

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUÍS RENATO BALBÃO ANDRADE

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

Porto Alegre

2013

Luís Renato Balbão Andrade

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

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para fins de
obtenção do título de doutor.

Orientador: Prof. Fernando Gonçalves Amaral, Dr.

Banca examinadora

Arline Sydneia Abel Arcuri, Dr^a. (Fundacentro-MTE/SP)

Prof^a. Noela Invernizzi Castillo, Dr^a (SA/PPGPP/UFPR)

Prof. Ricardo Augusto Cassel, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Porto Alegre

2013

DEDICATÓRIA

Dedico a alegria pela realização deste trabalho à minha família (meus pais, esposa e filha) sem a qual nada teria sentido. Os resultados do mesmo, dedico aos trabalhadores do Brasil que, dia após dia, muitas vezes enfrentam condições adversas para construir a riqueza de nosso país.

AGRADECIMENTOS

Creio que o agradecimento a todos aqueles que colaboraram com este projeto seja uma excepcional oportunidade para compartilhar a alegria pela conclusão do mesmo, considerando que a tarefa árdua e muitas vezes solitária de escrever uma tese só se torna possível pela ajuda inestimável dos parentes, professores, colegas e amigos.

Aos meus pais, Renato Brenol Andrade e Leila Balbão Andrade pelo apoio irrestrito e exemplo de vida, dedico meus sucessos (mesmo que pequenos). Se eventuais sucessos são coletivos, as falhas com certeza são somente minhas.

A minha esposa Sinara Cavinato de Lima e a minha filha Caroline Lima Andrade por serem quem são e, principalmente, por tentarem me fazer uma pessoa melhor, ainda que por minha culpa, nem sempre tenham conseguido.

Henry Adams, historiador americano, disse: “Um professor afeta a eternidade. Ele nunca será capaz de dizer quando a sua influência se detém”. Hoje tenho certeza de que meus professores são eternos. A cada um deles meu muito obrigado, mas especialmente ao Professor Fernando Gonçalves Amaral que começou como meu orientador e acabou por se tornar meu amigo. A orientação pode terminar, mas a amizade será para sempre.

Agradeço aos colegas da Fundacentro, aos da Universidade e aos pesquisadores da área que sempre apoiaram meus esforços, especialmente a Arline Sydnéia Abel Arcuri. Destaco também o Prof. Ricardo Augusto Cassel e a Profa. Liane Werner pelo desprendimento em estarem disponíveis para ajudar com valiosas sugestões para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado. Destaco o suporte e incentivo oferecido pela amiga e colega Maria Muccillo, chefe do Centro Estadual da Fundacentro.

Não há como não citar Luiz Antonio dos Santos Franz, responsável pelo início deste processo (foi ele quem me apresentou ao Prof. Amaral) e que esteve sempre presente com apoio e motivação.

Aos que se dispuseram a ler trechos deste trabalho, oferecendo sempre preciosas sugestões, especialmente meu pai Renato e meu tio Roberto Brenol Andrade. A Dulce Pereira pelo auxílio nas revisões.

Registro minha gratidão as 211 pessoas que responderam a pesquisa *survey*, bem como ao responsável pelo laboratório que me recebeu, pela maneira abnegada com que dispuseram de seus tempos para compartilhar comigo suas opiniões e informações. Muito pouco se pode fazer sozinho e a cooperação neste caso foi essencial.

E finalizo agradecendo às instituições envolvidas, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e à FUNDACENTRO por acolherem minha proposta de trabalho e fornecerem o suporte necessário para a realização do mesmo.

Por minha eventual falha em não citar a todos, expresso meu sincero pedido de desculpas.

