

CICLO DE PALESTRAS

NANOTECNOLOGIAS E SEUS
IMPACTOS SOBRE A SEGURANÇA E
SAÚDE NO TRABALHO

Palestra 3 - Ferramenta prática
para a avaliação e controle de
riscos envolvendo nanomateriais

Maio/2021



Fundacentro/ME



@Fundacentro_of



fundacentrooficial

- Parte 1** - Pressupostos teóricos para abordar os riscos ocupacionais dos nanomateriais
- Parte 2** - Control Banding e Control Banding específico para nanomateriais
- Parte 3** - Exemplo prático de uso de uma ferramenta de avaliação qualitativa de riscos baseadas na metodologia de control banding específica para nanomateriais (S-SST/LabNano)

Parte 1

Pressupostos teóricos para abordar os riscos ocupacionais dos nanomateriais

Princípio da Precaução



Ampla Participação



Ferramentas qualitativas de avaliação do risco (control banding – CB)

		Release/Exposure Probability			
		Unlikely (1)	Low (2)	Likely (3)	Probable (4)
Workload/Environmental Hazard	Very High or Unknown (D)	Control Level II	Control Level II	Control Level III	Control Level IV
	High (C)	Control Level II	Control Level II	Control Level III	Control Level IV
	Medium (B)	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	Guidance				
I	Minimum control, general area ventilation, work on a bench top				
II	Work within an approved laboratory ventilation hood required, as cleaning recommended (e.g., HEPA filtration for particulates) should be considered for environmental protection				
III	Containment, such as a glove box, required to prevent loss to the work environment. Particulate efficient from the glove box should be evaluated				
IV	Review by a specialist required, full containment of the operation and air-cleaning devices (e.g., HEPA filtration for particulates) required on ventilation for environmental protection				

Pode, de maneira simplista, ser entendido como o ditado popular: **“é melhor prevenir do que remediar”**.



Pode, de maneira simplista, ser entendido como o ditado popular: **“é melhor prevenir do que remediar”**.

Para a SST, podemos dizer que, seguindo este princípio, devemos **“FAZER MAIS E NÃO MENOS”**.



Pode, de maneira simplista, ser entendido como o ditado popular: “**é melhor prevenir do que remediar**”.

Para a SST, podemos dizer que, seguindo este princípio, devemos “**FAZER MAIS E NÃO MENOS**”.

Assim, pela falta de informações, uma substância ou situação deve ser considerada **PERIGOSA** até que sejam obtidas evidências concretas que afastem esta suposição inicial.



Pode, de maneira simplista, ser entendido como o ditado popular: **“é melhor prevenir do que remediar”**.

Para a SST, podemos dizer que, seguindo este princípio, devemos **“FAZER MAIS E NÃO MENOS”**.

Assim, pela falta de informações, uma substância ou situação deve ser considerada **PERIGOSA** até que sejam obtidas evidências concretas que afastem esta suposição inicial.

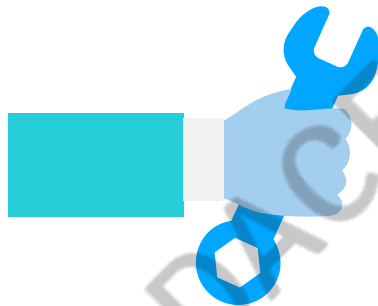
Em outras palavras, a ausência de certeza científica sobre eventuais danos não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir estes mesmos danos



Para Stebbing (2009), existem duas abordagens possíveis:

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

Ação



Inação



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



(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;



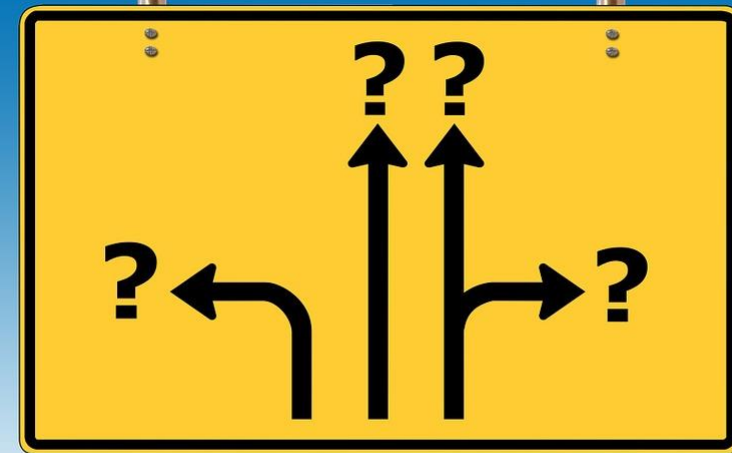
(2) ATIVA – “fazer mais E não menos”, nesta forma temos seis componentes

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



(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;



(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;



(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;



(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 (participação).



