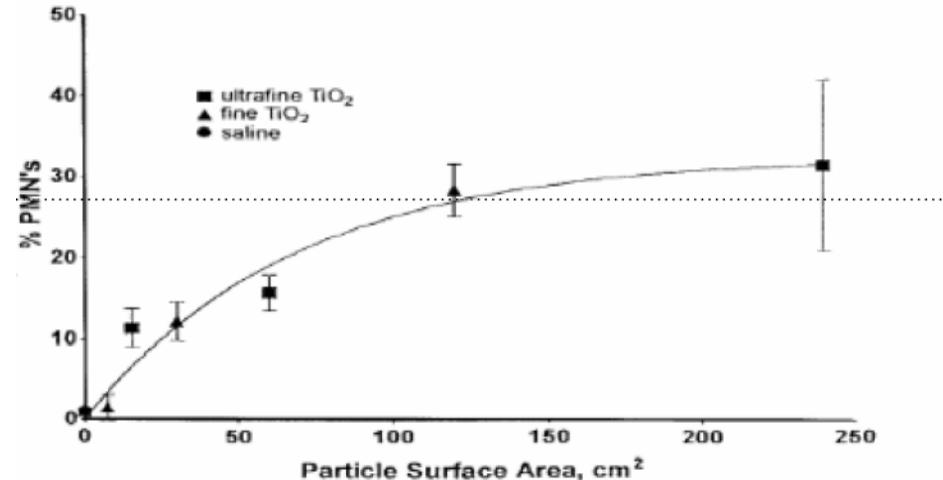


- Toxicidade é equivalente quando o que se utiliza como medida de comparação é a área superficial



- PMN = Measured polymorphonuclear neutrophils in lung lavage fluid, an index of inflammation

- Fonte original: Oberdorster, Int Arch Occup Environ Health. 2001 Jan; 74(1):1-8.

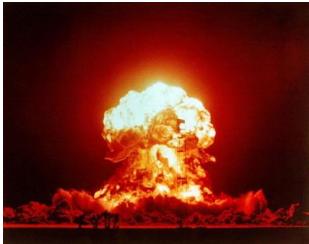


# Caracterização do Potencial de Perigo

Passo 2

- - Quais são os métodos apropriados para testes de toxicidade?
- ✓ É usual encontrar dados contraditórios na literatura sobre toxicidade de substâncias químicas e sobre possíveis doenças que elas podem causar. No caso dos estudos de nanotoxicologia ainda há falta de métodos validados o que dificulta ainda mais os estudos.





# Caracterização do Potencial de Perigo

Passo 2

## considerar também: Fogo e Explosão

✓ Um dos fatores que contribuem para a facilidade de ignição e violência explosiva de uma nuvem de pó é o tamanho da partícula ou área superficial específica. Por tanto, a tendência geral é:

↓ Tamanho

↑ Área Específica

↑ Facilidade de Ignição e Violência Explosiva



# Fogo e explosão

Passo 2

- Além disso:
  - A habilidade dos nanomateriais se tornar eletrostaticamente carregado durante o transporte, manuseio e processamento é também um fator de um risco a ser considerado. Esta tendência de se carregar aumenta drasticamente com o aumento da área superficial do nanomaterial.
  - Alguns nanomateriais podem iniciar reações catalíticas dependendo se suas composições e estruturas, o que não pode ser antecipado apenas com base em sua composição química
  - Nanopartículas também podem provocar curto circuito em equipamentos elétricos devido sua facilidade em penetrar em pequenas frestas destes equipamentos



# Passos Desenvolvidos pela Higiene Ocupacional para Proteger os Trabalhadores

Passos

1

Identificação do potencial de perigo (hazard)  
Há razão para acreditar que pode ser nocivo?



2

Caracterização do potencial de perigo (hazard)  
Como e em que condições pode ser nocivo?



3

Avaliação da exposição  
Haverá exposição em condições de trabalho real?



4

Caracterização do risco  
A substância é perigosa e haverá exposição?



5

Gestão do risco  
Que técnicas podem ser usadas para minimizar o risco?

Fonte: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-101/pdfs/2013-101.pdf>  
<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-106/pdfs/2014-106.pdf>



# Avaliação da Exposição

Passo 3

- - Haverá exposição em condições de trabalho real?
- - **Como avaliar a possível exposição?**



# Avaliação da Exposição

Passo 3

- ✓ As técnicas de medição existentes são apropriadas?
- ✓ É conhecido o processo de Aglomeração / Desaglomeração do material no ar?
- ✓ Qual é a unidade métrica de dose mais adequada para avaliar a exposição: massa, área superficial, número de partículas, e/ou outros?
- ✓ **Grossi, Gricia, Relatório de viagem: 3º Encontro do Grupo de Trabalho sobre Nanomateriais manufaturados;**
  - ✓ Não existe consenso profissional sobre instrumento e protocolos de monitoramento e pode demorar décadas antes de emergirem;  
Para mais informações acessar o link:  
<http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/1-3/7-exposure-nanoparticles.htm#2p0>
- ✓ NIOSH já tem algumas recomendações mas que ainda precisam ser melhor validados.



# Como Avaliar a Exposição?

Passo 3

- - As nanopartículas podem se **aglomerar** ou **aglutinar** e neste caso o que os trabalhadores estarão respirando?



# Como Avaliar a Exposição?

Passo 3

- ✓ Estes materiais (BSI - PAS 71:2005) podem ainda ser encontradas nas formas de:
  - Aglomerados - grupo de partículas mantidas juntas por forças relativamente fracas (incluindo força de Van der Waals, eletrostáticas e tensão superficial);
    - Força de Van der Waals: forças fracas entre moléculas, que não chegam a ser uma ligação química
  - Agregados - partículas heterogêneas nas quais seus vários componentes são mantidos juntas por forças relativamente fortes e desta forma não são facilmente quebrados separadamente.

# Meia Vida de Coagulação

## à diferentes concentrações de nanopartículas em vários tamanhos

Diâmetro de partícula (nm)	Meia vida			
	1 g m <sup>-3</sup>	1 mg m <sup>-3</sup>	1 μ m <sup>-3</sup>	1 ng m <sup>-3</sup>
0,5	0,39 μs	0,39 ms	0,39 s	6,5 min
1	2,2 μs	2,20 ms	2,2 s	36,67 min
2	12 μs	12,00 ms	12 s	3,34 hrs
5	0,12 ms	0,12 s	2 min	33,34 hrs
10	0,7 ms	0,7 s	11,67 min	8,1 dias
20	3,8 ms	3,8 s	63,34 min	43,98 dias

Health effects of particles produced for nanotechnologies

HSE <http://www.hse.gov.uk/horizons/nanotech/healtheffects.pdf>

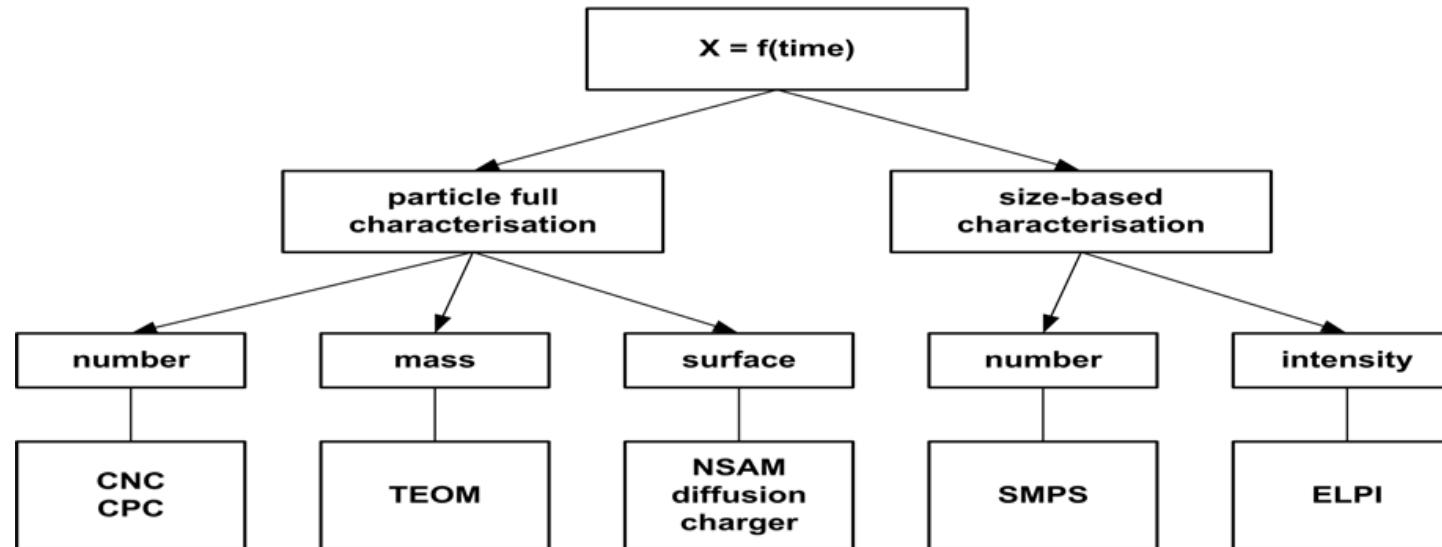


# Como Avaliar a Exposição?

Passo 3

•- As técnicas de medição existentes são apropriadas?

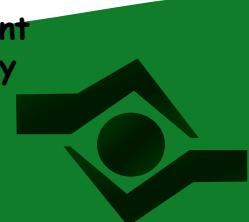
✓ Não é suficiente avaliar apenas a massa!



(CNC= Condensation Nuclei Counter, CPC = Condensation Particle Counter, TEOM = Tapered Element Oscillating Microbalance, NSAM = Nanoparticle Surface Aerosol Monitor, SMPS = Scanning Mobility particle Sizer, ELPI = Electrical Low Pressure Impactor)

Fonte: *Workplace exposure to nanoparticles*

[http://osha.europa.eu/en/publications/literature\\_reviews/workplace\\_exposure\\_to\\_nanoparticles](http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles)



# Como Avaliar a Exposição?

Passo 3

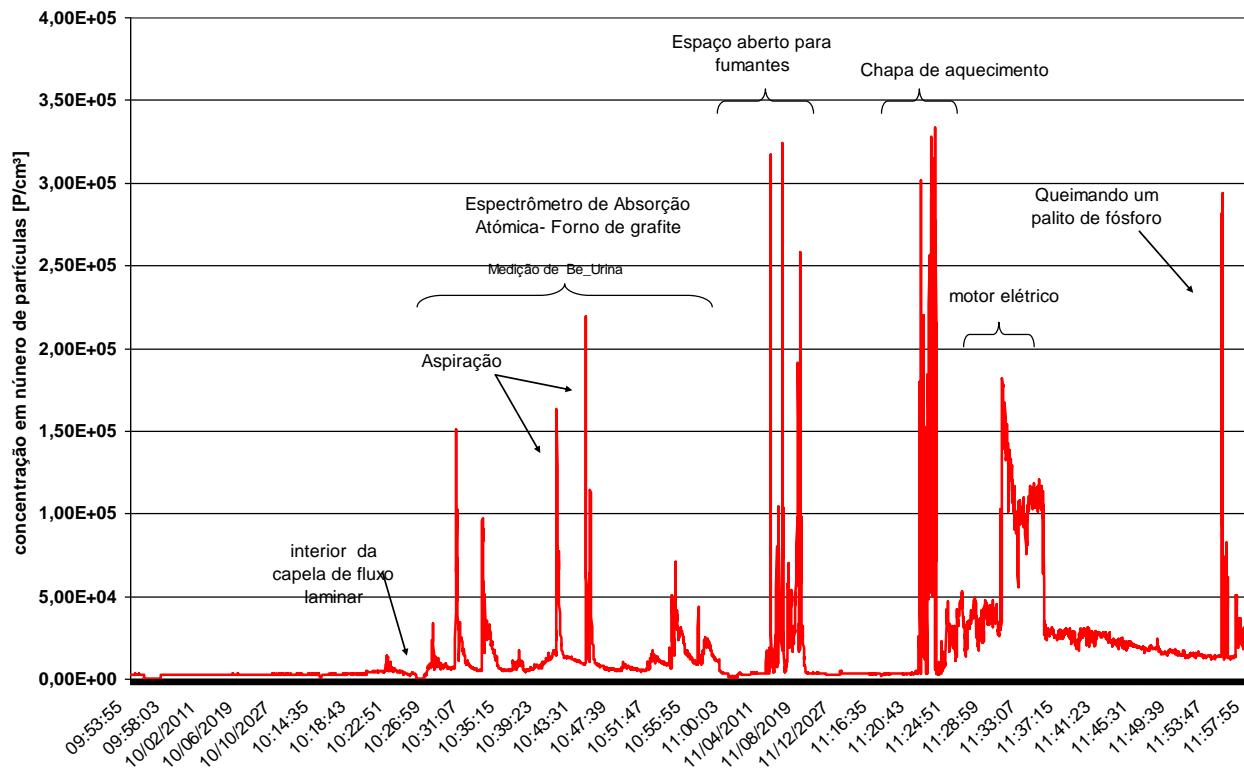
- ✓ Ainda há **necessidade de discriminação** entre as **partículas existentes** no ambiente e as **partículas engenheiradas**.
- ✓ Este é um fator importante a ser considerado na estratégia de amostragem.
- ✓ Segundo recomendações de estratégia desenvolvidas por NIOSH.

• Importante: independentemente dos parâmetros métricos e dos métodos escolhidos para a avaliação da exposição, é crítico que se realize medições **ANTES** da produção ou processamento dos NM, para estabelecer dados iniciais de "background" sobre a exposição.



# Como Avaliar a Exposição?

Passo 3



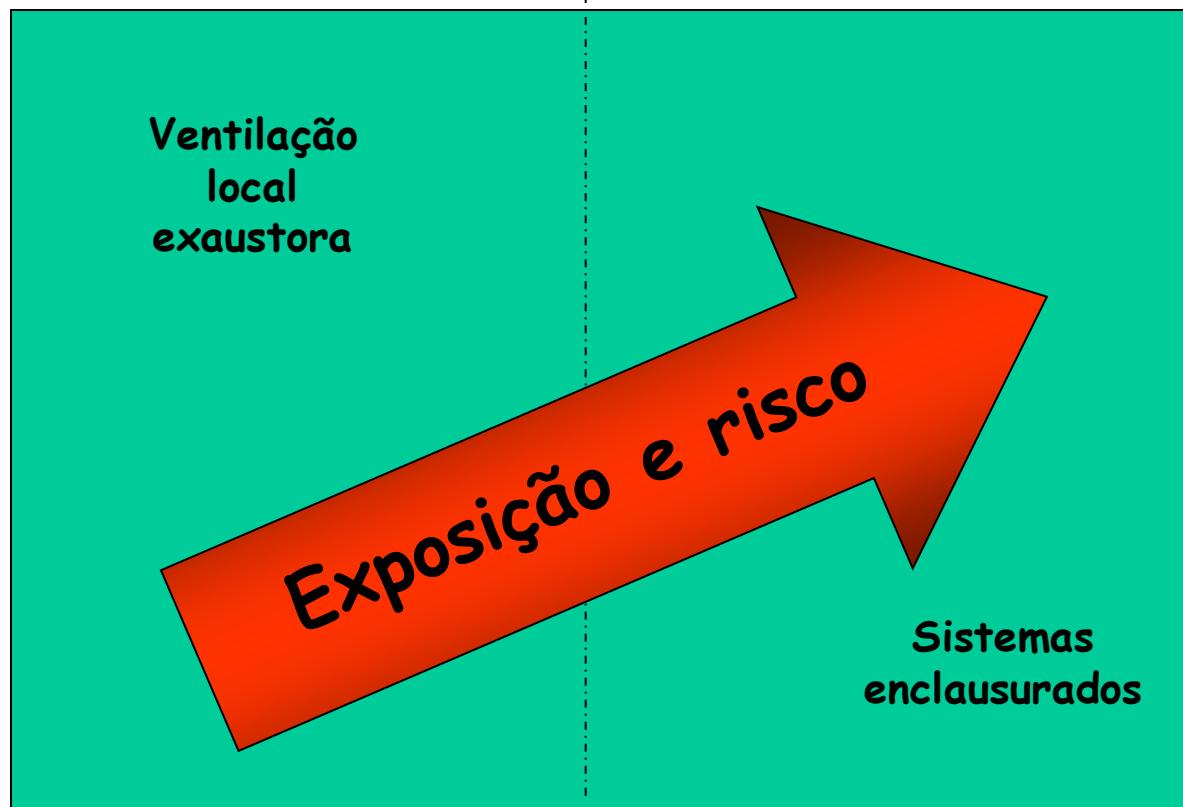
- Resultados das medições feitas para avaliar as concentrações de fundo que interferem na concentração em número de nanopartículas que podem interferir na avaliação da exposição em ambientes de trabalho.
- Resultados obtidos no estágio da Maria Gricia Lourdes Grossi na BAUA, julho 2011.