RESUMO

As nanotecnologias são um conjunto multidisciplinar de técnicas que manipulam a matéria em escala nanométrica, mais precisamente partículas abaixo de 100 nanômetros, cujas características por conta do tamanho diminuto são essencialmente diferentes daquelas encontradas no material em sua forma macro. Em função destas novas propriedades dos materiais, existem lacunas de conhecimento relativas aos efeitos destas partículas sobre o organismo humano e sobre o meio ambiente. Embora ainda sejam consideradas tecnologias emergentes, seu crescimento é cada vez mais acelerado e o número de produtos que fazem uso de nanotecnologia em alguma fase de sua produção continua crescendo, bem como o número de pesquisadores envolvidos com o tema. Considerando este cenário e a literatura pertinente, este trabalho objetivou desenvolver uma sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho (SST) para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia. Esta sistemática é fundamentada na estrutura das diretrizes para um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho proposto pela Organização Internacional do Trabalho (OIT). A esta base foram agregadas diversas recomendações nanoespecíficas, sendo desta maneira consolidada a **Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano)**. Além da comparação desta sistemática com outras apresentadas por outros autores, uma pesquisa *survey* foi realizada, com o propósito de obter um retrato da SST em laboratórios com atividades de nanotecnologia no Brasil. De forma complementar, objetivando a adequação prática, a S-SST/LabNano foi avaliada em relação a realidade de SST encontrada em laboratório. O resultado final da tese, além da sistemática em si (S-SST/LabNano), almeja oferecer elementos de reflexão que possam auxiliar a gestão e o controle de riscos ocupacionais associados às nanotecnologias.

Palavras chave: nanotecnologia, gestão da segurança e saúde no trabalho (SST), laboratório.

ABSTRACT

Nanotechnology is a multidisciplinary set of techniques that manipulates material at nanoscale, precisely particles below 100 nanometers whose characteristics, due to the small size, are essentially different from those found in material while in macro format. In the light of these new properties of materials, there are knowledge gaps regarding the effects of these particles on the human body and the environment. Although still considered emerging technologies, their growth is increasingly accelerated and the number of products that use nanotechnology in some stage of its production continues to grow, as well as the number of researchers involved with the topic. Given this scenario and its relevant literature, this study aimed to develop a proposed methodology of actions in occupational safety and health (OSH) to research laboratories with nanotechnology activities. This methodology is based on the structure of the International Labour Organization (ILO) guidelines for a management system in safety and health at work. Several specific recommendations were added, named Participatory Nano Safety Lab (PNSL). Besides the confrontation of this proposal with other authors, a research survey was conducted with the purpose to obtain a general picture of the OSH in laboratories with nanotechnology activities in Brazil. In a complementary way, aiming a practical suitability, the PNSL was confronted with the reality of OSH found in laboratory. The final result of this thesis, besides the methodology itself (PNSL), aims to provide elements of reflection that may assist management and occupational risk control associated to nanotechnology.

Key words: nanotechnology, occupational health and safety (OHS), laboratory.

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	18
1.1	Questões de pesquisa e objetivos	19
1.1.1	Objetivo principal.....	20
1.1.2	Objetivos secundários.....	20
1.2	Justificativa e ineditismo	20
1.3	Delimitação	21
1.4	Metodologia.....	22
1.5	Questões de pesquisa envolvidas no desenvolvimento da tese em cada seção	23
1.6	Mapa esquemático do desenvolvimento da tese.....	24
1.7	Estrutura do trabalho	25
1.8	Descrição dos apêndices.....	26
2.	Exploração inicial do tema – citações do termo ‘nanotecnologias’ nos sítios de universidades brasileiras.....	28
2.1	Considerações iniciais sobre a citação do termo ‘nanotecnologias’ nos sítios de universidades brasileiras.....	28
2.2	Procedimentos metodológicos.....	30
2.3	Resultados e discussão	31
2.4	Considerações finais.....	36
3.	Contextualização da relação entre os temas nanotecnologias e segurança e saúde no trabalho (SST)	38
3.1	Considerações iniciais sobre a contextualização da relação entre os temas nanotecnologias e segurança e saúde no trabalho (SST).....	38
3.2	Procedimentos metodológicos.....	39
3.3	Nanotecnologias & SST	41
3.3.1	Caracterização técnica e/ou física das nanopartículas.....	42
3.3.2	Aspectos econômicos das nanotecnologias.....	43
3.3.3	Caracterização em relação ao uso e aplicações das nanotecnologias.....	44
3.3.4	Caracterização de riscos ou frente às questões de SST	45
3.3.5	Caracterização dos possíveis agravos à saúde e formas de contaminação.....	46
3.3.6	Caracterização em relação às questões éticas.....	48
3.3.7	Caracterização em relação à percepção do risco	49
3.3.8	Caracterização do marco legal	53
3.3.9	Caracterização em relação ao meio ambiente e a comunidade	58
3.4	Gestão de riscos em atividades com nanomateriais	59
3.4.1	O princípio da precaução.....	61
3.4.2	O <i>Control Banding</i> (CB)	63
3.4.3	Sistemas de gestão de risco nanoespecíficos.....	64
3.5	Participação dos envolvidos no processo de SST	66
3.6	Resultados e discussão	72
3.6.1	Resultados em relação à classificação dos documentos.....	72
3.6.2	Resultados em relação aos impactos das nanotecnologias sobre a SST (conteúdo dos documentos analisados)	80
3.7	Considerações finais.....	82