“A rádio-atividade pode prolongar a vida!

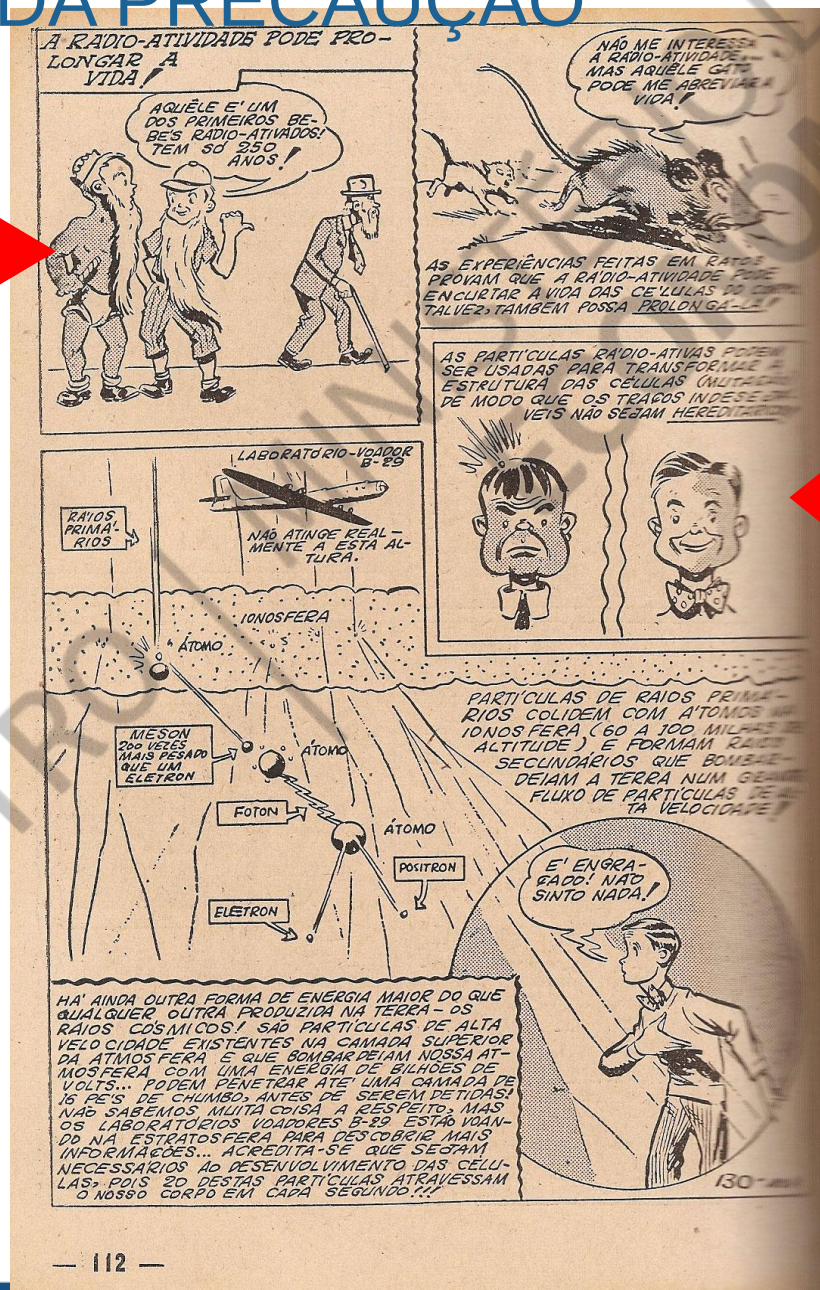
Aquele é um dos primeiros bebês radio-ativados! Tem só 250 anos!”

Referência

Lições do passado...

“As Maravilhas e os Progressos da Ciência”

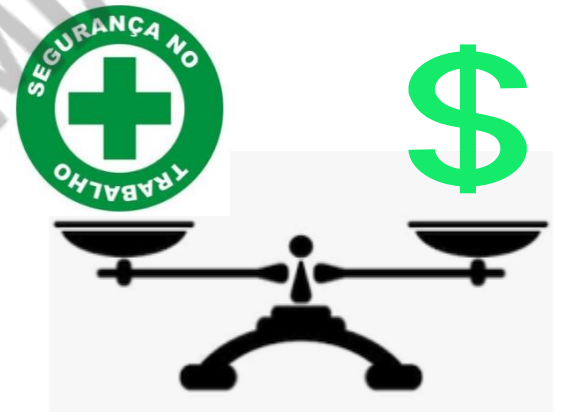
Ary Maurell Lobo - 1952



“As partículas rádio-ativas podem ser usadas para transformar a

estruturas das células (mutação) de modo que os traços indesejáveis não sejam hereditários”

Do exposto, parece acertado afirmar que **a precaução traz mais benefícios que riscos**, diante dos fortes impactos trazidos pelas novas tecnologias ao mundo do trabalho, bem como pela necessidade de participação democrática na gestão e controle dos riscos laborais (e outros: ambientais, sociais, econômicos, etc.). Trata-se de um **princípio complexo**, que **visa exatamente ponderar e otimizar** valores aparentemente contraditórios tais como o desenvolvimento econômico (lucratividade) e a proteção aos trabalhadores.