# Como Avaliar a Exposição?

## • Avaliação Qualitativa Inicial

Passo 3

Médio/reversível → Danos á saúde dos trabalhadores → Severo/irreversível



Pasta/suspensão → aglomerado → Altamente disperso  
Forma física



Fonte:

[http://www2.unitar.org/cwm/publications/event/Nano/Lodz\\_11\\_Dec\\_09/documents/9\\_Measure\\_to\\_control.pdf](http://www2.unitar.org/cwm/publications/event/Nano/Lodz_11_Dec_09/documents/9_Measure_to_control.pdf)

# Valores limites de exposição

Passo 3

- Quando conhecidos e confiáveis
  - ↓
- Base para caracterização de risco e desenvolvimento de mecanismos de controle para evitar ou minimizar a exposição ocupacional



# Dúvidas na Avaliação dos Possíveis Impactos à Segurança e Saúde dos Trabalhadores

Passo 3

- ✓ Limites de exposição são baseados em massa de substância por volume de ar.
- ✓ Não são apropriados para nanomateriais onde a toxicidade depende de vários outros fatores além da massa: tamanho e forma da partícula, composição química, cristalinidade, propriedades superficiais (área, porosidade, carga, modificações na superfície, desagregação superficial), estado de aglomeração, biopersistência, solubilidade e quantidade. (Oberdörster, G. "Biokinetics and effects of nanoparticles", in Simeonova, P. P. et al "Nanotechnology - toxicological Issues and Environmental safety", Springer, 2006, 276pgs).
- Exemplo: a toxicidade dos pontos quânticos de CdSe depende da toxicidade intrínseca do íon metálico e também da promoção catalítica de estresse oxidativo da partícula.
- Exemplo: estudo in vitro sobre penetração e toxicidade de pontos quânticos de Telureto de Cádmio (CdTe) em células nervosas e glial foram mais pronunciadas com CdTe de 2,2 nm, carregados positivamente, do que as nanopartículas com 5,2 nm, igualmente carregadas.



# Limites de exposição

Passo 3

• Limite utilizado para nanotubo de carbono = grafite

• NIOSH ⇒

• "Com base nos nossos estudos sobre inalação pode-se inferir que os trabalhadores sujeitos a exposição de longa duração aos nanotubos de carbono de parede simples na PEL atual do grafite sintético, deverão ter aumento de risco de danos pulmonares"

## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Manufacturer: Carbon Nanotechnologies, Inc.  
16200 Park Row  
Houston, TX 77084  
Phone: 281-492-5707  
Fax: 281-492-5810  
E-mail: BusDev@cnanotech.com

Product: CNI® Carbon Nanotubes

### Section 1 Product Identification

Chemical Name: Carbon Fullerene

Formula: Carbon

Chemical Family: Synthetic Graphite

Synonyms: Carbon Nanotubes

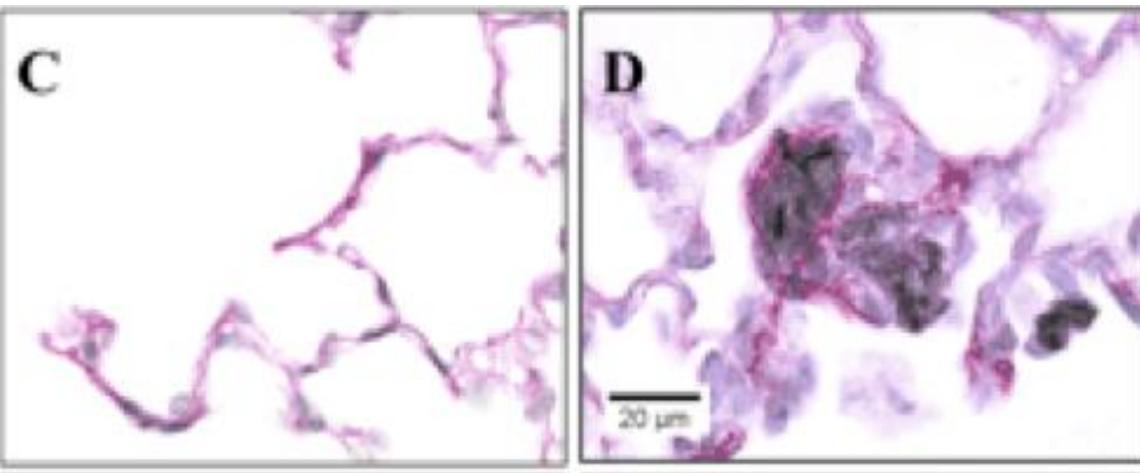
CAS Number: 7782-42-5 (Graphite)

### Section 2 Composition and Information on Ingredients

Component	%	OSHA/PEL	ACGIH/TLV
Synthetic graphite	Up to 100%	15 mg/m <sup>3</sup> (total dust) 5 mg/m <sup>3</sup> (respirable fraction)	2 mg/m <sup>3</sup> TWA
Metallic impurity	Balance		

# Exposição a Nanotubos de Carbono

Passo 3



Anna Shvedova from NIOSH, 2005

[http://dchas.org/phocadownload/Archival%20Technica%20Information/nano\\_symp\\_07/nano\\_occ\\_med.pdf](http://dchas.org/phocadownload/Archival%20Technica%20Information/nano_symp_07/nano_occ_med.pdf)

Lesão granulomatosa resultantes da exposição a ~ 20 dias de inalação no limite de exposição permissível para grafite.



# Limites de exposição

Passo 3

- Apesar do ainda pouco conhecimento sobre os nanomateriais, alguns já são razoavelmente estudados. Para estes já existem algumas sugestões de limites:
- NIOSH recomenda para o **dióxido de titânio fino** ( $TiO_2$ ): **2.4 mg/m<sup>3</sup>**; e para o **ultrafino** (incluindo os engenheirados na nanoescala): **0.3 mg/m<sup>3</sup>**, como concentração média ponderada pelo tempo (TWA) para uma exposição de 10 horas por dia durante uma semana de trabalho de 40 horas.
- Para **nanotubos e nanofibras de carbono** recomenda que a exposição dos trabalhadores seja limitada a não mais do que **1  $\mu$ g/m<sup>3</sup>**.



# Limites de exposição

• Nano valores provisórios com base nos níveis de referência, tal como proposto pelo IFA (Institut fur Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) e adaptados de acordo com as discussões com IFA e o painel de especialistas holandeses. Fonte: Van Broekhuizen (2012) (tradução livre)

Descrição	Densidade	Valores de referência (8 horas - MPT) <sup>(1)</sup>	Examples
<b>Nanofibras rígidas, biopersistentes para as quais NÃO se exclui efeitos similares ao amianto</b>	-	0.01 fibras/cm <sup>3</sup>	SWCNT ou MWCNT (nanotubos de carbono de paredes simples ou múltiplas) ou fibras de oxides de metal para as quais NÃO se exclui efeitos similares ao amianto
<b>Nanomaterial granular biopersistente na faixa entre 1 e 100 nm</b>	> 6.000 kg/m <sup>3</sup>	20.000 partículas/cm <sup>3</sup>	Ag, Au, CeO <sub>2</sub> , CoO, Fe, Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> , La, Pb, Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SnO <sub>2</sub> ,
<b>Nanomaterial granular biopersistente na faixa entre 1 e 100 nm</b>	< 6.000 kg/m <sup>3</sup>	40.000 partículas/cm <sup>3</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , TiN, TiO <sub>2</sub> , ZnO, nanoargila, negro de fumo, C <sub>60</sub> , dendrímeros, poliestireno Nanofibras para as quais se exclui efeitos similares ao amianto
<b>Nanomaterial granular não -biopersistente na faixa entre 1 e 100 nm</b>	-	Limite de exposição ocupacional é aplicável	Exemplo: gorduras, NaCl

(1) = media ponderada pelo tempo de uma jornada de trabalho de 8 horas

[http://www.ser.nl/~media/db\\_deeladviezen/2010\\_2019/2012/b30802/b30802\\_achtergrond.ashx](http://www.ser.nl/~media/db_deeladviezen/2010_2019/2012/b30802/b30802_achtergrond.ashx)

# Limite de exposição

## Proposta do British Standards Institute

Categoría	Descrição	Valor de orientação	Observações
I	Materiais fibrosos; Uma proporção elevada de nanomaterial insolúvel	0,01 fibras / mL	Análogo às fibras de amianto
II	Qualquer nanomaterial já classificado na sua forma de partículas maiores cancerígena, mutagênica, reprodutiva ou como sensibilizante (CMRS)	0,1 x LEO existente para a forma molecular ou partículas maiores	A taxa potencialmente aumentada de dissolução desses materiais em forma de nanopartículas pode levar a uma maior biodisponibilidade. Neste caso é introduzido um fator de segurança de 0,1.

Uma fibra é definida como uma partícula com uma relação de comprimento x largura > 3:1 e um comprimento superior a 5.000 nm (5µm).



# Limite de exposição Proposta do British Standards Institute

Categoria	Descrição	Valor de orientação	Observações
III	Nanomateriais insolúveis ou pouco solúveis, e não na categoria de partículas fibrosas ou CMRS	0,066 x LEO existente para a forma molecular ou partículas maiores	Em analogia com NIOSH é aconselhável um fator de segurança de 0,066 (= 15 x menor). Um nível de referência alternativo é sugerido como: 20 000 partículas/ml acima da concentração ambiental de partículas ambientais.
IV	Nanomateriais solúveis não categorizados como fibrosos ou CMRS	0,5 x LEO	É proposta como referência 50% do LEO

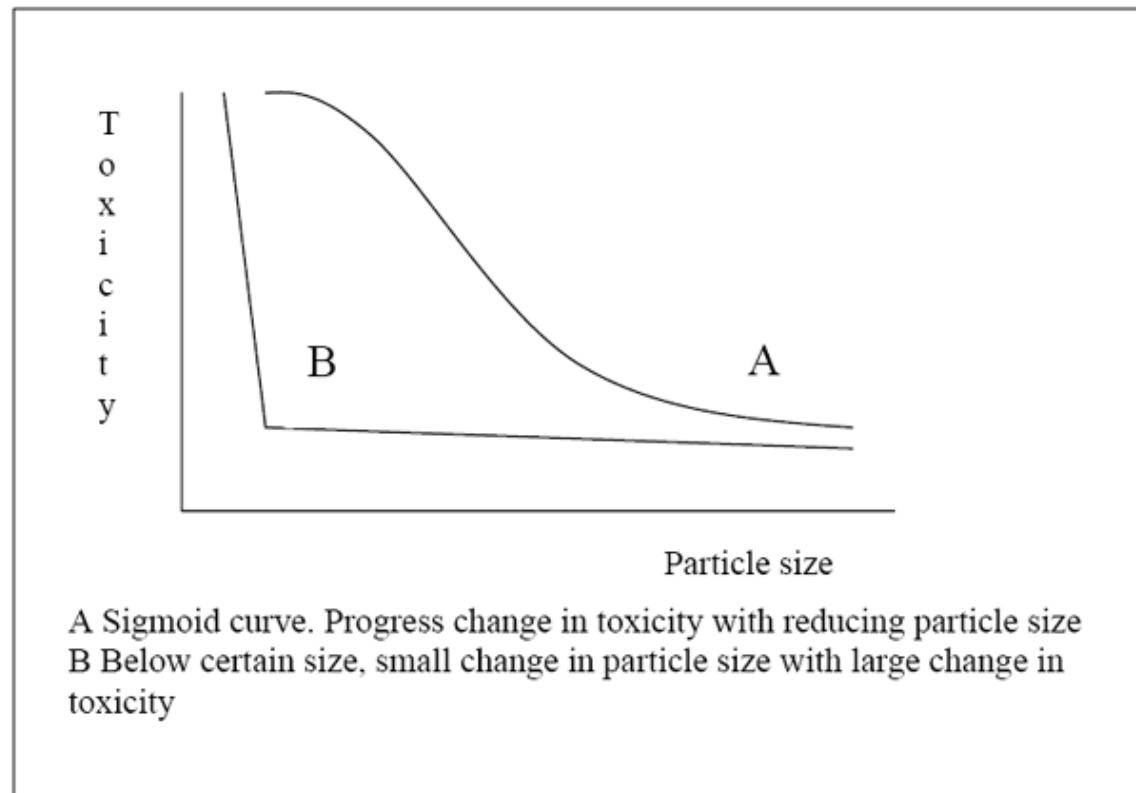


# Dúvidas

Passo 3

✓ É biologicamente plausível que a medida em que o tamanho da partícula diminui, ocorra um aumento repentino na absorção ou toxicidade.

✓ É importante estabelecer se esta é uma situação típica ou é específica para certas nanopartículas.



<http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/l-3/8-risk-assessment.htm>

<http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/index.htm#8>

[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_003b.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_003b.pdf)



# Passos Desenvolvidos pela Higiene Ocupacional para Proteger os Trabalhadores

Passos

1

Identificação do potencial de perigo (hazard)  
Há razão para acreditar que pode ser nocivo?



2

Caracterização do potencial de perigo (hazard)  
Como e em que condições pode ser nocivo?



3

Avaliação da exposição  
Haverá exposição em condições de trabalho real?



4

Caracterização do risco  
A substância é perigosa e haverá exposição?



5

Gestão do risco  
Que técnicas podem ser usadas para minimizar o risco?

# Caracterização do Risco

Passo 4

- ✓ Risco é um conceito relacionado com a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de algum dano, e sua magnitude está também relacionada com gravidade do dano.
- 
- ✓ RISCO = hazard (gravidade do dano) X exposição (probabilidade de ocorrência de um dano)
- ✓ Gravidade já visto que é pouco conhecida!



# Caracterização do risco

Passo 4

- Fatores que afetam a **exposição** aos nanomateriais engenheirados incluem a **quantia de material** sendo utilizado e se o material pode ser ou não **facilmente disperso** (no caso de um pó) ou **formar borrifos ou gotículas** transportadas no ar (no caso de suspensões).



# Caracterização do risco

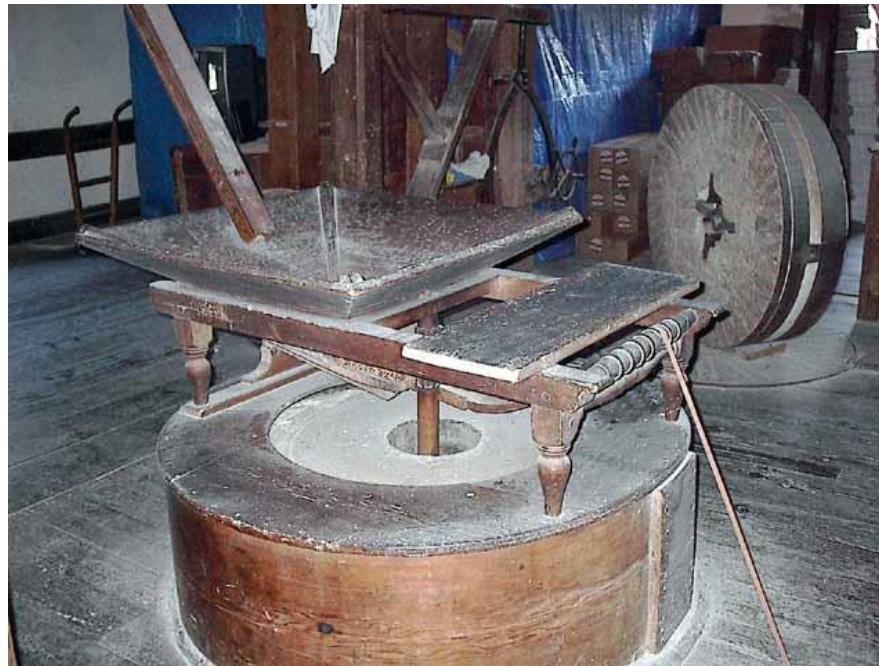
- O grau de confinamento e a duração do uso também influenciarão a exposição.
- No caso de material transportado no ar, o tamanho da partícula ou gotícula determinará se o material pode entrar no trato respiratório e se tem tendência a ser depositado.