4.	Comparação conceitual entre propostas de gestão de risco de nanomateriais	84
4.1	Considerações iniciais sobre a comparação entre propostas	84
4.2	Procedimentos metodológicos	85
4.3	Resultados e discussão	87
4.3.1	Abordagens estratégicas	87
4.3.2	Abordagens metodológicas	89
4.3.3	Abordagens pragmáticas tipo <i>Control Banding</i> (CB)	91
4.4	Considerações finais	93
5.	A SST nos laboratórios com nanotecnologia	96
5.1	Considerações iniciais sobre a <i>survey</i> relativa à SST em laboratórios com atividades de nanotecnologia	96
5.2	Procedimentos metodológicos	98
5.3	Resultados e discussão	101
5.3.1	Estatística descritiva	101
5.3.2	Análises qualitativas	116
5.4	Considerações finais	119
6.	Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano) ..	121
6.1	Considerações iniciais sobre a Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano)	121
6.2	Procedimentos metodológicos	123
6.3	Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano) ..	123
6.3.1	Contextualização	123
6.3.2	Algoritmo de classificação de riscos	125
6.3.3	Descrição da Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano)	127
6.3.4	Sugestões de implementação e responsabilidades	134
6.3.5	Marcos legais	141
6.3.6	Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano) <i>versus survey</i>	145
6.4	Discussão e conclusão	147
7.	Avaliação da S-SST/LabNano com relação à prática em laboratório	149
7.1	Considerações iniciais sobre a avaliação da S-SST/LabNano com relação à prática em laboratório	149
7.2	Procedimentos metodológicos	149
7.3	Resultados e discussão	150
7.4	Considerações finais	158
8.	Conclusões gerais	159
	Referências	164
	Apêndice A – Pôster de apresentação do artigo - Citações do termo ‘nanotecnologia’ em sítios de universidades brasileiras (referente à seção 2)	175
	Apêndice B – Outros documentos consultados (referente à seção 3)	177

Apêndice C – Sítios na Internet sobre o tema (referente à seção 3).....	183
Apêndice D – Versão de submissão do artigo - A review on the current status of nanotechnology and occupational safety and health (OSH) (referente à seção 3)	185
Apêndice E – Versão publicada do artigo - Proposals for risk management in nanotechnology activities (referente à seção 4).....	212
Apêndice F – Dados gerais da <i>survey</i> (seção 5)	223
Apêndice G – Versão publicada do artigo - Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities (referente à seção 6).....	238
Apêndice H – Instrumento de coleta de dados em campo (referente à seção 7).....	248
Apêndice I – Lista de artigos relacionados à tese.....	251
Apêndice J – Lista de artigos relacionados ao tema não derivados diretamente da tese.....	253
Apêndice K – Relação de outros artigos produzidos no curso do doutoramento.....	254
Glossário.....	255