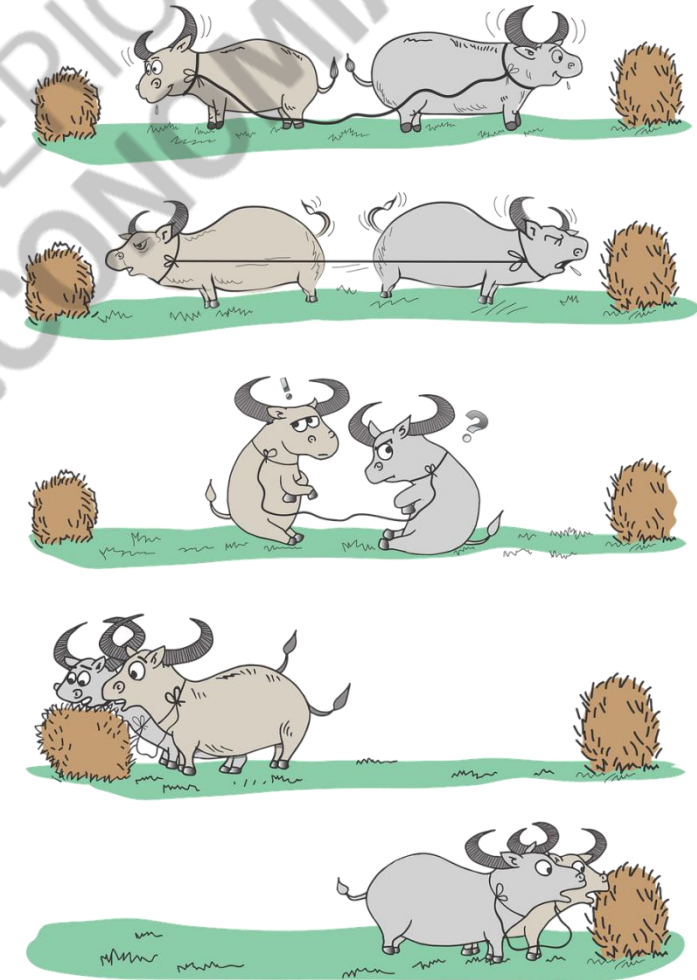
Alguns textos sobre o Princípio da Precaução

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

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

SUDARENKOV, V. 2013. **Nanotechnology: balancing benefits and risks to public health and the environment.** Council of Europe. Committee on Social Affairs, Health and Sustainable Development.

Não se trata de uma simples sugestão, 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 e a ISO (45.001) apontam no mesmo sentido.



Participar cooperando

Alguns 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 é algo que **se aprende e aperfeiçoa** (embora seja uma necessidade humana, ela precisa ser aprendida).
- ✓ A participação **pode ser provocada e organizada**, sem que isso signifique necessariamente **manipulação**.
- ✓ Devem ser respeitadas as diferenças individuais na forma de participar.
- ✓ A participação pode **resolver conflitos**, mas também **pode gerá-los**.
- ✓ Não **se deve “sacralizar” a participação**: ela não é panaceia nem é indispensável em todas as ocasiões.

A participação dos trabalhadores é importante, como já vimos.

E a relação com a avaliação qualitativa de riscos ocupacionais?



A participação do trabalhadores é importante, como já vimos.

E a relação com a avaliação qualitativa de riscos ocupacionais?

Ao contrários de métodos quantitativos que pouco favorecem a participação, os métodos de avaliação qualitativa dos riscos ocupacionais são melhor aplicados quando contam com o envolvimento de todos os interessados, especialmente os trabalhadores ligados diretamente ao objeto em avaliação.

Alguns textos sobre participação

EU-OSHA (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho), 2012, **Participação dos Trabalhadores na Segurança e Saúde no Trabalho - GUIA PRÁTICO**

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.

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

SANTOS, Josivaldo C. dos. **Processo de participação como alternativa política para a transformação social**. Série Sociedade Solidária - Vol. 1-2004.