# Situações de risco

Passo 4

- ☞ Gerar nanopartículas na fase gasosa em sistemas não enclausurados aumenta a chance de aerossóis se dispersarem no ambiente



# Situações de risco

Passo 4

- ➡ Manuseio de pós nanoestruturados (pesar, misturar, borrifar) pode resultar em formação de aerossóis



Criteria for assessment of the effectiveness of protective measures

<http://www.dguv.de/ifa/Fachinfos/Nanopartikel-am-Arbeitsplatz/Beurteilung-von-Schutzma%C3%9Fnahmen/index-2.jsp>

Nanotubo de carbono de parede simples

<http://www.eng.uct.ac.cy/cpitris/tmp/ASS2013/4.2.%20Carbon%20nanomaterials%20from%20toxicology%20to%20pharmacology.pdf>

# Situações de risco

Passo 4



- ↗ Trabalhar com materiais em **meio líquido sem proteção adequada** (por exemplo: luvas) aumenta a probabilidade de exposição pela pele



# Situações de risco

Passo 4

- ↗ Trabalhar com materiais líquidos durante operações de mistura ou transferência ou onde estiver envolvido um alto grau de agitação pode causar a formação de gotas no ar inaláveis ou respiráveis (*inclusive limpeza de EPIs*)



# Situações de risco

Passo 4

- Fazer manutenção em equipamentos ou processos usados para fabricação de nanomateriais, ou limpeza de derramamento ou material contaminado, representa um potencial de exposição aos trabalhadores que efetuarem estas tarefas



Trabalhador limpando um reator de deposição de nanopartículas metálicas produzidas na fase de vapor

<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2010-104/pdfs/2010-104.pdf>



# Situações de risco

-  **Limpeza de sistemas de coleta** usados para captura de nanopartículas pode aumentar o potencial de exposição pela pele ou inalação



# Situações de risco

Passo 4

- Trabalho com máquinas, jateamento com areia, perfuração ou outros procedimentos que levam a quebra de materiais contendo nanopartículas podem levar a formação de aerossóis.



<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAaUrUAE/analise-processo-produtivo-das-rochas-ornamentais-busca-solucao-aos-impactos-gerados?part=3>



# Atividades de Risco

Passo 4

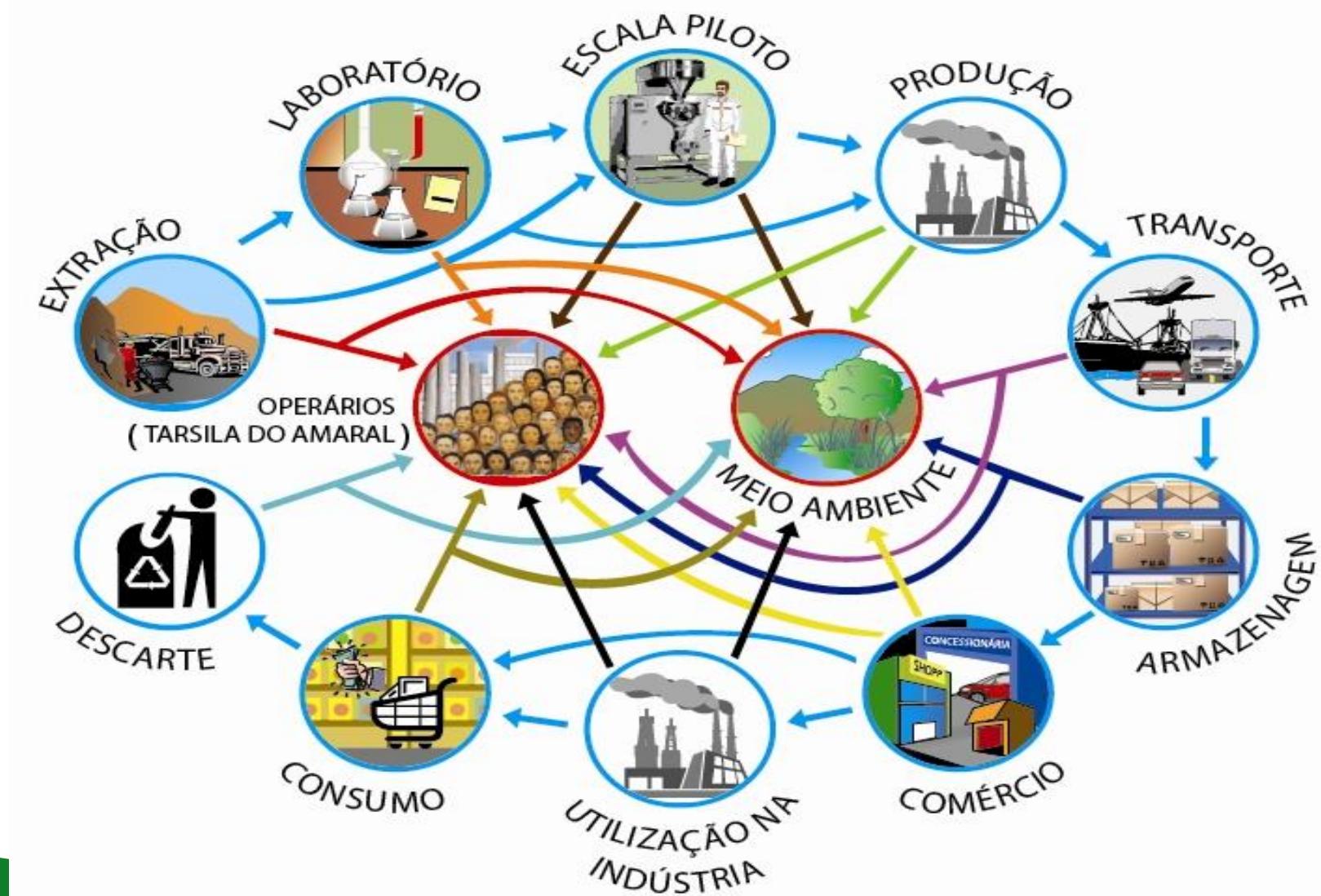
✓ **Levar em conta todo o ciclo de vida dos produtos:**

- Laboratórios de pesquisa de novos produtos e de controle de qualidade;
- Operações em escala piloto do laboratório a indústria;
- Produção/Fabricação;
- Transporte;
- Incorporação em produtos;
- Comercialização;
- Usuários;
- Resíduos/Eliminação;
- Reciclagem.



# Importante Considerar Todo o Ciclo de Vida

Passo 4



# Passos Desenvolvidos pela Higiene Ocupacional para Proteger os Trabalhadores

Passos

1

Identificação do potencial de perigo (hazard)  
Há razão para acreditar que pode ser nocivo?



2

Caracterização do potencial de perigo (hazard)  
Como e em que condições pode ser nocivo?



3

Avaliação da exposição  
Haverá exposição em condições de trabalho real?



4

Caracterização do risco  
A substância é perigosa e haverá exposição?



5

Gestão do risco  
Que técnicas podem ser usadas para minimizar o risco?

Fonte: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-101/pdfs/2013-101.pdf>  
<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-106/pdfs/2014-106.pdf>

# Gestão do Risco

Passo 5

- - Que técnicas podem ser usadas para minimizar o risco?



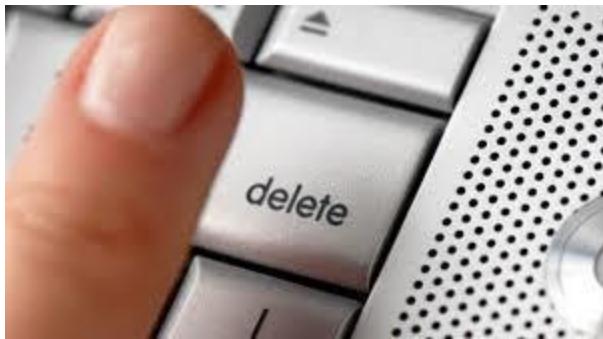
# Dúvidas na Avaliação dos Possíveis Impactos à Segurança e Saúde dos Trabalhadores

Passo 5

- - Os mecanismos de controle recomendados pela Higiene ocupacional são suficientes?
- - Existe proteção respiratória eficiente para o trabalho com nanomateriais, quando ela for necessária?



# Hierarquia dos controles de risco

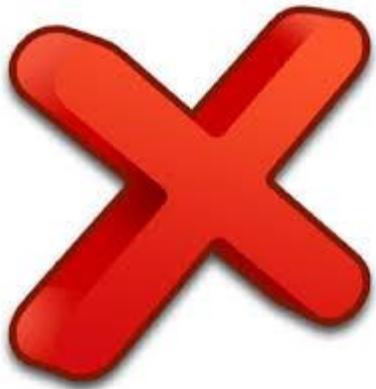


Eliminação (etapa 1)

Passo 5  
Etapa 1

1º

Controle na  
FONTE

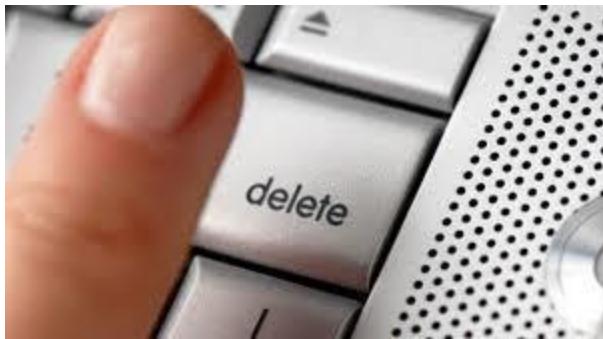


**Exemplo: amianto (asbesto crisotila)**



# Hierarquia dos controles de risco

Passo 5  
Etapa 1



Eliminação (etapa 1)

1º

Controle na  
FONTE

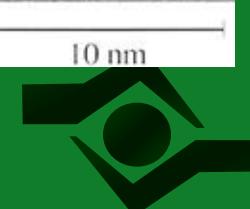
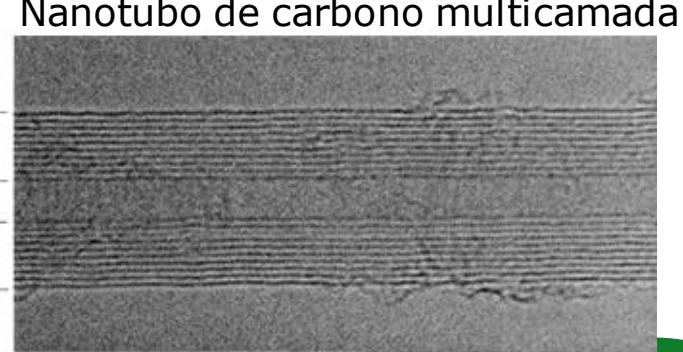
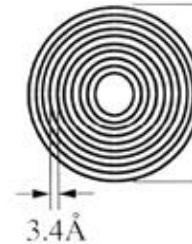
[www.gly.uga.edu/schroeder/geol6550/CM07.html](http://www.gly.uga.edu/schroeder/geol6550/CM07.html)



Asbesto  
crisotila

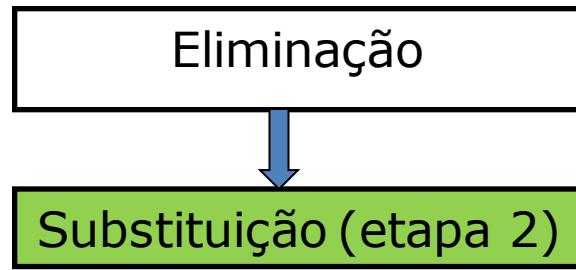
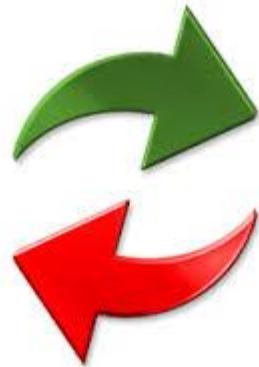


**Exemplo: amianto (asbesto crisotila) e os nanotubos de carbono de múltiplas camadas e com dimensões semelhantes??**



# Hierarquia dos controles de risco

Passo 5  
Etapa 2



1º

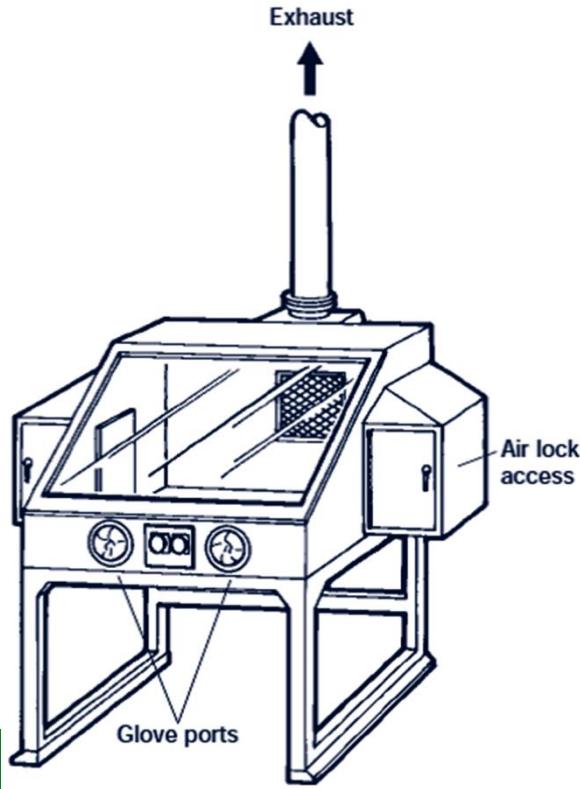
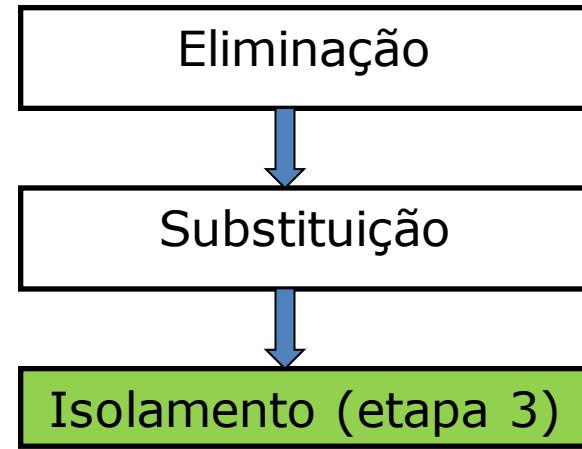
**Controle na  
FONTE**

Sempre se deve considerar a possibilidade de utilizar uma substância:

- menos tóxica
- que evapore menos
- que se disperse menos
- que não penetre através da pele
- que cause menos poluição ambiental, menos persistente no meio ambiente
- sem risco para a segurança
- que se possa utilizar em menores quantidades e com menos desperdício
- que se possa utilizar com menor consumo de energia