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Mapa esquemático do desenvolvimento da tese	25
Figura 2	- Tipos de risco	52
Figura 3	- Descritivo e comparativo entre propostas	88
Figura 4	- Esquema da S-SST/LabNano.....	124
Figura 5	- Esquema resumido do fluxo de pesquisa no laboratório	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Resumos das legislações mandatórias em relação aos nanomateriais	55
Quadro 2	- Resumo das legislações voluntárias em relação aos nanomateriais.....	56
Quadro 3	- Esquema genérico de uma matriz de <i>Control Banding</i>	63
Quadro 4	- Lista das propostas de gestão de riscos analisadas na seção 4.....	65
Quadro 5	- Algumas classificações da participação	67
Quadro 6	- Níveis de exercício da participação	69
Quadro 7	- Lista das nove áreas de conhecimento	73
Quadro 8	- Resumo das áreas e subáreas da <i>survey</i>	96
Quadro 9	- Quadro resumo da <i>survey</i> (resultados e metodologia).....	99
Quadro 10	- Grupos de palavras e expressões.....	117
Quadro 11	- Determinação do escore de perigo	125
Quadro 12	- Determinação do escore de exposição	126
Quadro 13	- Matriz de risco	126
Quadro 14	- Ações gerais em função do grupo de risco	127
Quadro 15	- Sugestões de implementação responsabilidades	134
Quadro 16	- Marcos legais (Normas Regulamentadoras - NR) relacionados	143
Quadro 17	- Lista das Normas Regulamentadoras citadas no quadro 16.....	145
Quadro 18	- S-SST/LabNano <i>versus survey</i>	146
Quadro 19	- Determinação do escore de perigo (por operação ou processo)	152
Quadro 20	- Determinação do escore de exposição (por operação ou processo).....	152
Quadro 21	- Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório	153

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Número de universidades e citações por Estado e Região.....	32
Tabela 2	- Percentuais das citações sobre o total de citações do Estado, da Região e do País	33
Tabela 3	- Ordem dos estados por citação e por média de citação por universidade....	34
Tabela 4	- As 10 universidades brasileiras com maior número de citações.....	35
Tabela 5	- Caracterização dos documentos sobre nanotecnologias citados no texto (Referências) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada	74
Tabela 6	- Caracterização dos documentos sobre nanotecnologia consultados (Apêndice B) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada	77
Tabela 7	- Escore indicativo das referências às ações em cada proposta.....	93
Tabela 8	- Escores por ação	94
Tabela 9	- Resultados da questão 1 (Percepção da nanotecnologia).....	102
Tabela 10	- Resultados da questão 2 e questões relacionadas (3, 4 e 5)	103
Tabela 11	- Resultados das questões 6 e 7	103
Tabela 12	- Resultados da questão 8 e questão relacionada 9.....	104
Tabela 13	- Resultados da questão 10 e questões relacionadas (11, 12 e 13).....	105
Tabela 14	- Resultados das questões 14 e 15	106
Tabela 15	- Distribuição dos respondentes por Unidade da Federação	106
Tabela 16	- Resultados da questão 17	106
Tabela 17	- Resultados da questão 18	106
Tabela 18	- Resultados das questões 19 e 20	107
Tabela 19	- Resultados das questões 21 e 22	107
Tabela 20	- Resultados das questões 23 e 24	108
Tabela 21	- Resultados da questão 25	108
Tabela 22	- Resultados das questões 26 e 27	109
Tabela 23	- Resultados da questão 28	109
Tabela 24	- Resultados das questões 29 e 30	110
Tabela 25	- Resultados das questões 31 e 32	110
Tabela 26	- Resultados da questão 33	111
Tabela 27	- Resultados da questão 34	111
Tabela 28	- Resultados da questão 35	111
Tabela 29	- Resultados da questão 36	112
Tabela 30	- Resultados da questão 37	112
Tabela 31	- Resultados das questões 38 e 39	112
Tabela 32	- Resultados da questão 40	113
Tabela 33	- Resultados das questões 41 e 42	113
Tabela 34	- Resultados da questão 43	113
Tabela 35	- Resultados da questão 44	114
Tabela 36	- Resultados da questão 45	114
Tabela 37	- Resultados da questão 46	115
Tabela 38	- Resultados da questão 47	115
Tabela 39	- Total das citações e dos escores obtidos por cada palavra citada na questão 1	116
Tabela 40	- Escores aplicados às citações de cada grupo	117

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Soma dos escores por área para os documentos citados no texto.....	76
Gráfico 2	- Soma dos escores por área para os documentos consultados (apêndice B).	79

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFNOR.....	French Standards Agency
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
ANSI.....	American National Standards Institute
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BSI.....	British Standards Institute
CB.....	Control Banding
CIN	Comissão Interministerial de Nanotecnologias
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DOE.....	Department of Energy (United States of America)
EPC.....	Equipamentos de Proteção Coletiva
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
ERNA	Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales
ESENER.....	European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks
EU.....	European Union
EUA	Estados Unidos da América
EU-OSHA.....	European Agency for Safety and Health at Work
FDA	United States Food and Drug Administration
FIOCRUZ.....	Fundação Oswaldo Cruz
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos)
HO	Higiene Ocupacional
HEPA.....	High Efficiency Particulate Air
HSE.....	Health and Safety Executive (UK)
IBN	Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
ICTA.....	International Center for Technology Assessment
ILO	International Labour Organization
IRSST	Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail