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

Parte 2

Control Banding e Control Banding específico para nanomateriais

Ferramentas qualitativas
de avaliação do risco
(control banding – CB)

		Release/Exposure Probability			
		Unlikely (I)	Low (II)	Likely (III)	Probable (IV)
Work/Environmental Hazard	Very High or Unknown (V)	Control Level II	Control Level II	Control Level III	Control Level IV
	High (VI)	Control Level II	Control Level II	Control Level III	Control Level IV
	Medium (VII)	Control Level I	Control Level I	Control Level II	Control Level III
	Low (VIII)	Control Level I	Control Level I	Control Level I	Control Level II
Control Level	Guidelines				
I	Minimum control, general area ventilation, work on a bench top				
II	Work within an approved laboratory ventilation hood required, air cleaning not recommended (e.g., HEPA filtration for particulates should be considered for environmental protection)				
III	Containment, such as a glove box, required to prevent loss to the work environment. Particulate effluent from the glove box should be exhausted				
IV	Review by a specialist required, full containment of the operation and air-cleaning devices (e.g., HEPA filtration for particulates) required on ventilation for environmental protection				

Control banding - CB (ou controle por faixas)

O que é?

Uma ferramenta para avaliação **qualitativa** do risco derivado da exposição a substâncias químicas potencialmente perigosas, especialmente para aquelas das quais se tem pouca informação toxicológica.

Control banding - CB (ou controle por faixas)

O que é?

Uma ferramenta para avaliação **qualitativa** do risco derivado da exposição a substâncias químicas potencialmente perigosas, especialmente para aquelas das quais se tem pouca informação toxicológica.

Como surgiu?

Como uma derivação da iniciativa do UK Health and Safety Executive (HSE) de 1999 intitulada Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Essentials Model.

Control banding - CB (ou controle por faixas)

O que é?

Uma ferramenta para avaliação **qualitativa** do risco derivado da exposição a substâncias químicas potencialmente perigosas, especialmente para aquelas das quais se tem pouca informação toxicológica.

Como surgiu?

Como uma derivação da iniciativa do UK Health and Safety Executive (HSE) de 1999 intitulada Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Essentials Model.

Porque utilizar com os nanomateriais?

- *) Sendo uma abordagem qualitativa dispensa o uso de equipamentos, tornando sua aplicação mais simples e menos onerosa
- *) Ser qualitativa é importante já que não existem protocolos validados para a avaliação quantitativa da exposição ocupacional ou ambiental aos nanomateriais
- *) Possibilita a fácil participação de todos os envolvidos na aplicação da ferramenta bem como a adoção do Princípio da Precaução

Control banding - CB (ou controle por faixas)

Como funciona?

Os **níveis de risco (faixas)** são determinados em uma matriz bidimensional, semelhante a uma planilha eletrônica com linhas e colunas. As duas dimensões desta matriz são associadas ao PERIGO e a EXPOSIÇÃO inerentes a situação, produto ou processo que se está analisando.

Control banding - CB (ou controle por faixas)

Como funciona?

Os **níveis de risco (faixas)** são determinados em uma matriz bidimensional, semelhante a uma planilha eletrônica com linhas e colunas. As duas dimensões desta matriz são associadas ao PERIGO e a EXPOSIÇÃO inerentes a situação, produto ou processo que se está analisando.

Exposição \ Perigo	Perigo	
	Faixa de perigo 1 (baixo)	Faixa de perigo 2 (alto)
Faixa de exposição A (baixo)	Grupo de risco I	Grupo de risco II
Faixa de exposição B (alto)	Grupo de risco II	Grupo de risco III

Control banding - CB (ou controle por faixas)

Como se determinam a faixa de perigo e a faixa de exposição?

Basicamente a ferramenta apresenta um roteiro, uma série de questões, cujas respostas em seu conjunto irão definir cada uma das faixas.

Assim sendo, teremos duas etapas

A determinação da faixa de perigo e

A determinação da faixa de exposição.

Ideal seria que as questões referidas acima sejam respondidas, por consenso, por todos os envolvidos na situação em análise (especialmente trabalhadores).

No exemplo do slide anterior poderíamos, hipoteticamente, ter a seguinte situação: **faixa de perigo 2** (ALTO = grande perigo) e **faixa de exposição A** (BAIXA = pequena exposição), sendo assim teríamos:

Control banding - CB (ou controle por faixas)

Exemplo: **faixa de perigo 2** (ALTO = grande perigo) e **faixa de exposição A** (BAIXA = pequena exposição)



Exposição \ Perigo	Perigo	
	Faixa de perigo 1 (baixo)	Faixa de perigo 2 (alto)
Faixa de exposição A (baixo)	Grupo de risco I	Grupo de risco II
Faixa de exposição B (alto)	Grupo de risco II	Grupo de risco III

Control banding - CB (ou controle por faixas)

E o próximo passo?

Da mesma forma como há um roteiro para a determinação das faixas de perigo e de exposição, há um conjunto de sugestões de ações de controle de riscos para cada um dos grupos de risco.

Assim, uma vez que o grupo de risco já foi determinado, deve-se adotar as medidas propostas para o grupo de risco em questão.