# Hierarquia dos controles de risco

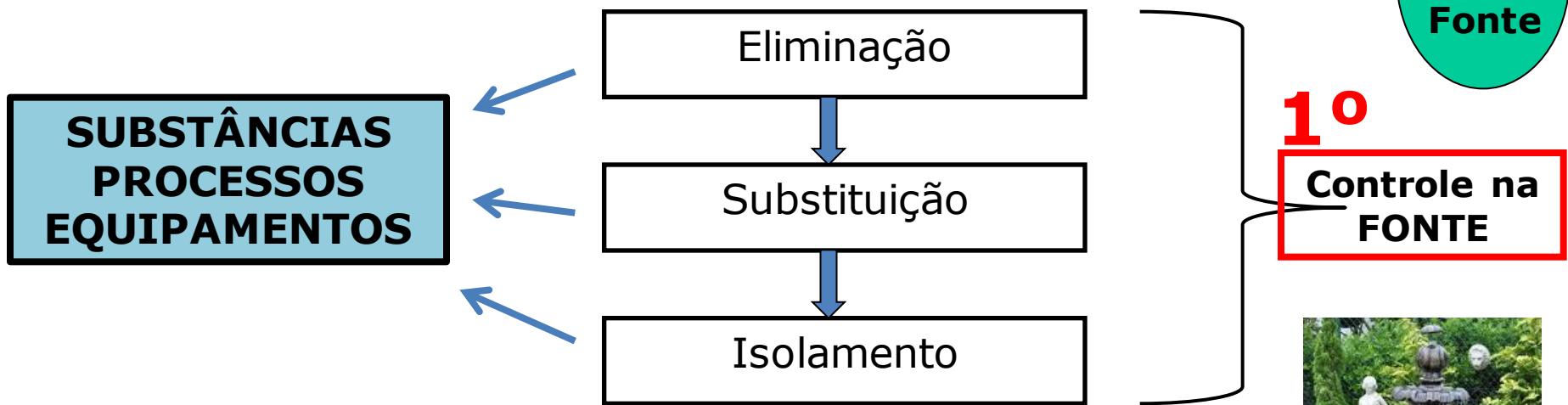


<https://www.terrauniversal.com/glove-boxes/filtration-glovebox.php>



# Hierarquia dos controles de risco

Passo 5  
Controle  
Fonte

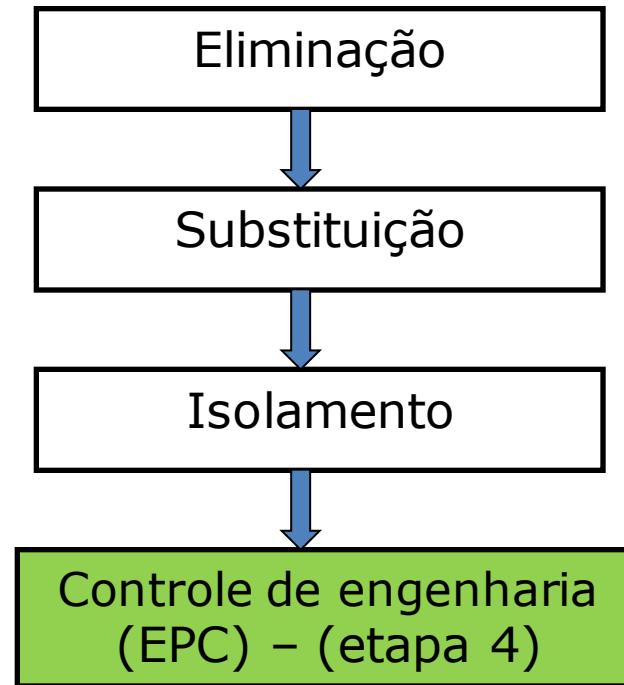


## AINDA PARA CONTROLE NA FONTE

- Modificação de Processos e Equipamentos
- Métodos Úmidos
- Manutenção de Processos e Equipamentos
- Práticas de Trabalho Adequadas



# Hierarquia dos controles de risco



Passo 5  
Etapa 4

1º

Controle na  
FONTE

2º

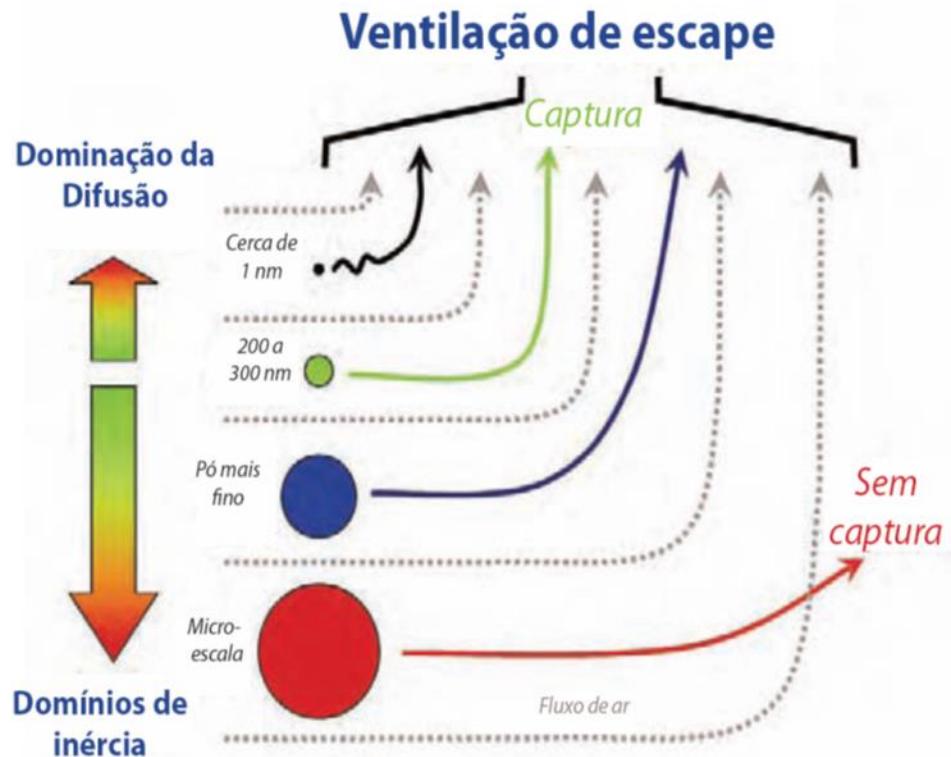
Controle na  
TRAJETÓRIA

✓ Utilizar sistemas de  
ventilação local  
exautora



# Utilizar sistemas de ventilação local exautora

Passo 5  
Etapa 4

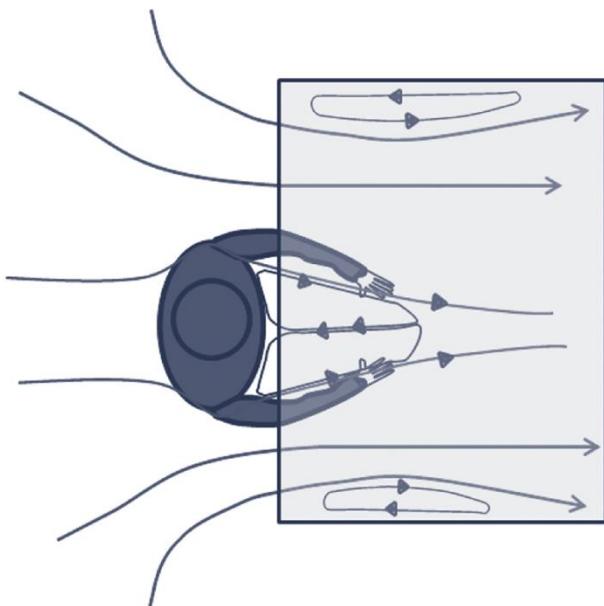


Partículas com um diâmetro de 200-300 nm possuem propriedades mínimas de inércia e difusão e são facilmente transportadas ao mover o ar e capturadas. O movimento da partícula por difusão aumenta em muito conforme o diâmetro da partícula diminui abaixo de 200 nm. O comportamento na inércia de partículas maiores, principalmente aquelas ejetadas de processos energéticos, tais como moedura, aumenta de forma significativa com o diâmetro da partícula, permitindo que elas cruzem as linhas de fluxo do ar em movimento e evitando a captura. Adaptado de Schulte et al. 2008a.



# Utilizar sistemas de ventilação local exautora

Passo 5  
Etapa 4



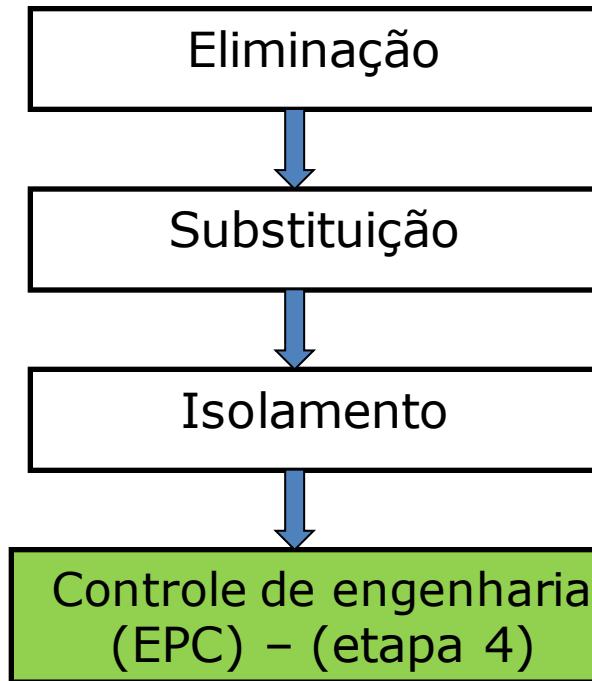
A ilustração esquemática mostra como o movimento causado pelo organismo humano pode causar transporte de contaminantes do ar para a zona de respiração do trabalhador



# Hierarquia dos controles de risco

Passo 5  
Etapa 4

**Para nanomateriais o filtro indicado é do tipo HEPA.  
Sistemas fechados são sempre uma boa opção para os nanomateriais**



**EPC's DEVEM SER USADOS  
SEMPRE ANTES do  
equipamento de proteção individual**



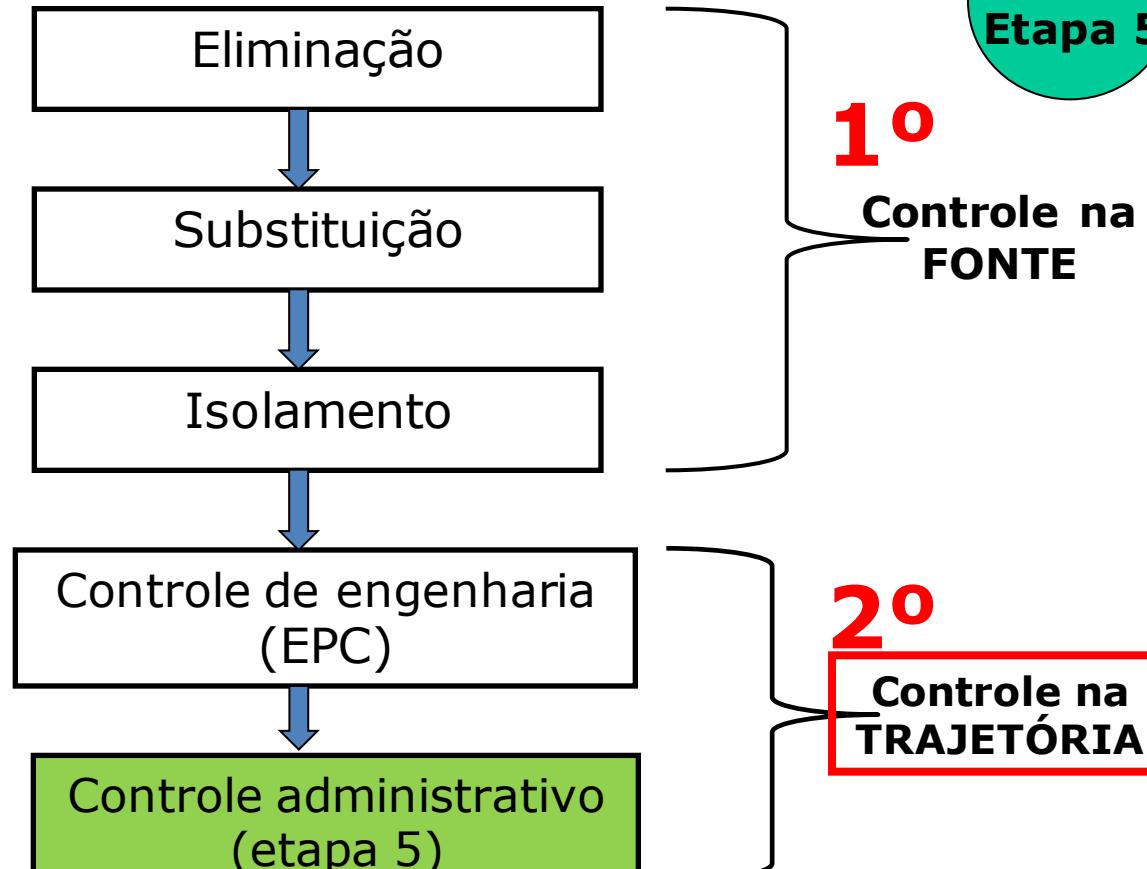
# Hierarquia dos controles de risco

Passo 5  
Etapa 5

Por exemplo: limitação da Exposição; Rotação

A limitação de exposição pode ser bastante útil para agentes físicos e fatores ergonômicos, porém é uma medida questionável quando se trata de exposição a **agentes químicos**.

Muitas vezes pequenas exposições já podem ser perigosas. Não deve nem ser cogitada para agentes muito tóxicos, cancerígenos, disruptores endócrinos, ou que afetam a reprodução humana.

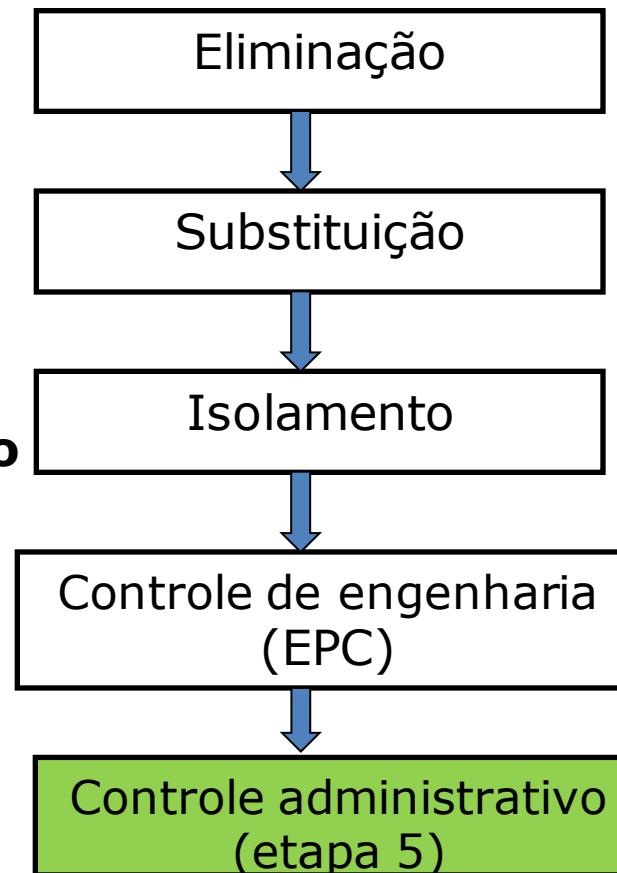


# Hierarquia dos controles de risco

Passo 5  
Etapa 5

Outros controles administrativos podem incluir normas e boas práticas que contemplem:

- **limpeza,**
- **transporte,**
- **armazenamento,**
- **rotulagem/identificação e ficha de segurança,**
- **sinais e avisos,**
- **vigilância ambiental,**
- **vigilância médica,**
- **investigação de incidentes e acidentes (com providencias para evitar repetição),**
- **equipamento para evitar agravamento de danos (lava olhos e chuveiros de emergência).**



1º

Controle na  
FONTE

2º

Controle na  
TRAJETÓRIA



## ✓ Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos

- ✓ Controle de acesso: as áreas onde são manipulados os nanomateriais deverão ter seu acesso controlado de maneira a minimizar o pessoal eventualmente exposto. Por exemplo: controle eletrônico, documentação e avisos e normas internas.
- ✓ Não deverá ser permitida a execução de atividades de risco fora do horário normal de expediente evitando-se que as mesmas sejam executadas por apenas uma pessoa. Atividades de risco devem ser sempre executadas na presença de no mínimo duas pessoas (observar a questão da exposição).
- ✓ Nas áreas de trabalho com nanomateriais não deverá ser permitido comer, beber, fumar ou mascar chiclete. Estas áreas não poderão ser usadas para o armazenamento de alimentos ou cosméticos. Pelo mesmo princípio, o armazenamento de nanopartículas não poderá ocorrer em áreas diversas como corredores, escritórios e outros. Áreas específicas para este fim deverão ser destinadas.

Passo 5  
Etapa 5



- ✓ **Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos**
- ✓ Sugere-se identificar a necessidade ou não de fornecimento de serviços de lavanderia às pessoas que trabalham com nanomateriais, de maneira a evitar que levem roupas contaminadas para sua residência. Neste caso, o local de trabalho deverá oferecer vestiários e eventualmente locais para banho.
- ✓ Gestão de mudanças: novos equipamentos e procedimentos só devem ser adotados após uma criteriosa análise dos impactos destes sobre a SST.