ISO..... International Organization for Standardization

JSA Japanese Standards Association

MCTI..... Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MEC Ministério da Educação e Cultura

MIDC..... Ministério da Indústria, Desenvolvimento e Comércio Exterior

MIT..... Massachusetts Institute of Technology

MTBE..... Methyl Tert-Butyl Ether

MTE..... Ministério do Trabalho e Emprego

NIOSH..... United States National Institute for Occupational Safety and Health

nm..... nanômetro

NM..... Nanomateriais

NNI..... National Nanotechnology Initiative

NOR..... Nanotechnology Opportunity Report

NP..... Nanopartículas

NR..... Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho (Ministério do Trabalho e Emprego)

OCDE..... Organization for Economic Cooperation and Development

OHSAS..... Occupational Health and Safety Assessment Series

OIT..... Organização Internacional do Trabalho

OMS..... Organização Mundial da Saúde

ONG..... Organização Não Governamental

ONU..... Organização das Nações Unidas

PPRA..... Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

PNSL..... Participatory Nano Safety Lab (nome em inglês da S-SST/LabNano)

POP..... Procedimento Operacional Padrão

POSITIVE..... Participation-Oriented Safety Improvements by Trade Union Initiative

REACH..... Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

SCENIHR..... Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks

SDS..... Safety Data Sheet

SECO..... State Secretariat for Economic Affairs (US)

SESMT..... Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho

SOBANE..... Screening, Observation, Analyse and Expertise

S-SST/LabNano..... Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia
SSO..... Segurança e Saúde Ocupacional
SST Segurança e Saúde no Trabalho
UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNISINOS Universidade do Vale do Rio dos Sinos
WHO..... World Health Organization
WISE Work Improvement in Small Enterprises
WIND Work Improvement in Neighbourhood Development

1. INTRODUÇÃO

Sob o olhar da técnica e de maneira bastante resumida, as nanotecnologias podem ser compreendidas como um conjunto multidisciplinar de técnicas que manipulam a matéria em escala nanométrica, mais precisamente partículas abaixo de 100 nanômetros (nm), cujas características por conta do tamanho diminuto, são essencialmente diferentes daquelas encontradas no material em sua forma macro (SPARROW, 2009 e ISO TC/229).

Do ponto de vista social, as nanotecnologias constituem-se em uma das áreas de conhecimento chave para o século 21 (EU-OSHA, 2009a). Apesar desta importância, os riscos potenciais destas tecnologias para a segurança e saúde no trabalho ainda são relativamente desconhecidos (EU-OSHA, 2009b). Em sua publicação (EU-OSHA, 2009b) a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), incluiu as nanotecnologias como um dos principais riscos emergentes no mundo do trabalho, para os quais serão necessários estudos e investigações quanto a seus efeitos, da mesma forma como a Organização Internacional do Trabalho (OIT/ILO, 2011).

O relatório da EU-OSHA (2009a) aponta como prioritário para futuras ações e atividades ligadas às nanotecnologias, entre outras, (1) a identificação dos nanomateriais e descrição da exposição aos mesmos; (2) a medição da exposição aos nanomateriais e eficácia das medidas de proteção; (3) avaliação dos riscos dos nanomateriais alinhados com o atual arcabouço legal; (4) estudos *in vivo* para avaliação dos efeitos sobre a saúde dos nanomateriais; (5) validação dos métodos *in vitro* e os métodos de propriedades físico-químicas como métodos para determinar os efeitos na saúde e, (6) formação dos trabalhadores e das diretrizes e práticas de manuseio para as atividades envolvendo nanomateriais. Neste cenário, é possível projetar a importância das pesquisas relacionadas à execução das atividades antes mencionadas, sendo este o contexto no qual este trabalho se insere.