OBS: ações de prevenção não se limitam ao CB (ou ao grupo de risco apenas) existem outras ações gerais que devem ser adotadas.

Control banding - CB (ou controle por faixas)

E o próximo passo?

Da mesma forma como há um roteiro para a determinação das faixas de perigo e de exposição, há um conjunto de sugestões de ações de controle de riscos para cada um dos grupos de risco.

Assim, uma vez que o grupo de risco já foi determinado, deve-se adotar as medidas propostas para o grupo de risco em questão.

OBS: ações de prevenção não se limitam ao CB (ou ao grupo de risco apenas) existem outras ações gerais que devem ser adotadas.

E na prática, como funciona?

Para nanomateriais existem várias ferramentas baseadas em CB na literatura internacional. Como exemplo, vamos aplicar a **S-SST/LabNano** (Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia), desenvolvida como tese de doutorado do autor.

Parte 3

Exemplo prático de uso de uma ferramenta de avaliação qualitativa de riscos baseadas na metodologia de control banding específica para nanomateriais (S-SST/LabNano)

Matriz de risco

Exposição \ Perigo		Faixa de perigo		
		Atenuada (negativo)	Neutra (zero)	Agravada (positivo)
Faixa de exposição	Atenuada (negativo)	Grupo de risco I	Grupo de risco I	Grupo de risco II
	Neutra (zero)	Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
	Agravada (positivo)	Grupo de risco II	Grupo de risco III	Grupo de risco III

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Descrição ficcional de uma atividade envolvendo nanomateriais.

Em um laboratório, são conduzidos estudos sobre nanotoxicologia, especificamente sobre os nanotubos de carbono. Os experimentos consistem basicamente em expor peixes (zebra fish), pequenos invertebrados e em alguns casos culturas celulares a uma solução de água na qual estão dispersos os nanotubos de carbono. São testadas várias concentrações de nanotubos e vários períodos de exposição. Após a exposição os peixes (ou invertebrados ou culturas celulares) são examinados sob vários aspectos confrontando-se estes resultados com grupos de controle que não foram submetidos à exposição, buscando identificar alterações (ou agravos à saúde) que possam ser atribuídos à exposição a estas nanopartículas.

Embora não exista consenso sobre a toxicidade dos nanotubos de carbono, alguns estudos apontam para efeitos adversos, ainda que tais estudos sejam atacados por pesquisadores que indicam ter havido superdosagens.

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Apesar das lacunas de conhecimento sobre os mecanismos toxicológicos das nanopartículas em geral e em especial dos nanotubos de carbono, por apresentarem em alguns casos formato semelhante às fibras do asbesto, teme-se que estes nanotubos de carbono possam, de forma semelhante ao asbesto, serem cancerígenos.

Tecnicamente os nanotubos de carbono não são solúveis em água, desta forma para que seja obtida uma mistura homogênea deste material com água as amostras são agitadas por mais de 24 horas antes de serem usadas nos experimentos. Esta é a fase de preparação das misturas que serão utilizadas na condução dos experimentos.

A agitação das misturas é conduzida em recipientes (frascos) fechados. Não há indícios de dispersão de nanotubos no ar durante a agitação, embora nunca tenha sido realizada uma análise específica sobre esta questão (amostragem de ar, por exemplo).

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Por se tratar de um laboratório ligado a uma Universidade, no período letivo são feitas várias experiências concomitantemente, incluindo a preparação de amostras que ocorre, normalmente, uma vez por semana.

Os nanotubos de carbono não são produzidos no próprio laboratório. Este material vem de outros laboratórios que se dedicam a estudos voltados à produção deste material. Os nanotubos são recebidos em frascos fechados sob a forma de um pó fino. Este pó é misturado à água (que será agitada, como já descrito). A operação de transpor os nanotubos dos frascos de envio para os recipientes de misturas é feito em capela.

Uma vez que a exposição aos nanotubos tenha sido completada, as misturas de água com nanotubos de carbono são armazenadas em tambores para posterior descarte. Frascos e demais utensílios utilizados nas experiências são higienizados usando água corrente diretamente na pia e postos a secar em uma estufa. Embora sejam poucos os envolvidos nestas atividades, não há um controle rígido de acesso aos laboratórios.

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?



S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	
	NÃO	+1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Descrição ficcional de uma atividade envolvendo nanomateriais.

Em um laboratório, são conduzidos estudos sobre nanotoxicologia, especificamente sobre os nanotubos de carbono. Os experimentos consistem basicamente em expor peixes (zebra fish), pequenos invertebrados e em alguns casos culturas celulares a uma solução na qual estão dispersos os nanotubos de carbono. São testados vários períodos de exposição. Após a exposição (ou invertebrados ou culturas celulares) são examinados sob vários aspectos, confrontando-se estes resultados com grupos de controle que não foram submetidos à exposição, buscando identificar alterações (ou agravos à saúde) que possam ser atribuídos à exposição a estas nanopartículas.

Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?

Embora não exista consenso sobre a toxicidade dos nanotubos de carbono, alguns estudos apontam para efeitos adversos, ainda que tais estudos sejam atacados por pesquisadores que indicam ter havido superdosagens.

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Apesar das lacunas de conhecimento sobre os mecanismos toxicológicos das nanopartículas em geral e em especial dos nanotubos de carbono, por apresentarem em alguns casos formato semelhante às fibras do asbesto, teme-se que estes nanotubos de carbono possam, de forma semelhante ao asbesto, serem cancerígenos.

Tecnicamente os nanotubos de carbono não são solúveis em água, desta forma para que seja obtida uma dispersão homogênea deste material com água as amostras são agitadas por 24 horas antes de serem usadas nos experimentos. Esta é a fase de agitação das misturas que serão utilizadas na condução dos experimentos.

Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?

A agitação das misturas é conduzida em recipientes (frascos) fechados. Não há indícios de dispersão de nanotubos no ar durante a agitação, embora nunca tenha sido realizada uma análise específica sobre esta questão (amostragem de ar, por exemplo).

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?	SIM	+1	
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Apesar das lacunas de conhecimento sobre os mecanismos toxicológicos das nanopartículas em geral e em especial dos nanotubos de carbono, por apresentarem em alguns casos formato semelhante às fibras do asbesto, teme-se que estes nanotubos de carbono possam, de forma semelhante ao asbesto, serem cancerígenos.

Tecnicamente os nanotubos de carbono são solúveis em água, desta forma para que seja obtida uma mistura homogênea deste material com água as amostras são agitadas por mais de 24 horas antes de serem usadas nos experimentos. Esta é a fase de preparação das misturas que serão utilizadas na condução dos experimentos.

A agitação das misturas é conduzida em recipientes (frascos) fechados. Não há indícios de dispersão de nanotubos no ar durante a agitação, embora nunca tenha sido realizada uma análise específica sobre esta questão (amostragem de ar, por exemplo).

Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
O material contém nanopartículas solúveis ou lábeis?	SIM	+1	
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Apesar das lacunas de conhecimento sobre os mecanismos toxicológicos das nanopartículas em geral e em especial dos nanotubos de carbono, por apresentarem em alguns casos formato semelhante às fibras do asbesto, teme-se que estes nanotubos de carbono possam, de forma semelhante ao asbesto, serem cancerígenos.

Tecnicamente os nanotubos de carbono não são solúveis em água, desta forma para que seja obtida uma mistura homogênea deste material com água as amostras são agitadas por mais de 24 horas antes de serem usadas nos experimentos. Esta é a fase de preparação das misturas que serão utilizadas na condução dos experimentos. O material contém nanopartículas solúveis ou lábeis? A agitação das misturas é realizada em recipientes (frascos) fechados. Não há indícios de dispersão de nanopartículas durante a agitação, embora nunca tenha sido realizada uma análise específica sobre esta questão (amostragem de ar, por exemplo).

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
O material contém nanopartículas solúveis ou lábeis?	SIM	+1	- 1
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
O material contém nanopartículas solúveis ou lábeis?	SIM	+1	- 1
	NÃO	-1	
O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	SIM	+1	
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Apesar das lacunas de conhecimento sobre os mecanismos toxicológicos das nanopartículas em geral e em especial dos nanotubos de carbono, por apresentarem em alguns casos formato semelhante às **fibras do asbesto**, teme-se que estes nanotubos de carbono possam de forma **semelhante ao asbesto**, **serem cancerígenos**.

Tecnicamente os nanotubos de carbono são dispersados em água, desta forma para que seja obtida uma suspensão estável, as amostras são agitadas por 24 horas. Este material com água as amostras são agitadas por 24 horas. Esta é a fase de preparação das misturas que serão utilizadas na condução dos experimentos.

A agitação das misturas é conduzida em recipientes (frascos) fechados. Não há indícios de dispersão de nanotubos no ar durante a agitação, embora nunca tenha sido realizada uma análise específica sobre esta questão (amostragem de ar, por exemplo).

O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos?

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
O material contém nanopartículas solúveis ou lábeis?	SIM	+1	- 1
	NÃO	-1	
O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **1** – faixa de perigo

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre PERIGO	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+ 1
	NÃO	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante?	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
O material contém nanopartículas solúveis ou lábeis?	SIM	+1	- 1
	NÃO	-1	
O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Soma dos resultados obtidos			+ 2

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Por se tratar de um laboratório ligado a uma Universidade, no período letivo são feitas **várias experiências concomitantemente**, incluindo a preparação de amostras que ocorre, **normalmente, uma vez por semana**.