## ✓ Procedimentos de limpeza

- Permitir apenas trabalhadores com roupas de proteção e equipamentos adequados e que são devidamente treinados, equipados, e autorizados a entrar na área afetada até que a limpeza esteja concluída e a área bem ventilada.
- Usar sistemas de vácuo com filtro HEPA, limpeza com água ou um sistema de vácuo com água, adequadamente fechado para limpeza de poeira que contém nanomateriais.
- Limpar regularmente áreas de trabalho com sistemas de vácuo com filtro HEPA ou com métodos molhados para minimizar o acúmulo de poeira.
- Limpar prontamente os derramamentos.
- Limitar acúmulo de materiais líquidos ou sólidos em superfícies de trabalho, paredes e pisos,
- para reduzir a contaminação de produtos e o ambiente de trabalho.



## ✓ Procedimentos de limpeza

- Remover filtro de ar sujo de uma unidade de ventilação para um saco de plástico para minimizar a exposição do trabalhador às partículas capturadas pelo filtro



Passo 5  
Etapa 5



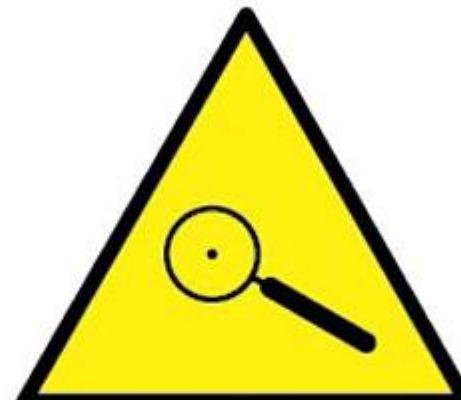
## ✓ Sinais e avisos

Passo 5  
Etapa 5



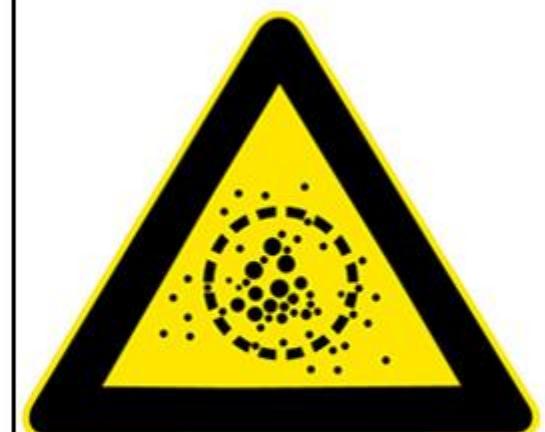
NANOHAZARD

Dimitris Deligiannis, Greece



NANO HAZARD

Shirley Gibson, Scotland



Kypros Kyprianou, England

Ganhadores de um concurso internacional sobre propostas de símbolos para produtos nano



## ✓ Rotulagem

- ✓ Todo o nanomaterial deve ser convenientemente rotulado com informações sobre possíveis reações adversas e cuidados especiais na manipulação do mesmo.
- ✓ As áreas com presença de nanomateriais devem ser sinalizadas, bem como devem ser indicados os procedimentos de controle específicos e equipamentos de proteção que devem ser adotados.
- ✓ Sempre que possível e preferencialmente a rotulagem deve seguir os padrões internacionais definidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS - Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals).



## ✓ Transporte

- ✓ Os nanomateriais devem ser transportados como produtos químicos perigosos, ou seja, em contêineres fechados e rotulados.
- ✓ Dependendo da via de transporte regulamentos específicos deverão ser observados



## ✓ Vigilância da saúde dos trabalhadores (vigilância médica)

- ❖ Deve ser realizada a vigilância médica da saúde de todas as pessoas potencialmente expostos aos nanomateriais.
- ❖ A vigilância médica deve dar especial atenção para as funções pulmonares, hepáticas, renais e hematopoiéticas.
- ❖ Todo e qualquer agravo à saúde deve ser registrado de maneira a permitir a precoce detecção de impactos dos nanomateriais sobre a saúde.
- ❖ Há contra-indicação de manipulação de nanomateriais por mulheres grávidas.



## ✓ Vigilância da saúde dos trabalhadores (vigilância médica)

- ❖ Vigilância em saúde ocupacional é um componente essencial de um programa eficaz de segurança e saúde ocupacional
- ❖ Entretanto, o conhecimento científico sobre os efeitos na saúde da maioria dos nanomateriais é limitado. Não há biomarcadores específicos à exposição nanopartículas que podem prever uma possível doença ocupacional, nem há exames médicos para investigar os efeitos específicos dos nanomateriais.



## ✓ Vigilância da saúde dos trabalhadores (vigilância médica)

- ❖ Para exposição a nanotubos de carbono o NIOSH até tem algum critério estabelecido. Propõe uma avaliação inicial, que consiste da história ocupacional e médica realizado por um profissional de saúde qualificado, com ênfase no sistema respiratório
- ❖ Um exame físico com ênfase no sistema respiratório
- ❖ Um teste de espirometria
- ❖ Raios-X pulmonar
- ❖ Outros exames ou testes médicos considerados adequados pelo profissional responsável pela saúde
  - Estes devem basear-se em fatores tais como sintomas relacionados com o trabalho notadas na avaliação
  - Os resultados de informações de risco (por exemplo, informações sobre a toxicidade) e exposição



## ✓ Vigilância da saúde dos trabalhadores (vigilância médica)

- ❖ Avaliações periódicas
  - Avaliação periódica dos dados dos exames médicos coletados no local de trabalho por um epidemiologista ou outro especialista
- ❖ O NIOSH não recomenda exames médicos específicos para os trabalhadores potencialmente expostos á outras nanopartículas, porque atualmente não há provas científicas e médicas suficiente sobre nanomateriais engenheirados
- ❖ As recomendações atuais são os seguintes:
  - Tomar medidas prudentes para controlar a exposição às nanopartículas engenheiradas
  - Realizar a vigilância de risco como base para a implementação de controles
  - Continue o uso de abordagens de vigilância médica estabelecidos.



## ✓ Vigilância da saúde dos trabalhadores (vigilância médica)

❖ Normalmente, um exame periódico de saúde deve incluir:

- documentação cuidadosa da história ocupacional, ocupação, tarefas, exposições, história médica, doenças, e sintomas
- um exame clínico e informações
- um teste de audição (ruído)
- medições da função pulmonar, espirometria (poeiras, gases, etc.)
- uma radiografia de tórax (poeiras fibrogênicas)
- exames adicionais, se necessário (dependendo das exposições e sintomas)
- Ouvir as queixas do trabalhador e retornar a ele a avaliação da saúde

• Caso constatado algum problema relacionado ao trabalho, emitir CAT e informar o SESMT para providencias no local.



## ✓ Destinação/eliminação de resíduos

- ✓ Os nanomateriais com baixa solubilidade em água (superior a faixa de miligrama) devem ser tratados como resíduos químicos.
- ✓ Nanomateriais com alta solubilidade em água devem ser tratados com a classe de toxicidade dos materiais macroscópicos, na falta de informações específicas para os nanomateriais.
- ✓ Para nanomateriais em solução devem ser utilizados os mesmos procedimentos adotados para solventes.
- ✓ Dentre as formas de eliminação dos resíduos estão: incineração, tratamento químico e imobilização.
- ✓ Embalagens e materiais contaminados devem receber a mesma atenção dos nanomateriais em si, ou seja, devem ser considerados perigosos e não podem ser descartados no lixo comum.
- ✓ Especial atenção deve ser dada ao descarte de produtos contaminados, como é o caso dos filtros tanto dos EPCs, EPIs e equipamentos de limpeza.

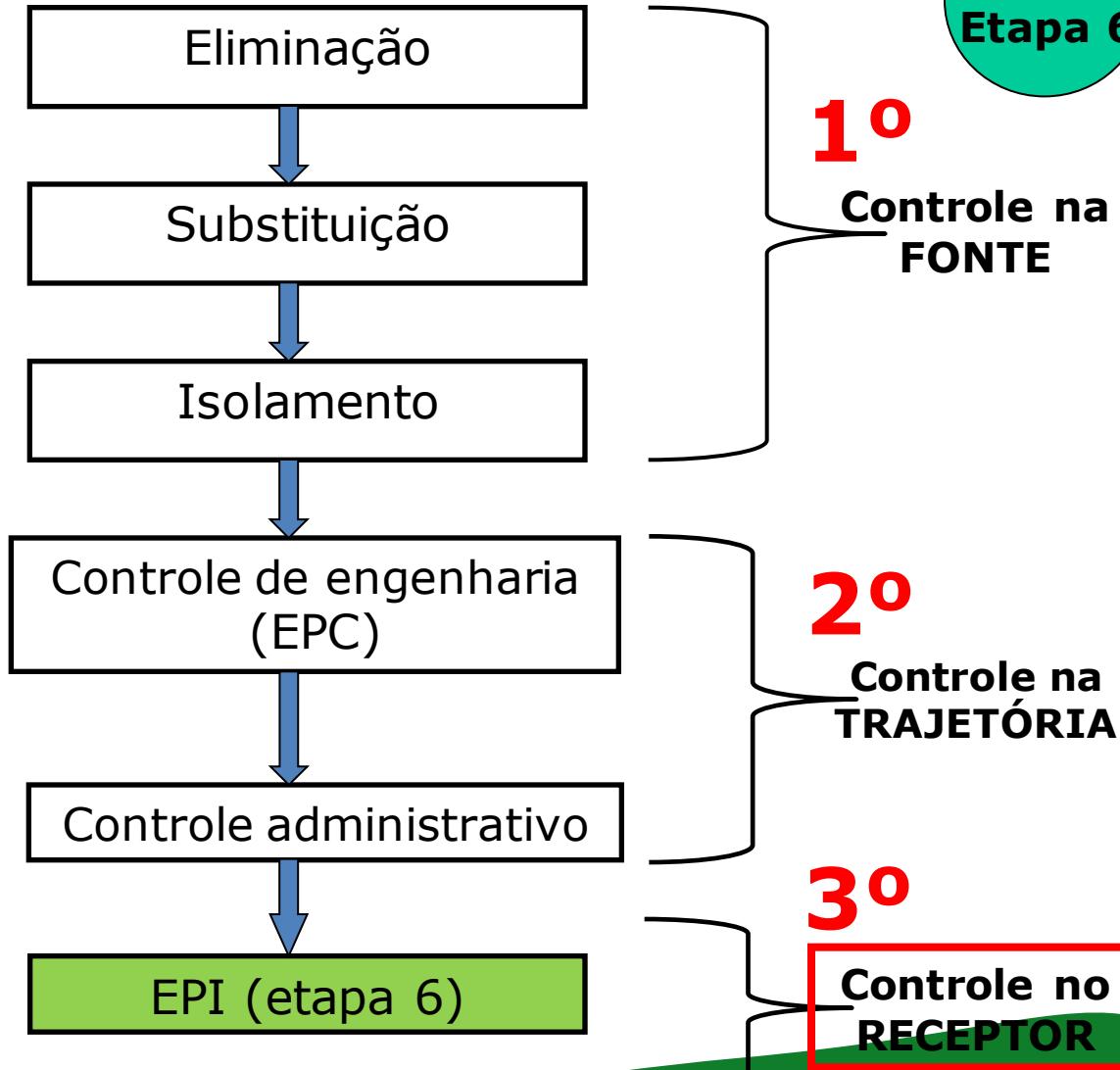


# Hierarquia dos controles de risco

Passo 5  
Etapa 6



Para nanomateriais o filtro indicado é do tipo HEPA



## ✓ EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- ✓ A proteção respiratória deve ser adotada sendo que as atividades envolvendo nanopartículas devem ser alvo de um programa específico de proteção respiratória (PPR). O tipo de máscara poderá variar desde as descartáveis até máscaras fachadas com ar mandado.
- ✓ Existe recomendação de filtros tipo P3, mas pouco ainda se sabe a respeito de nanopartículas muito pequenas.
- ✓ Problemas principais: vedação e descarte.
- ✓ O uso de luvas deve ocorrer para que se evite o contato com as nanopartículas, sendo que deve ser observada a compatibilidade do material do qual é confeccionada a luva (nitrila, látex, polímero resistente à substâncias químicas, etc.) com o material a ser manipulado. As luvas devem se sobrepor às mangas do jaleco/uniforme/vestimenta.



## ✓ EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- ✓ Óculos de segurança ou protetores faciais devem ser usados sempre que houver qualquer tipo de manipulação de material.
- ✓ Calçados fechados de baixa permeabilidade são os mais indicados.
- ✓ Outros equipamentos (para laboratórios) podem incluir casacos de laboratório, aventais ou jalecos preferencialmente de 'não-tecido' (para evitar a aderência de nanopartículas). O tyvex, polipropileno ou material equivalente pode ser adotado, mas especial atenção deve ser dada a inflamabilidade destas vestimentas que, preferencialmente, devem ser anti-fogo ou conterem retardantes de chama em sua composição.
- ✓ A limpeza, descarte e substituição de EPIs deve ser analisadas de maneira que, para cada uma destas operações sejam previstos procedimentos operacionais padrão visando garantir a mínima exposição e a máxima segurança dos envolvidos e do meio ambiente. Observar o item "controles administrativos" - etapa 5 da hierarquia do controle de riscos.



# Avaliação de risco

Quantitativa x Qualitativa



## Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

Por que falar em tipo de avaliação  
quantitativa e qualitativa?

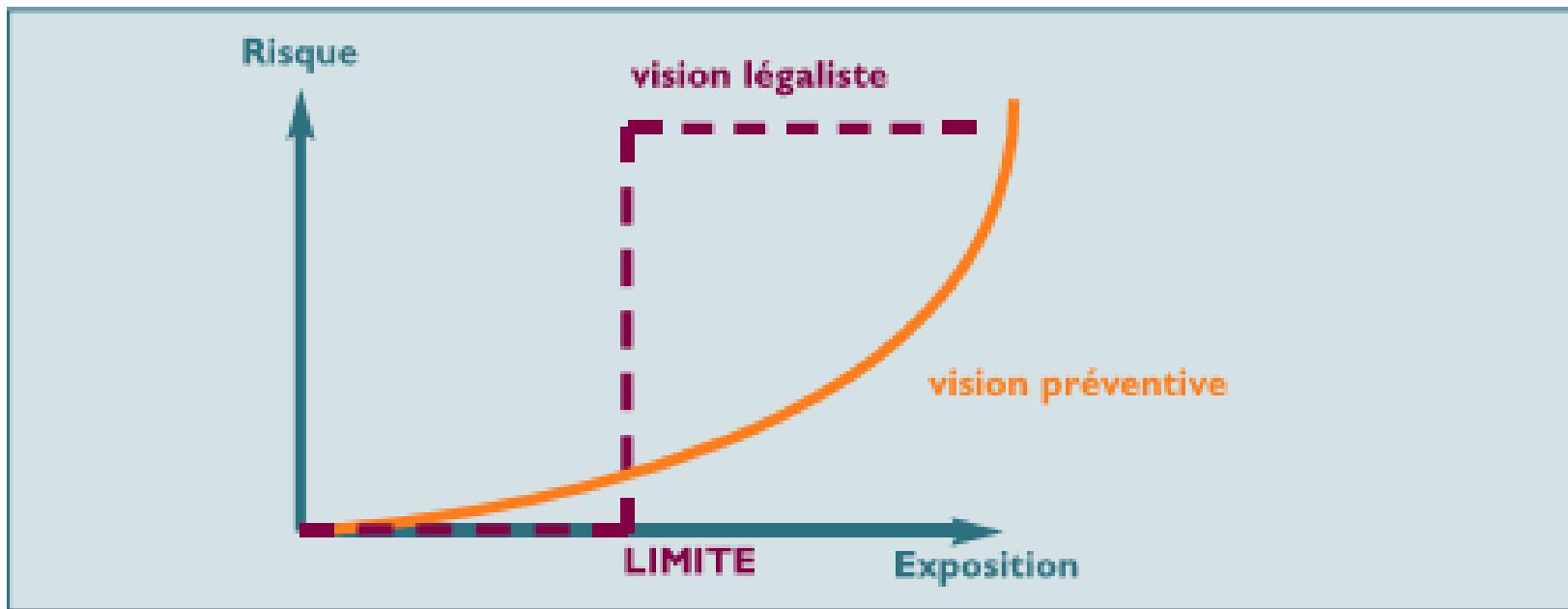
Para os nanomateriais a principal ferramenta de avaliação é o ***Control Banding (CB) nanoespecífico*** (controle por faixas ou bandas), que é uma metodologia QUALITATIVA.