Voltando-se o olhar para o Brasil, identifica-se que o relatório da ABDI (2009) coloca que 'é essencial que o País possa contar com a atuação de profissionais capacitados para: (i) desenvolver instrumentos e métodos de ensaio para uso em nanoescala, capazes de detectar e identificar nanopartículas e de caracterizar nanomateriais e nanodispositivos; (ii) desenvolver protocolos para a bio e a ecotoxicidade; (iii) desenvolver protocolos para avaliação do ciclo de vida de materiais em nanoescala, dispositivos e produtos; (iv) desenvolver ferramentas de avaliação de risco relevantes para o campo da nanotecnologia; e (v) desenvolver protocolos para controle e distribuição de nanopartículas e entidades em nanoescala.' Este trabalho relaciona-se diretamente com o item (iv) antes mencionado.

Provavelmente, a nanotecnologia mais do que qualquer outra tecnologia emergente, tem sido caracterizada pela discussão de seus riscos ainda em seu início, ou seja, antes que possíveis consequências adversas sejam detectadas. Este fato se constitui em uma oportunidade até aqui única para que se tente não repetir os erros em relação aos impactos de novas tecnologias sobre a segurança, saúde e meio ambiente (HANSEN, 2009; BOWMAN, 2006; ARCH, 2009).

A discussão sobre os riscos e impactos das nanotecnologias sobre a segurança e saúde no trabalho está presente na literatura especializada, como se pode identificar pelas referências citadas. A revista *Nature* em seu volume 493 de janeiro de 2013, apresenta em seu editorial, resultados de uma pesquisa conduzida por Noorden (2013) que indica haver falta de segurança em laboratórios com atividades de nanotecnologia. Conclusões semelhantes também foram apresentadas por Balas et al. (2010), que apontam, entre outras, que 25% dos pesquisadores não adotam proteções coletivas nos laboratórios. Logo, isto indica que tratamento importante deva ser dado ao tema desta tese, assim como acrescenta ineditismo a construção da ciência.

O trabalho aqui proposto visa contribuir para a compreensão de alguns riscos provenientes das atividades com nanomateriais em laboratórios de pesquisa, bem como apresentar uma sistemática para a mitigação e controle dos mesmos, apoiando-se e tendo como diferencial a participação de todos os envolvidos na sua execução e eventual adequação. Além disso, inclui a adoção do princípio da precaução e do uso de abordagens não quantitativas para avaliação do ambiente de trabalho.

O produto desta tese considerando suas características, é a Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano) e é apresentada na seção 6 deste trabalho.

1.1 Questões de pesquisa e objetivos

As questões de pesquisa que serviram de ponto de partida e embasam o desenvolvimento desta tese são:

(1) Quais são os possíveis impactos das nanotecnologias e da manipulação dos nanomateriais para a segurança e saúde no trabalho?

(2) Quais as características que deveriam ser consideradas ao se fazer a gestão de riscos advindos dos nanomateriais?

(3) Existe uma abordagem para a gestão de riscos que contemple as principais características apontadas como importantes para esta gestão?

1.1.1 Objetivo principal

Considerando as questões de pesquisa, o objetivo principal desta tese é propor uma sistemática participativa para estruturar ações de gestão de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia.

1.1.2 Objetivos secundários

Além da sistemática para definir ações em prol da segurança e saúde no trabalho nos laboratórios com atividades de nanotecnologia, objetivo principal desta tese, pode-se elencar como objetivos secundários:

- A elaboração de um retrato abrangente da segurança e saúde no trabalho de laboratórios de pesquisa no Brasil que trabalham com nanotecnologia.
- O fomento à discussão com o desenvolvimento de um arcabouço teórico-prático sobre os possíveis impactos das nanotecnologias sobre a SST em laboratórios, baseado em fatos e dados.

1.2 Justificativa e ineditismo

Justifica-se o desenvolvimento de uma sistemática de ações de segurança e saúde do trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia tomando-se como premissa algumas colocações da literatura especializada, a seguir elencadas.

A Agência Europeia de Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA – *European Agency for Safety and Health at Work*, 2009b) assim como a OIT (2011) incluiu as nanotecnologias como um dos principais riscos emergentes no ambiente de trabalho.

A EU-OSHA em duas publicações (EU-OSHA, 2009a e 2009b) sustenta que, embora se esperem grandes impactos das nanotecnologias sobre todo o tecido social, até o momento não há preocupação maior com relação às possíveis consequências adversas destes sobre a segurança e saúde dos trabalhadores.