Os nanotubos de carbono não são produzidos no próprio laboratório. Este material vem de outros laboratórios que se dedicam a estudos voltados à produção deste material. Os nanotubos são recebidos em frascos fechados sob a forma de um pó fino. Este pó é colocado na água (que será agitada, como já descrito). A operação de transferência dos frascos de envio para os recipientes de misturas é feita com o auxílio de uma pipeta.

A frequência do uso dos nanomateriais é?

Uma vez que a exposição aos nanotubos tenha sido completada, as misturas de água com nanotubos de carbono são armazenadas em tambores para posterior descarte. Frascos e demais utensílios utilizados nas experiências são higienizados usando água corrente diretamente na pia e postos a secar em uma estufa. Embora sejam poucos os envolvidos nestas atividades, não há um controle rígido de acesso aos laboratórios.

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa 2 – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa 2 – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	
	NÃO	0	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Descrição ficcional de uma atividade envolvendo nanomateriais.

Em um laboratório, são conduzidos estudos sobre nanotoxicologia, especificamente sobre os nanotubos de carbono. Os experimentos consistem basicamente em expor peixes (zebra fish), pequenos invertebrados e em alguns casos culturas celulares a uma solução de água na qual estão dispersos os nanotubos de carbono. São testadas várias concentrações de nanotubos e vários períodos de exposição. Após a exposição os peixes (ou invertebrados ou culturas celulares) são examinados sob vários aspectos confrontando-se estes resultados com grupos de controle que não foram submetidos à exposição, buscando identificar alterações (ou agravos à saúde) que possam ser atribuídos à exposição a estas nanopartículas. Embora não exista consenso sobre a toxicidade dos nanotubos de carbono, alguns estudos apontam para efeitos adversos, ainda que tais estudos sejam atacados por pesquisadores que indicam ter havido superdosagens.

As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Por se tratar de um laboratório ligado a uma Universidade, no período letivo são feitas várias experiências concomitantemente, incluindo a preparação de amostras que ocorre, normalmente, uma vez por semana.

Os nanotubos de carbono não são produzidos no próprio laboratório. Este material vem de outros laboratórios que se dedicam a estudos voltados à produção deste material. Os nanotubos são recebidos em frascos fechados sob a forma de um pó fino. Este pó é misturado à água (que será agitada, como já descrito). A operação de transpor os nanotubos dos frascos de envio para os recipientes de misturas é feito em capela.

Os nanomateriais
estão livres ?

Uma vez que a exposição aos nanotubos tenha sido completada, as misturas de água com nanotubos de carbono são armazenadas em tambores para posterior descarte. Frascos e demais utensílios utilizados nas experiências são higienizados usando água corrente na pia e postos a secar em uma estufa. Embora sejam poucos os envolvidos nestas atividades, não há um controle rígido de acesso aos laboratórios.

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Os nanomateriais são manipulados na forma de nanopós	SIM	+1	
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Por se tratar de um laboratório ligado a uma Universidade, no período letivo são feitas várias experiências concomitantemente, incluindo a preparação de amostras que ocorre, normalmente, uma vez por semana.

Os nanotubos de carbono não são produzidos no próprio laboratório. Este material vem de outros laboratórios que se dedicam a estudos voltados à produção deste material. Os nanotubos são recebidos em frascos fechados sob a forma de um pó fino. Este pó é misturado à água (que será agitada, como já descrito). A operação de transpor os nanotubos dos frascos de envio para os recipientes de misturas é feito em capela.

Uma vez que a exposição aos nanotubos tenha sido completada, as misturas de água com nanotubos de carbono são armazenadas em tambores para posterior descarte. Frascos e demais utensílios utilizados nas experiências são higienizados usando água corrente imediatamente na pia e postos a secar em uma estufa. Embora sejam poucos os cuidados nestas atividades, não há um controle rígido de acesso aos laboratórios.

Os nanomateriais
são manipulados
na forma de
nanopós

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Os nanomateriais são manipulados na forma de nanopós	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Os nanomateriais são manipulados na forma de nanopós	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Há possibilidade de dispersão das nanopartículas no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	SIM	+1	
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático)

Apesar das lacunas de conhecimento sobre os mecanismos toxicológicos das nanopartículas em geral e em especial dos nanotubos de carbono, por apresentarem em alguns casos formato semelhante às fibras do asbesto, teme-se que estes nanotubos de carbono possam ser semelhantes ao asbesto, serem cancerígenos.

Há possibilidade de dispersão das nanopartículas no ar ?

Tecnicamente os nanotubos de carbono não são solúveis em água, desta forma para que seja obtida uma mistura homogênea deste material com água as amostras são agitadas por mais de 24 horas antes de serem usadas nos experimentos. Esta é a fase de preparação das misturas que serão utilizadas na condução dos experimentos.