As ferramentas de CB nanoespecíficas ainda incorporam duas ideias:

PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO e  
PARTICIPAÇÃO DOS ENVOLVIDOS



## Enfoque legalista x enfoque preventivo



**QUANTITATIVO x QUALITATIVO**



# Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

O enfoque tradicional de higiene ocupacional está baseado em:



(1) amostrar de maneira representativa, o ar respirado pelo trabalhador

**(mas e se....) não existir protocolos validados para a amostragem**



(2) determinar a concentração do contaminante na amostragem realizada

**(mas e se....) não existir métricas definidas nem protocolos validados para determinar a concentração do contaminante na amostragem realizada**



(3) conhecer o limite de exposição para este contaminante

**(mas e se....) não existir limites efetivamente validados para o contaminante**



# Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

O enfoque tradicional de higiene ocupacional está baseado em:



(1) amostrar de maneira representativa, o ar respirado pelo trabalhador

(mas e se....) não existir protocolo para a amostragem



(2) determinar a concentração amostrada

(mas e se....) não existir limites definidas nem protocolos para determinar a concentração amostrada

**Novas tecnologias efetivamente podem trazer estes desafios como é o caso das nanotecnologias**

limite de exposição para este contaminante

(mas e se....) não existir limites efetivamente validados para o contaminante





**Apesar disso,  
ESTA NÃO É UMA ATITUDE VÁLIDA**

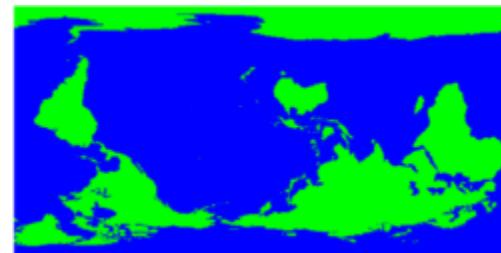


# Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

## Sobre os limites numéricos de exposição ocupacional

Mesmo considerando a importância dos limites numéricos de exposição ocupacional não se deve perder de vista alguns fatos relevantes, entre eles:

(1) métodos quantitativos embora possam ser precisos, **podem não representar a realidade**



(2) limites de exposição ocupacional **NÃO GARANTEM**, forçosamente, a segurança e a saúde

(3) pequena quantidade não significa, necessariamente, risco pequeno.



# Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

Qualitativos		Quantitativos
Mais baratos		Mais dispendiosos
Mais simples		Mais complexos
Dispensam aparelhos		Necessitam equipamentos
Menos precisos (mais subjetivos)		Mais precisos (menos subjetivos)
Apresentam dificuldade de comparação		Permitem comparações e estabelecimento de padrões



## Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

Temos de ter em mente que

NADA

Um bom limite é melhor do que nada,

mas está muito longe de ser tudo.

TUDO



# Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

## Um limite ruim seria a pior situação

**Limite utilizado para nanotubo de carbono  
= grafite**

**NIOSH** ⇒

*“Com base nos nossos estudos sobre inalação pode-se inferir que os trabalhadores sujeitos a exposição de longa duração aos nanotubos de carbono de parede simples na PEL(\*) atual do grafite sintético, deverão ter aumento de risco de danos pulmonares”*

(\*) PEL = Permissible Exposure Limit

### MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Manufacturer: Carbon Nanotechnologies, Inc.  
16200 Park Row  
Houston, TX 77084

Phone: 281-492-5707

Fax: 281-492-5810

E-mail: BusDev@cnanotech.com

**Product: CNI® Carbon Nanotubes**

#### Section 1 Product Identification

Chemical Name: Carbon Fullerene

Formula: Carbon

Chemical Family: Synthetic Graphite

Synonyms: Carbon Nanotubes

CAS Number: 7782-42-5 (Graphite)

#### Section 2 Composition and Information on Ingredients

Component	%	OSHA/PEL	ACGIH/TLV
Synthetic graphite	Up to 100%	15 mg/m <sup>3</sup> (total dust) 5 mg/m <sup>3</sup> (respirable fraction)	2 mg/m <sup>3</sup> TWA

Metallic impurity Balance

[http://www.lbl.gov/msd/msd\\_safety/assets/1.introduction\\_nanotoxicology.pdf](http://www.lbl.gov/msd/msd_safety/assets/1.introduction_nanotoxicology.pdf)



# Avaliação de risco: qualitativo x quantitativo

## DESCONSTRUÇÃO DE 6 NÃO VERDADES

1

- O que não é quantificado, não existe (nem sempre a quantificação é possível ou mesmo desejável, entretanto, riscos não quantificáveis podem estar presentes no ambiente de trabalho).

2

- A quantificação conduz às soluções (são as ações para compreender e controlar o fenômeno dos riscos ocupacionais que levarão à soluções de controle, sua quantificação, quando muito, será apenas parte do processo)

3

- A quantificação é indispensável para determinar se existe ou não um risco (A visão legalista de que abaixo de determinado limite não há risco tem sido frequentemente desconstituída)



# Avaliação de risco: qualitativo x quantitativo

## DESCONSTRUÇÃO DE 6 NÃO VERDADES

4

- Acidentes são eventos que não podem ser evitados. Na grande maioria dos casos os acidentes são previsíveis e poderiam ser evitados; mais ainda, normalmente já existe uma regra que, se observada, evitaria o acidente.

5

- Estou cumprindo com a legislação, então TUDO BEM. A legislação de SST estabelece o “piso” e não o “teto”; é o mínimo que deveria ser observado e não um simples objetivo a ser alcançado. ENFOQUE LEGALISTA.

6

- Abaixo do limite há segurança. Os limites não garantem 100% de segurança; são importantes e devem ser observados, mas não constituem garantia. O objetivo principal deve ser sempre a saúde e integridade física e não a simples obtenção do limite (limite é meio, não fim).



# Avaliações quantitativas x avaliações qualitativas

Menções Qualitativas	Muito Bom	Bom	Regular	Fraco	Não Satisfatório	Neutro
Coeficiente do Passo (CP)	4	3	2	1	0	-

Avaliações qualitativas tendem a ser subjetivas, mesmo assim é possível mitigar eventuais distorções através do **conhecimento e experiência do avaliador**, além da **participação de todos os envolvidos**.

Atentar para as características da percepção dos riscos também é um fator importante.

Para os nanomateriais a principal ferramenta de avaliação qualitativa é o *Control Banding*



# **Algumas características gerais dos nanomateriais e seus impactos para a SST**



## Impactos para a SST

**O comportamento das nanopartículas  
é similar ao do gás ou vapor**



## Impactos para a SST

**Sendo assim, a sedimentação por gravidade NÃO é significativa para partículas muito pequenas.**



Specific Advice on Exposure Assessment and Hazard/Risk Characterisation for Nanomaterials under REACH (RIP-oN 3) – Final Report Project; RNC/RIP-oN3/FPR/1/FINAL 07 July 2011; Aitken, R.A, Bassan, A., Friedrichs, S., Hankin, S.M., Hansen, S.F., Holmqvist, J., Peters, S.A.K., Poland, C.A., Tran, C.L.



## Impactos para a SST



**Devemos usar filtros HEPA  
(Hight Efficiency Particulate Air filter)**

Development of a Procedure to Measure the Effectiveness of N95 Respirator Filters against Nanoparticles. Haghagh, Fariborz; Lara, Jaime; Mostofi, Reza; Mahdavi, Alireza. REPORT R-754. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). 2012.



## Impactos para a SST

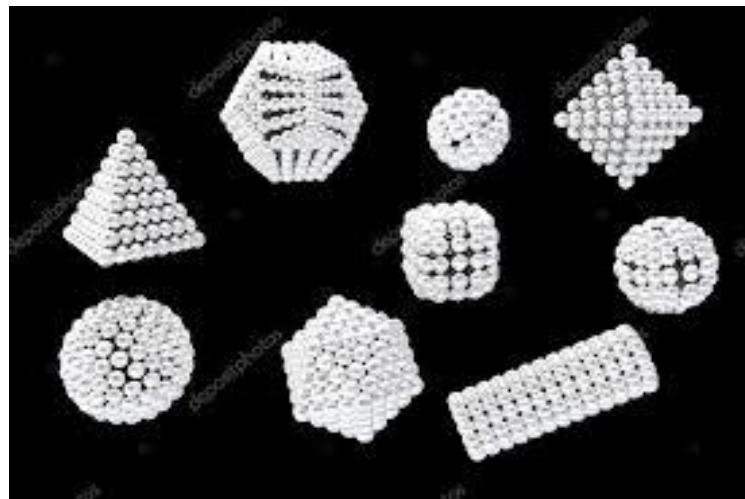


**Provavelmente será necessário definir outras métricas para a determinação de limites de exposição ocupacional, como por exemplo: área superficial e/ou número de partículas.**

How can nanobiotechnology oversight advance science and industry: examples from environmental, health, and safety studies of nanoparticles (nano-EHS). WANG, J. et al., 2011. J Nanopart Res 13, 1373-1387, DOI 10.1007/s11051-011-0236-z.



## Impactos para a SST



**O formato das nanopartículas determina ou influencia suas propriedades físico-químicas(\*), sendo assim, é possível supor que também afete suas características toxicológicas.**

(\*) Formato influencia propriedades de nanomateriais.

<http://agencia.fapesp.br/formato-influencia-propriedades-de-nanomateriais/30748/>  
Acesso em 14/06/2019



# Princípio da Precaução



# Princípio da Precaução x Princípio da Prevenção

No direito, especialmente no direito ambiental

Princípio da Prevenção	Princípio da Precaução
<b>CERTEZA CIENTÍFICA</b> sobre o dano ambiental	<b>INCERTEZA CIENTÍFICA</b> sobre o dano ambiental
A obra será realizada e serão tomadas medidas que evitem ou reduzam os danos previstos	A obra não será realizada <i>(in dúvida pro meio ambiente</i> <i>ou in dúvida contra</i> <i>projectum)</i>



# Princípio da Precaução x Princípio da Prevenção

Do direito ambiental para a saúde e segurança no trabalho

Princípio da Prevenção	Princípio da Precaução
<b>CERTEZA CIENTÍFICA</b> sobre o dano ambiental	<b>INCERTEZA CIENTÍFICA</b> sobre o dano ambiental
A obra será realizada e serão tomadas medidas que evitem ou reduzam os danos previstos	A obra não será realizada ( <i>in dúbio pro meio ambiente</i> ou <i>in dúbio contra projectum</i> )

Para as nanotecnologias se propõe  
**“FAZER MAIS E NÃO MENOS”**



# Princípio da Precaução

## Nanotecnologias – como proceder diante da incerteza

**Uso do Princípio da Precaução  
(é melhor prevenir do que remediar)**



## Princípio da Precaução

“É melhor prevenir do que remediar”

Na falta de informações, uma substância ou situação deve ser considerada perigosa até que sejam obtidas evidências concretas que afastem esta suposição inicial.

\*\* Seria o inverso do universo jurídico: “culpado até que se prove inocente”.

Historicamente isto nem sempre ocorre...

- O asbestos (que de mineral mágico passou a vilão causador de câncer)
- A radiação que se não controlada também causa câncer
- O MTBE (metil ter-butil éter) como substituto do chumbo na gasolina



# Princípio da Precaução

Duas abordagens (primeira)

**(1) ESTRITA** – “primeiro não fazer mal”,  
neste caso é requerida a inação



Avoiding the Trust Deficit: Public Engagement, Values, the Precautionary Principle and the Future of Nanotechnology. STEBBING, M., 2009. Journal of Bioethical Inquiry 6, 37-48.



# Princípio da Precaução

Duas abordagens (segunda)

(2) ATIVA – “fazer mais E não menos”, nesta forma temos seis componentes



# Princípio da Precaução

Duas abordagens (segunda)

(2) ATIVA – “fazer mais E não menos”, nesta forma temos seis componentes

1. Ações de prevenção devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito;



# Princípio da Precaução

Duas abordagens (segunda)

(2) **ATIVA** – “fazer mais **E** não menos”, nesta forma temos seis componentes

1. Ações de prevenção devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito;
2. Objetivos devem ser definidos;



# Princípio da Precaução

Duas abordagens (segunda)

(2) **ATIVA** – “fazer mais **E** não menos”, nesta forma temos seis componentes

1. Ações de prevenção devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito;
2. Objetivos devem ser definidos;
3. Alternativas devem ser procuradas e avaliadas;



# Princípio da Precaução

Duas abordagens (segunda)

(2) **ATIVA** – “fazer mais **E** não menos”, nesta forma temos seis componentes

1. Ações de prevenção devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito;
2. Objetivos devem ser definidos;
3. Alternativas devem ser procuradas e avaliadas;
4. A responsabilidade financeira e as provas de segurança devem recair sobre os proponentes da nova tecnologia;



# Princípio da Precaução

Duas abordagens (segunda)

(2) **ATIVA** – “fazer mais **E** não menos”, nesta forma temos seis componentes

1. Ações de prevenção devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito;
2. Objetivos devem ser definidos;
3. Alternativas devem ser procuradas e avaliadas;
4. A responsabilidade financeira e as provas de segurança devem recair sobre os proponentes da nova tecnologia;
5. O dever de monitorar, compreender, investigar, informar e agir deve ser aceito;



# Princípio da Precaução

## Duas abordagens (segunda)

### (2) ATIVA – “fazer mais E não menos”, nesta forma temos seis componentes

1. Ações de prevenção devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito;
2. Objetivos devem ser definidos;
3. Alternativas devem ser procuradas e avaliadas;
4. A responsabilidade financeira e as provas de segurança devem recair sobre os proponentes da nova tecnologia;
5. O dever de monitorar, compreender, investigar, informar e agir deve ser aceito;
6. O desenvolvimento completo de métodos e critérios de tomada de decisão mais democráticos deve ser fomentado (i.e. participação).



## Princípio da Precaução

Late lessons from early warning: the precautionary principle 1896-2000”, European Environment Agency, Environmental issue report nº 22, Luxembourg, 2001

- Radiação
- Benzeno
- Asbesto
- MTBE
- etc, etc.