No mesmo ano de 2009, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)

indica entre outros fatores importantes, a necessidade de se desenvolver ferramentas de avaliação de risco relevantes, para o campo das nanotecnologias (ABDI, 2009).

As nanotecnologias são vistas como uma oportunidade para que os riscos advindos de sua adoção sejam discutidos, avaliados, controlados ou eliminados ainda na fase emergente destas tecnologias (HANSEN, 2009; BOWMAN, 2006; ARCH, 2009). Este enfoque busca evitar a repetição de situações já ocorridas, onde a não avaliação dos riscos oriundos de uma nova tecnologia, gerou perdas sociais (saúde) e econômicas, conforme apontado pela Agência Europeia do Ambiente (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2001).

As constatações de Noorden (2013) e Balas et al. (2010), que indicam haver falta de segurança em laboratórios com atividades de nanotecnologia, apontam para a importância do tema e, por corolário, podem contribuir para justificar a realização deste trabalho.

O ineditismo da sistemática pode ser evidenciado em dois aspectos:

- a maior abrangência em relação às demais propostas presentes na literatura, considerando as principais características que deveriam constar neste tipo de sistemática;
- tais características indicam que a sistemática deve considerar: (1) a adoção do princípio da precaução; (2) a ampla participação dos envolvidos e, (3) o uso de avaliações qualitativas dos ambientes de trabalho.

1.3 Delimitação

Sob o ponto de vista teórico, o principal desafio da SST no que tange às nanotecnologias é o fato dessa ter de lidar com a incerteza em relação aos impactos dos nanomateriais sobre a segurança e a saúde (HALLOCK et al., 2009; DOE, 2008; TEXAS A&M, 2005; LINKOV et al., 2009b; WARDAK et al., 2008). Na prática, este cenário implica em que as abordagens quantitativas sejam de pouco auxílio, pela dificuldade de determinação de o quê e como medir em relação à contaminação ambiental (LINKOV et al., 2009b; EUROPEAN COMMISSION, 2009).

Por força de sua orientação a sistemática desenvolvida restringe-se aos laboratórios com atividades envolvendo nanomateriais. Um possível uso desta sistemática, fora deste escopo, pode não ser apropriado em função das escalas de produção envolvidas. Por outro lado, um conjunto abrangente de técnicas - que incluam princípios de ação e orientações pragmáticas - pode muito bem servir de base para futuras ações e discussões sobre o tema.

Além disso, é importante ressaltar a existência de lacunas de conhecimento a respeito de quais são os impactos dos nanomateriais sobre o organismo humano, bem como sobre o meio ambiente, por exemplo: quais os limites de exposição (LINKOV et al., 2009b); quais as métricas para estas medidas (WANG, 2011; MARK, 2007; VOOGD, 2010); qual a toxicidade dos nanomateriais (HALLOCK et al. 2009). Diante destas incertezas, parece acertado afirmar que o envolvimento em questões de SST não só é desejável, mas imperioso no que tange a mitigar riscos e agravos à saúde. Mesmo com a importância do controle de riscos advindos dos nanomateriais, as orientações oferecidas por uma sistemática neste contexto, não devem ser tomadas como definitivas nem como obrigatórias. Tais considerações residem nas muitas lacunas de conhecimento a respeito dos efeitos sobre o organismo humano dos nanomateriais, que podem ainda não garantir a segurança almejada para o contexto atual.

1.4 Metodologia

Do ponto de vista epistemológico o processo de construção da tese pode ser considerado como indutivo (RICHARDSON, 1999). Neste sentido, parte de observações e dados particulares constatados na literatura e visa chegar a proposições gerais, no caso uma sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia.

Neste contexto, é importante atentar para algumas etapas que estruturam e orientam o processo indutivo desta tese. Um primeiro esforço foi empreendido no sentido da realização de uma abordagem inicial ao tema, que pudesse ajudar a indicar a pertinência da escolha do assunto foco deste trabalho. Neste sentido realizou-se um estudo exploratório constituído por um levantamento das citações do termo ‘nanotecnologia’ em sítios de universidades brasileiras. Os resultados desta primeira abordagem são apresentados na seção 2 deste documento. Verificada a inserção do tema no cenário brasileiro (seção 2), no segundo momento foram coletados trabalhos de outros autores que permitiram identificar como o tema é tratado pela literatura especializada internacional. Os resultados desta revisão da literatura são apresentados na seção 3 da tese e formam a base sobre a qual o restante do processo foi desenvolvido.