A agitação das misturas é conduzida em recipientes (frascos) fechados. Não há indícios de dispersão de nanotubos no ar durante a agitação, embora nunca tenha sido realizada uma análise específica sobre esta questão (amostragem de ar, por exemplo).

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa **2** – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Os nanomateriais são manipulados na forma de nanopós	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Há possibilidade de dispersão das nanopartículas no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	SIM	+1	- 1
	NÃO	-1	

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa 2 – faixa de exposição

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Questões sobre EXPOSIÇÃO	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos nanomateriais é: alta=mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês; baixa=menos de 1 vez por mês.	ALTA	+1	+ 1
	MÉDIA	0	
	BAIXA	-1	
As quantidades usadas são grandes? (+ 100Kg)	SIM	+1	0
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Os nanomateriais são manipulados na forma de nanopós	SIM	+1	+ 1
	NÃO	-1	
Há possibilidade de dispersão das nanopartículas no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	SIM	+1	- 1
	NÃO	-1	
Soma dos resultados obtidos			+ 2

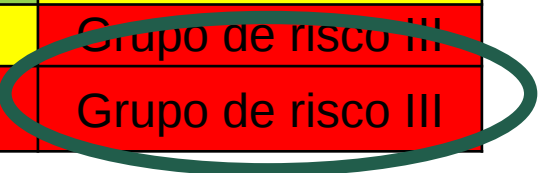
S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa 3 – grupo de risco

Nestas condições, qual seria o grupo de risco da atividade/laboratório descrito acima?

Matriz de risco



Exposição \ Perigo		Faixa de perigo		
		Atenuada (negativo)	Neutra (zero)	Agravada (positivo)
Faixa de exposição	Atenuada (negativo)	Grupo de risco I	Grupo de risco I	Grupo de risco II
	Neutra (zero)	Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
	Agravada (positivo)	Grupo de risco II	Grupo de risco III	Grupo de risco III

GRUPO DE RISCO III

Importante: Sempre que houver dúvida em relação ao enquadramento de uma faixa de perigo ou exposição (e portanto do grupo de risco) deve ser adotado a faixa mais agravada (mais perigosa; maior exposição; maior risco), ou seja, adota-se o **Princípio da Precaução**.

S-SST/LabNano (exemplo prático) – Etapa 4 – adoção de medidas de controle

Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
Capela de exaustão ou recirculação com filtragem HEPA (High Efficiency Particulate Air). Acesso controlado por avisos e normas internas. As tarefas poderão ser executadas fora do horário por uma única pessoa desde que haja a comunicação do fato. Outras ações ou modificações definidas pelo conjunto dos envolvidos.	Capela de exaustão com filtragem HEPA (High Efficiency Particulate Air). Acesso controlado por meio de documentação. As tarefas poderão ser executadas fora do horário normal de trabalho por no mínimo 2 pessoas. Outras ações ou modificações definidas pelo conjunto dos envolvidos.	Capacitação deve ser atualizada no mínimo anualmente, ou sempre que houver mudança nas atividades. Deve ser utilizado sistema fechado. Preferencialmente adotar controle eletrônico de acesso. Não deve ser permitida a execução de tarefas fora do horário normal de trabalho. Deve ser fornecido serviço de lavanderia. Outras ações ou modificações definidas pelo conjunto dos envolvidos.

S-SST/LabNano – CONCLUSÃO

Princípio da
Precaução

Ampla
Participação

Control
banding



		Release/Exposure Probability			
		Unlikely (I)	Low (II)	Likely (III)	Probable (IV)
Worksite Environmental Hazards	Very High or Unknown (D)	Control Level II	Control Level II	Control Level III	Control Level IV
	High (C)	Control Level II	Control Level II	Control Level III	Control Level IV
	Medium (B)	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	Guidelines				
I	Minimum control, general area ventilation, work on a bench top				
II	Work within an approved laboratory ventilation hood equipped, as flowing rate indicated (e.g., HEPA filtration for particulates) should be considered for environmental protection				
III	Containment, such as a glove box, required to prevent loss to the work environment. Particulate effluent from the glove box should be collected				
IV	Review by a specialist required, full containment of the operation and air-cleaning devices (e.g., HEPA filtration for particulates) required on ventilation for environmental protection				

A simples identificação do grupo de risco e a adoção das medidas correspondentes sugeridas não garante a segurança e a saúde dos trabalhadores. Entretanto são partes importantes no processo geral de gestão de riscos.

S-SST/LabNano – REFERÊNCIA

Andrade, L.R.B. (2013) **Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de doutorado em Engenharia de Produção.

CICLO DE PALESTRAS: NANOTECNOLOGIAS E SEUS IMPACTOS SOBRE A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO

Ferramenta prática para a avaliação e
controle de riscos envolvendo nanomateriais

Maio /2021

Obrigado pela atenção