\*\*\* a publicação relata 12 casos neste sentido \*\*\*



# Princípio da Precaução

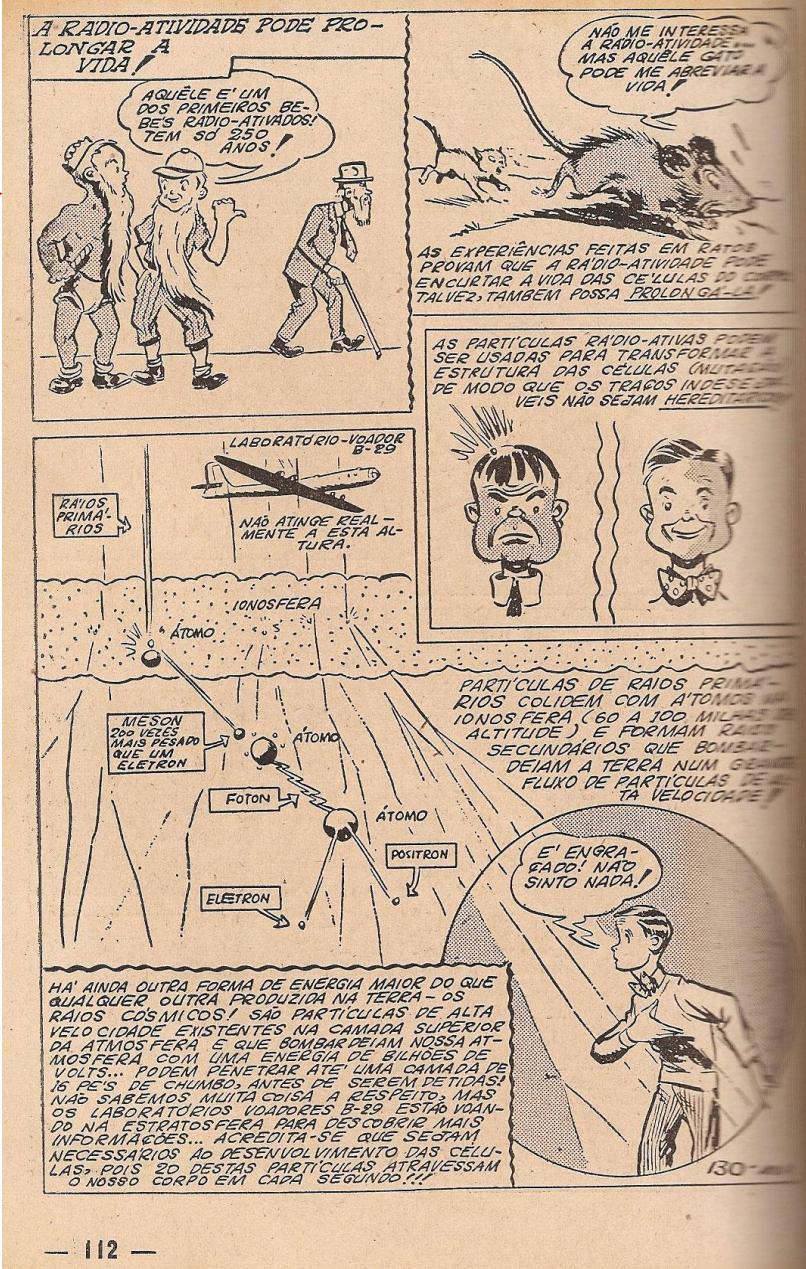


**"A rádio-atividade pode prolongar a vida!"**

**Aquele é um dos primeiros bebês radio-ativados! Tem só 250 anos!"**

**Lições do passado...**

**"As Maravilhas e os Progressos da Ciência"**  
**Ary Maurell Lobo - 1952**



**"As partículas rádio-ativas podem ser usadas para transformar a estrutura das células (mutação) de modo que os traços indesejáveis não sejam hereditários"**

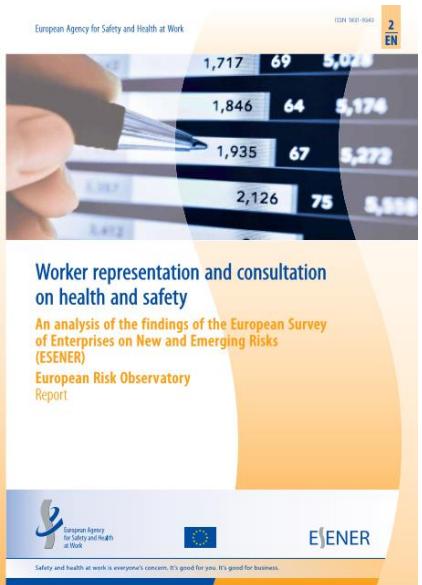


# Participação do trabalhadores



# Participação dos trabalhadores

Segundo a *European Agency for Safety and Health at Work* (EU-OSHA, 2012) a gestão bem-sucedida da segurança e saúde no trabalho exige que os trabalhadores sejam informados e consultados, e principalmente, sejam autorizados a participar nas discussões sobre todas as questões relativas à SST. A OIT aponta no mesmo sentido.

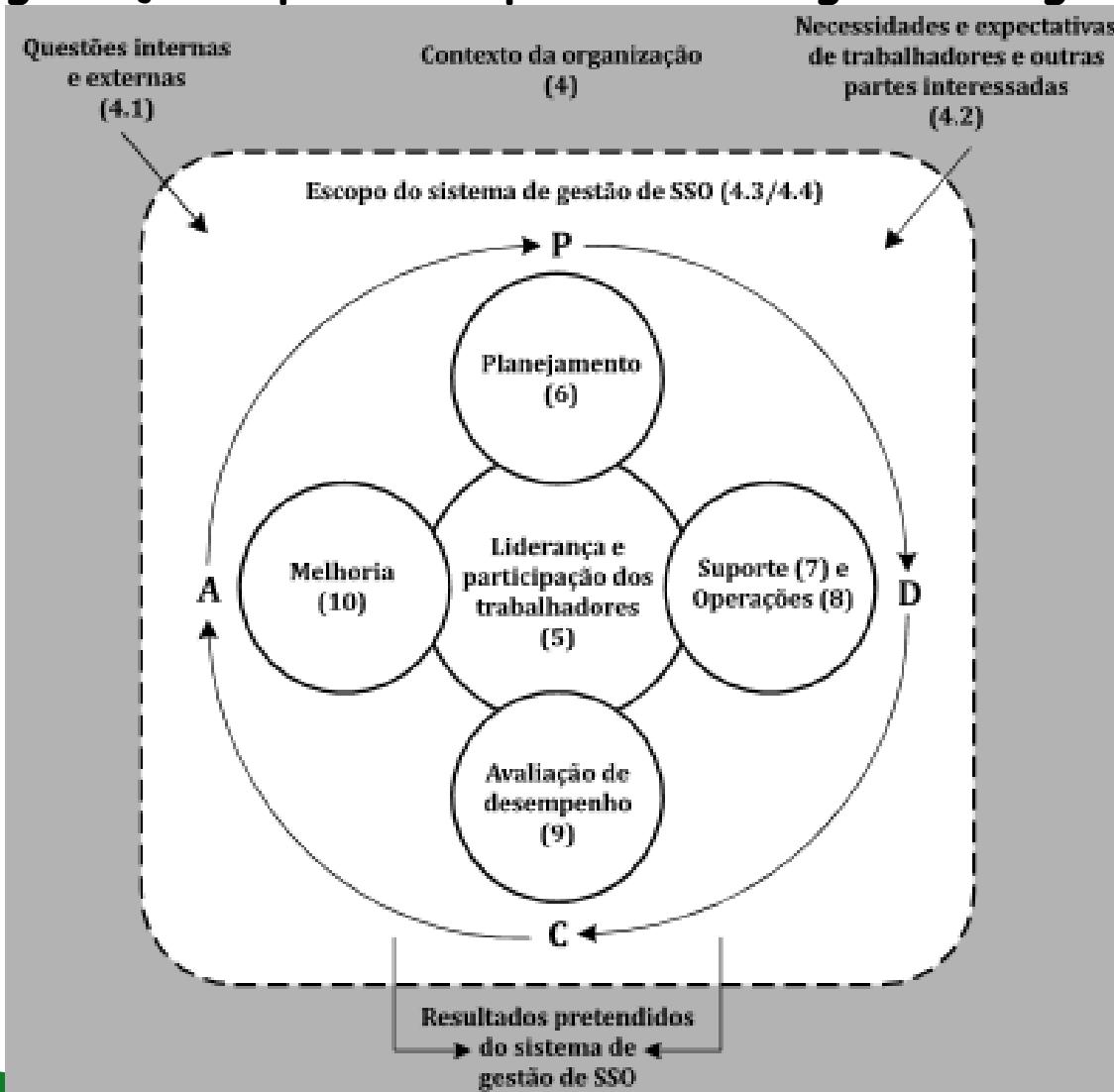


**EU-OSHA. Worker representation and consultation on health and safety - An analysis of the findings of the European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks (ESENER). European Risk Observatory Report 2012.**

**INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO) Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho: um instrumento para uma melhoria contínua. 2011.**

# Participação dos trabalhadores

A recente norma ISO 45001 - Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional apresenta o seguinte diagrama



# Participação dos trabalhadores

**A norma ISO 45001 - Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional define**

**PARTICIPAÇÃO: envolvimento na tomada de decisões.**



**CONSULTA: busca de opiniões antes de tomar uma decisão.**

**Nota conjunta: tanto a participação quanto a consulta incluem o envolvimento de comitês de SST e representantes dos trabalhadores, se existirem.**



# Participação dos trabalhadores

Para Rodrigues (2007) a participação pode ser entendida como “um processo político e coletivo de tomada de decisão para a construção e exercício da autonomia, emancipação e empoderamento por meio do diálogo e cooperação”.

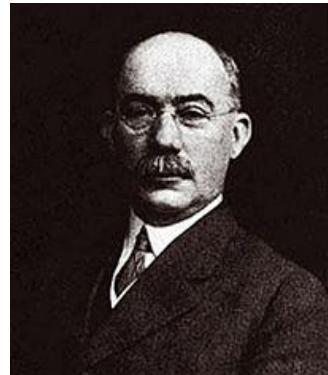


RODRIGUES, Carmem L. et al., Desafios e estratégias voltados a promover a participação social na recuperação florestal. 2007. Disponível em <[http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/forum%20app/20071\\_Desafios\\_Carmem\\_ESALQ.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/forum%20app/20071_Desafios_Carmem_ESALQ.pdf)>. Acessado em: 9 de maio de 2013



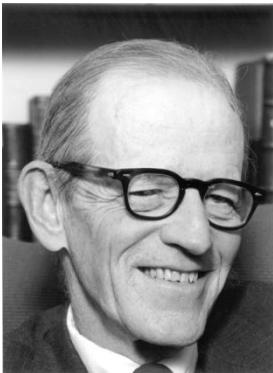
## Participação dos trabalhadores

- **Henry Gantt**, em **1908**, escrevia que os trabalhadores são seres humanos e não máquinas, e tinham que ser treinados e liderados ao invés de conduzidos. Trabalhou com Frederick Taylor e é conhecido como um dos “pais da gestão”.
- **Oliver Sheldon**, em **1923**, enxergava a indústria como organismo feito de homens e não como massa de máquinas e processos técnicos. Em seu livro *The Philosophy of Management* apontou que o problema fundamental da indústria era equilibrar o problema da produção com a humanidade da produção.
- Na mesma época, **Mary Parker Follett** afirmou que o homem no trabalho era motivado por necessidades e desejos idênticos aos que o motivavam em outras circunstâncias. O controle de sua situação era uma de suas necessidades, sendo a coordenação, em lugar da intimidação, a essência da boa administração, defende Follett a “profetisa do gerenciamento”.



## Participação dos trabalhadores

# ESTUDOS HAWTHORNE (1924 – 1932)



Elton Mayo



Montagem de cabos



Grupos de pesquisa  
Fábrica da Western Electric Co.  
Localizada em Hawthorne (Chicago)



## Participação dos trabalhadores

### Mais informações sobre os estudos Hawthorne

Fonte: FGV, <http://www5.fgv.br/ctae/publicacoes/Ning/Publicacoes/00-Artigos/JogoDeEmpresas/Karoshi/glossario/ESTUDOS.html>, Acessado em 10/07/2015.

Fonte: FGV, <http://www5.fgv.br/ctae/publicacoes/Ning/Publicacoes/00-Artigos/JogoDeEmpresas/Karoshi/glossario/EFEITO.html>, Acessado em 10/07/2015.

Fonte: FGV, <http://www5.fgv.br/ctae/publicacoes/Ning/Publicacoes/00-Artigos/JogoDeEmpresas/Karoshi/glossario/BINGING.html>, Acessado em 10/07/2015.



## Direito amplo

Direito de serem protegidos frente aos riscos do trabalho

## Direitos individuais

- a formação e informação sobre os riscos do posto ocupado e as medidas de prevenção adotadas;
- ao abandono do posto em caso de grave e iminente risco ;
- a vigilância de sua saúde e a informação sobre estes resultados.

## Participação dos trabalhadores

### Direitos coletivos

- a serem informados sobre os riscos, emergências, os danos para a saúde e as medidas preventivas:
  - a terem acesso aos lugares de trabalho, a documentação, ao pessoal e aos órgãos com funções nesta matéria, e as informações destes;
- a serem consultados sobre qualquer decisão ou ação significativa em matéria de prevenção;
- a receber uma formação que lhes permita exercer suas funções adequadamente;

## Participação dos trabalhadores

# Obrigações dos trabalhadores

- Cooperar com o empresário (empreendedor) na proteção de sua segurança e na de terceiros;
- Cumprir as normas sobre os procedimentos de trabalho (incluindo os relativos ao uso seguro dos meios de trabalho e a adequada utilização dos meios de proteção).
  - Cumprir as normas sobre a atuação em casos de emergência.
- Informar sobre os riscos que se detecte (em particular, dos riscos graves e iminentes).

# Participação dos trabalhadores

Tipos de participação	Descrição
Microparticipação	É a associação voluntária de duas ou mais pessoas numa atividade comum na qual elas não pretendem unicamente retirar benefícios pessoais e imediatos.
Macroparticipação	É a intervenção das pessoas nos processos de constituição ou modificação social, quer dizer, 'na história da sociedade'. Para o caso deste trabalho a 'sociedade' teria como paralelo o grupo de trabalhadores envolvidos no processo participativo de controle de riscos.



# Participação dos trabalhadores

Maneiras de participação	Descrição
De fato	Onde o fato de existir o grupo impele o indivíduo a fazer parte, ou seja, se trata da participação a que todos os seres humanos estão sujeitos a partir do momento em que decidiram viver ou estar em grupo.
Espontânea	Neste caso, o indivíduo só participa em determinados grupos, por livre opção, como os grupos de vizinhos e amigos. Tais grupos não possuem organização e propósitos formais e estáveis.
Imposta	Onde os indivíduos são obrigados a participar, seja por códigos morais ou por legislação.
Voluntária	Onde o grupo é criado pelos próprios participantes que definem sua forma de organização, objetivos e métodos de funcionamento.
Provocada	Onde a participação é impulsionada por um agente externo.
Concedida	Acontece quando organizações e/ou agentes públicos conferem poder de decisão aos subordinados e/ou aos cidadãos.



Graus de participação	Controle		Descrição
	D	M	
Informação ou reação			Os membros do grupo são apenas informados sobre algo já posto. Exemplo: os trabalhadores são informados de que haverá o fechamento da unidade fabril dentro de um determinado tempo.
Consulta facultativa			Aos membros do grupo são solicitadas críticas e sugestões. Exemplo: caixa de sugestões dentro de uma empresa.
Consulta obrigatória			Os subordinados são consultados (por obrigação) mas a decisão é da administração. Exemplo: a negociação salarial entre empregadores e empregados.
Elaboração ou recomendação			Processo de elaboração em que a negativa para a aceitação da recomendação posta, deve vir acompanhada de justificativa por parte do tomador de decisão. Exemplo: sugestões feitas na empresa com retorno da administração.
Cogestão			Administração compartilhada por codecisão e colegiado. Exemplo: comitê de fábrica, ou especificamente o Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT).
Delegação			Autonomia em certos campos ou jurisdições. A autonomia pode ser cassada. Exemplo: a autonomia delegada pelo tomador de decisão para alguém.
Autogestão			Não há autoridade externa que possa, eventualmente, cassar o poder de decisão. Exemplo: empresas autogeridas por grupos de trabalhadores, cooperativas.

Legenda: o controle aumenta no sentido da seta. D = dirigente M = membro



# Participação dos trabalhadores

<b>Níveis de importância da participação</b>	<b>Descrição</b>
Nível 1 (maior importância da participação)	Formulação da doutrina e da política da instituição.
Nível 2	Determinação dos objetivos e estabelecimento das estratégias.
Nível 3	Elaboração de planos, programas e projetos.
Nível 4	Alocação de recursos e administração de operações.
Nível 5	Execução das ações.
Nível 6 (menor importância da participação)	Avaliação dos resultados.

BORDENAVE, Juan E. Díaz. O que é participação? Coleção Primeiros Passos. São Paulo: Brasiliense, 1994.



# Participação dos trabalhadores

Estilos de participação	Descrição
Superficial	Ocorre quando as ações são conduzidas por agentes externos, que se veem como detentores exclusivos do verdadeiro conhecimento e procuram impô-lo aos membros do grupo considerados ignorantes. Há pouco espaço para a participação efetiva.
Profunda	Quando o agente externo, se houver, identifica-se como 'igual' aos membros do grupo. Neste caso há o risco de se ignorar as relações de poder e liderança presentes no grupo.



# Participação dos trabalhadores

Níveis de exercício da participação	Descrição
Colaboração	Neste nível a autoridade já definiu e decidiu, e busca nos membros do grupo a legitimação da decisão tomada, ainda que seja pelo silêncio ou inércia do grupo.
Decisão	Neste nível a participação acontece como uma 'escolha entre alternativas'. Os aspectos mais amplos e fundamentais do processo não são alvo de análise. Um exemplo desse processo poderia ser aquele em que, diante de uma imposição legal ('o que fazer') que não poderá ser discutida, decide-se pelo 'como fazer'.
Construção em conjunto	Neste ponto todo o processo é efetivamente discutido e pactuado pelo grupo que precisa superar suas eventuais divergências internas.



# Participação dos trabalhadores

**Para o mundo do trabalho seria desejável.....**

<b>Descrior</b>	<b>Tipo</b>
Tipo de participação	Microparticipação
Maneiras de participação	Concedida
Graus de participação	Autogestão
Níveis de importância da participação	Nível 1 (maior importância)
Estilos de participação	Profunda
Níveis de exercício da participação	Construção em conjunto



BORDENAVE, Juan E. Díaz. O que é participação? Coleção Primeiros Passos. São Paulo: Brasiliense, 1994.



## Participação dos trabalhadores

# Princípios básicos da participação

- ✓ A participação é uma necessidade humana e, por conseguinte, constitui um direito da pessoa.
- ✓ A participação justifica-se por si mesma, não por seus resultados.
- ✓ A participação é um processo de desenvolvimento da consciência crítica e de aquisição de poder.
- ✓ A participação leva à apropriação do desenvolvimento pelo grupo.
- ✓ A participação é algo que se aprende e aperfeiçoa (embora seja uma necessidade humana, ela precisa ser aprendida).



## Participação dos trabalhadores

# Princípios básicos da participação

- ✓ A participação pode ser provocada e organizada, sem que isso signifique necessariamente manipulação.
- ✓ A participação é facilitada com a organização e a criação de fluxos de comunicação.
- ✓ Devem ser respeitadas as diferenças individuais na forma de participar.
- ✓ A participação resolver conflitos, mas também pode gerá-los.
- ✓ Não se deve “sacralizar” a participação: ela não é panaceia nem é indispensável em todas as ocasiões.

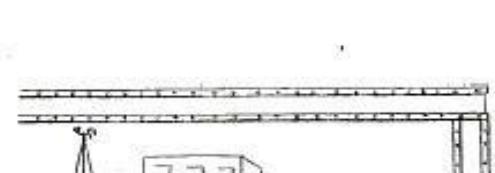
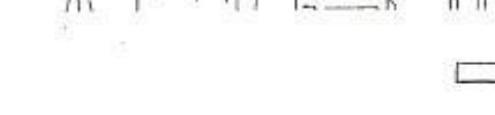
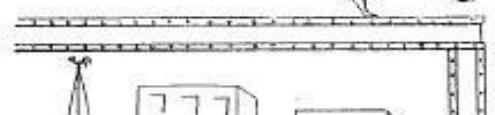
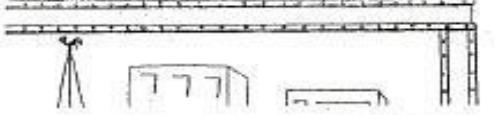


# Participação dos trabalhadores

## Algumas ações para obter o envolvimento

- \*\*\* Obter apoio do “andar de cima”.
- Oferecer informação (treinamento e capacitação).
- Estabelecer canais efetivos de comunicação de duas vias (receber e retornar).
- Dar publicidade (constantemente) – transparência.
- Justificar – mostrar sempre o porquê.
- Envolver atores internos (comissões, grupos, etc.) e externos (comunidade, entidades representativas, sindicatos, etc.)
- Nenhuma ação (contribuição) sem resposta.
- Compreender que se trata de um processo contínuo que inclui aprendizado – persistência.
- Objetividade e foco – clareza.
- Um passo de cada vez. Começar pequeno, aprender e ampliar.
- Enfatizar os ganhos e não esconder as perdas.
- Incentivar o envolvimento.
- Apoiar os grupos de trabalho.





**Participação de  
todos para a  
formação de uma  
equipe**



# *Control Banding (CB)*





## Uma estratégia para a prevenção da exposição ocupacional em um ambiente de incerteza



O *Control Banding* é uma das principais estratégias **QUALITATIVAS** de avaliação ambiental para locais dos quais não dispomos de informações. O *Control Banding* é um enfoque derivado do *Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Essentials Model*, proposto pelo *UK Health and Safety Executive (HSE)* inicialmente para a indústria farmacêutica, mas hoje aplicado em várias outras situações , entre elas a exposição ocupacional aos nanomateriais.



## Control Banding

Ferramenta organizada sob a forma de matriz com duas dimensões:

**(a)PERIGO** e  
**(b)EXPOSIÇÃO** (probabilidade de exposição ou ainda impactos e/ ou consequências)

Uma matriz é um conjunto retangular de elementos, organizados em **linhas** e **colunas**.

Sendo assim,  
as categorias de **PROBABILIDADE DE EXPOSIÇÃO**  
podem ocupar as linhas  
enquanto as categorias de **PERIGO** ocuparão as colunas.  
(estas posições podem ser invertidas)



# Control Banding

## A ideia por trás do Control Banding (CB)

**RISCO = PERIGO x EXPOSIÇÃO**

	Perigo 1	Perigo 2	Perigo 3
Exposição A	Risco I	Risco I	Risco II
Exposição B	Risco I	Risco II	Risco III
Exposição C	Risco II	Risco III	Risco III



# Control Banding

Possibilidade de Exposição (PE)	Gravidade do Dano (GD) - "perigo"			
	1 (leve)	2 (moderada)	3 (séria)	4 (severa)
1 (baixa)	RISCO TRIVIAL	RISCO TOLERÁVEL	RISCO TOLERÁVEL	RISCO MODERADO
2 (moderada)	RISCO TOLERÁVEL	RISCO TOLERÁVEL	RISCO MODERADO	RISCO CRÍTICO
3 (elevada)	RISCO TOLERÁVEL	RISCO MODERADO	RISCO CRÍTICO	RISCO CRÍTICO
4 (excessiva)	RISCO MODERADO	RISCO CRÍTICO	RISCO CRÍTICO	RISCO INTOLERÁVEL

American Industrial Hygiene Association (AIHA)



Nível	Descrição da natureza e urgência das ações de prevenção
Desprezível ou trivial	Não é requerida uma ação específica
Marginal ou tolerável	Não se necessita melhorar a ação preventiva. No entanto se deve considerar soluções mais rentáveis e melhorias que não impliquem em custo elevado. É necessário comprovação periódica para garantir a permanência do agente neste nível ou de outra forma, a eficácia das medidas de controle.
De atenção ou Moderado	Deven ser feitos esforços para reduzir o risco, determinando os investimentos necessários. As medidas para reduzir o risco devem ser implementadas em um período determinado. Quando o risco moderado esta associado a efeitos ou consequências extremamente danosas será necessária uma análise mais apurada da exposição (frequência) a fim de se determinar a necessidade de melhora das medidas de controle
Crítica ou importante	Não se deve começar o trabalho sem que se haja reduzido o risco. É possível que sejam necessários recursos consideráveis para controlar o risco. Quando o risco se refira a um trabalho que já esta sendo realizado deve-se remediar o problema levando-o ao nível moderado até que soluções definitivas possam ser adotadas.
Emergencial ou intolerável	Não se deve começar nem continuar o trabalho até que se reduza o risco. Trata-se de situação de Grave e Iminente Risco, prevista como passível de interdição imediata. Se não é possível redizir os riscos, mesmo com o uso ilimitado de recursos, este trabalho deve ser proibido.



# Control Banding – aplicados aos nanomateriais

## CB NANOTOOL

		Escore de probabilidade				
Escore de severidade		Extremamente improvável (0 a 25)	Pouco provável (26 a 50)	Provável (51 a 75)	Muito provável (76 a 100)	
	Muito alta (76 a 100)	<b>RL 3</b>	<b>RL 3</b>	<b>RL 4</b>	<b>RL 4</b>	
	Alta (51 a 75)	<b>RL 2</b>	<b>RL 2</b>	<b>RL 3</b>	<b>RL 4</b>	
	Média (26 a 50)	<b>RL 1</b>	<b>RL 1</b>	<b>RL 2</b>	<b>RL 3</b>	
	Baixa (0 a 25)	<b>RL 1</b>	<b>RL 1</b>	<b>RL 1</b>	<b>RL 2</b>	

Medida de controle para cada Nível de Risco ( <i>Risk Level – RL</i> )	
<b>RL 1: Ventilação Geral</b>	<b>RL 3: Contenção</b>
<b>RL 2: Exaustores ou ventilação local exaustora</b>	<b>RL 4: Procurar auxílio especializado</b>

Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures. PAIK, S. Y., ZALK, D. M. e SWUSTE, P., 2008. British Occupational Hygiene Society. Ann. Occup. Hyg., vol. 52, no. 6, pp. 419–428. DOI:10.1093/annhyg/men041.



# Control Banding – aplicados aos nanomateriais

## A SISTEMÁTICA DE AÇÕES DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO PARA LABORATÓRIOS DE PESQUISA COM ATIVIDADES DE NANOTECNOLOGIA

Está baseada em três pilares conceituais

Princípio da Precaução



Ampla Participação



Control banding

Work/Environmental Hazard	Release/Exposure (Probability)			
	Unlikely (1)	Low (2)	Likely (3)	Probable (4)
Very High Environment Risk (D1)	Control Level II	Control Level III	Control Level IV	Control Level V
High (C1)	Control Level II	Control Level II	Control Level III	Control Level IV
Medium (B1)	Control Level I	Control Level I	Control Level II	Control Level III
Low (A)	Control Level I	Control Level I	Control Level I	Control Level II

Control Level	Conditions
I	Minimum control, general use ventilation, work in a bench top.
II	Work within an approved laboratory class below level required, as a testing or a remediation (e.g., T2PA, extraction, fire protection) should be maintained for environmental protection.
III	Containment, such as a glove box, required to prevent loss to the work environment. Particulate efficient filter the glove box should be selected.
IV	Review by a specialist required, full containment of the operation and air-cleaning devices (e.g., T2PA, filtration for particulate required) for protection for environmental protection.

e ancorada na estrutura das Diretrizes sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho (ILO-OSH 2001)

Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia. ANDRADE, L. R. B. 2013.257f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.



# Control Banding – aplicados aos nanomateriais

## Sistemática de ações de SST para laboratórios de pesquisa

Exposição		Perigo			Escore de perigo		
		Pequeno	Médio	Grande	Pequeno	Médio	Grande
Escore de exposição	Baixo	Grupo de risco I	Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
	Médio	Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III	Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
	Alto	Grupo de risco II	Grupo de risco III	Grupo de risco III	Grupo de risco II	Grupo de risco III	Grupo de risco III



# Control Banding – aplicados aos nanomateriais

## Sistemática de ações de SST para laboratórios de pesquisa

Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
<ul style="list-style-type: none"><li>• Capela de exaustão ou recirculação com filtragem HEPA (<i>High Efficiency Particulate Air</i>).</li><li>• Acesso controlado por avisos e normas internas.</li><li>• As tarefas poderão ser executadas fora do horário por uma única pessoa desde que haja a comunicação do fato.</li><li>• Outras ações ou modificações definidas pelo conjunto dos envolvidos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capela de exaustão com filtragem HEPA (<i>High Efficiency Particulate Air</i>).</li><li>• Acesso controlado por meio de documentação.</li><li>• As tarefas poderão ser executadas fora do horário normal de trabalho por no mínimo 2 pessoas.</li><li>• Outras ações ou modificações definidas pelo conjunto dos envolvidos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacitação deve ser atualizada no mínimo anualmente, ou sempre que houver mudança nas atividades.</li><li>• Deve ser utilizado sistema fechado.</li><li>• Preferencialmente adotar controle eletrônico de acesso.</li><li>• Não deve ser permitida a execução de tarefas fora do horário normal de trabalho.</li><li>• Deve ser fornecido serviço de lavanderia.</li><li>• Outras ações ou modificações definidas pelo conjunto dos envolvidos.</li></ul>



# Control Banding – aplicados aos nanomateriais

Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts - A Guide for Employers and Employees. União Europeia - versão 4.2 – Agosto 2012.

Descrição do perigo de cada grupo de nanoparticulas	Perigo categoria 1 Nanofibras (ou tubos) biopersistentes que se comportam como asbestos	Perigo categoria 2 Nanopartículas fibrosas ou granulares, biopersistentes sem efeitos “tipo asbesto”	Perigo categoria 3 Nanopartículas granulares não biopersistentes ou solúveis em água
Probabilidade de exposição a nanopartículas durante a atividade			
Categoria I de Exposição: Emissão primária de NP é possível	A	A	C
Categoria II de exposição: Emissão de NPs incorporadas em sólido (>100 nm) ou em matriz líquida é possível	A	B	C
Categoria III de exposição: Emissão de NPs livres é minimizada por atividade totalmente enclausurada	B	C	C



# Control Banding – aplicados aos nanomateriais

Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts - A Guide for Employers and Employees. União Europeia - versão 4.2 – Agosto 2012.

Descrição do perigo de cada grupo de nanoparticulas	Perigo categoria 1	Perigo categoria 2	Perigo categoria 3
	Nanofibras (ou tubos) biopersistentes que se comportam como asbestos	Nanopartículas fibrosas ou granulares, biopersistentes sem efeitos “tipo asbesto”	Nanopartículas granulares não biopersistentes ou solúveis em água
Probabilidade de exposição a nanopartículas durante a atividade			
<b>Categoria I de Exposição:</b> Emissão primária de NP é possível	A	A	C
<b>Categoria II de exposição:</b> Emissão de NPs incorporadas em sólido (>100 nm) ou em matriz líquida é possível	A	B	C
<b>Categoria III de exposição:</b> Emissão de NPs livres é minimizada por atividade totalmente enclausurada	B	C	C
A	Uma estratégia hierárquica de higiene ocupacional deverá estritamente aplicada e todas as medidas que forem tanto técnica como organizacionalmente factíveis serão implementadas. O princípio da razoabilidade não é usado.		
B	De acordo com a estratégia hierárquica de higiene ocupacional as medidas técnicas e organizacionais factíveis serão avaliadas sob o ponto de vista econômico. Medidas de controle serão baseadas nesta avaliação.		
C	Aplicação de ventilação geral adequada, se necessário usar ventilação local exaustora e/ou enclausuramento da fonte de emissão. Adotar equipamentos de proteção individual (EPI) apropriados.		

[http://www.rpalttd.co.uk/documents/J771\\_NanoWorkSafetyGuidancev4.2\\_publ.pdf](http://www.rpalttd.co.uk/documents/J771_NanoWorkSafetyGuidancev4.2_publ.pdf)



# Exercícios

## CB Nanotool

## SST-LabNano



# Ferramentas para controle de riscos com nanomateriais

## Estratégicas



- A risk management framework for the regulation of nanomaterials
- Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials
- The Nano Risk Framework
- Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales

## Metodológicas



- Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles
- British Standard-BSI, Safe Handling Nanomaterials
- Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace
- Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management
- NIOSH, General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials
- **Sistemática de ações de SST para laboratórios**
- Control Banding Tool for Nanoparticles

## Pragmáticas (CB)



- CB Nanotool
- Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts
- Stoffenmanager Nano 1.0
- Precautionary matrix
- Nanosafer
- GoodNanoGuide



## Recomendações mínimas

- Adoção ATIVA do Princípio da Precaução
- Promover a participação de todos os envolvidos fomentando a disseminação de informações claras, honestas, transparentes e abrangentes.
- Na medida do possível, tendo em conta a falta de informação suficiente sobre a segurança dos nanomateriais, procurar evitar o contato com os mesmos. Isto não significa não usá-los, mas sim controlar a exposição.
- Adoção de alguma ferramenta nanoespecífica de controle de riscos. Por exemplo, a sistemática de ações de SST para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologias apresenta um quadro de recomendações em função do grau de risco.
- Adoção de vigilância em saúde abrangente para aqueles potencialmente expostos aos nanomateriais, tendo em conta a falta de informação suficiente sobre os impactos destas substâncias sobre a saúde.
- Intensificar, especialmente por parte dos produtores, o fomento as pesquisas e estudos independentes sobre a segurança dos nanomateriais.





**"Segurança não é um exercício intelectual para nos manter no trabalho. É uma questão de vida ou morte. É a soma de nossas contribuições para a gestão da segurança que determina se as pessoas com quem trabalhamos vão viver ou morrer."**

Sir Brian Appleton,  
referindo-se ao desastre de Piper Alpha  
(plataforma de petróleo do Atlântico norte  
cujo incêndio e explosão matou 167 pessoas)





**Muito obrigado pelo privilégio da sua atenção**

**Comentários, críticas e sugestões são bem-vindos**

[luis.andrade@fundacentro.gov.br](mailto:luis.andrade@fundacentro.gov.br)