Tais resultados permitiram a construção de uma primeira versão da sistemática, sendo a mesma logo após, confrontada com outras que surgiram no cenário internacional publicadas em periódicos especializados e indexados, bem como em órgãos de pesquisa e

regulação acreditados internacionalmente. Os resultados da confrontação citada são apresentados na seção 4.

Considerando os resultados obtidos pela confrontação entre propostas (seção 4) e a primeira versão da sistemática, foi elaborada uma pesquisa *survey online* que procurou identificar as condições de SST em alguns laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologias no Brasil. Os resultados desta etapa do trabalho estão consolidados na seção 5.

Partindo da revisão (seção 3) e agregando os resultados obtidos pela comparação entre propostas (seção 4) e pela *survey* (seção 5) a versão definitiva da sistemática foi desenvolvida, sendo o resultado deste desenvolvimento apresentado na seção 6.

Considerando a versão final da sistemática, esta foi confrontada com a realidade da SST em laboratório de pesquisa com atividades de nanotecnologia, sendo os resultados desta confrontação apresentados na seção 7. O conjunto destes esforços permitiu que fossem atingidos os objetivos inicialmente propostos.

1.5 Questões de pesquisa envolvidas no desenvolvimento da tese em cada seção

Seção 2 – exploração do tema

Questão de pesquisa envolvida: as nanotecnologias estão presentes (e são relevantes) junto às universidades brasileiras (instituições de ensino e pesquisa)?

Por quê? Para dar apoio inicial e justificar (com dados) a escolha do tema e da proposta de tese dele derivada.

Seção 3 – contextualização do tema

Questões de pesquisa envolvidas: (a) o que a literatura apresenta sobre o assunto? (b) onde existem lacunas no que tange as nanotecnologias e a SST?

Por quê? Para embasar o entendimento das nanotecnologias e seus impactos sobre as questões relativas à SST presentes na literatura internacional, composta por artigos técnicos publicados em periódicos especializados e indexados além de relatórios de instituições reconhecidas.

Seção 4 – comparação entre propostas

Questão de pesquisa envolvida: quais as principais características do modelo proposto frente a alguns modelos de outros autores?

Por quê? Tendo em conta a publicação de diversas outras propostas no mesmo sentido, foi realizada uma análise comparativa entre estas diversas propostas buscando-se evidenciar suas

características frente as demais. Além disso, esta análise subsidiou a elaboração da proposta de *survey*, base do próximo passo do processo.

Seção 5 – investigação sobre SST e as nanotecnologias

Questão de pesquisa envolvida: qual é a situação da SST frente às atividades envolvendo nanomateriais em laboratórios de pesquisa no Brasil?

Por quê? É importante investigar a SST em laboratórios pois estas informações podem apoiar e fortalecer a sistemática desenvolvida nesta tese.

Seção 6 – construção da sistemática

Questão de pesquisa envolvida: quais os quesitos que devem ser notados na gestão de SST em laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia?

Por quê? Considerando as características únicas e as lacunas de conhecimento sobre os riscos das nanotecnologias (pontos evidenciados na contextualização empreendida anteriormente) as nanotecnologias deverão ser tratadas de forma específica, sendo esta a base desta tese.

Seção 7 – confrontação com a prática em laboratório

Questões de pesquisa envolvidas: (a) a sistemática desenvolvida permite sua aplicação prática? (b) quais as dificuldades e facilitadores apresentados por esta sistemática? (c) a realidade encontrada é compatível com a sistemática desenvolvida?

Por quê? É importante verificar a aplicabilidade da sistemática formulada e, no mesmo sentido, buscar identificar as divergências entre o ‘prescrito’ (esta tese) e o ‘realizado’ (a SST no laboratório).

1.6 Mapa esquemático do desenvolvimento da tese

De acordo com o mapa esquemático da figura 1, a tese foi desenvolvida na interface entre duas grandes áreas do conhecimento: (1) as nanotecnologias (identificadas pelo triângulo em azul) e, (2) a segurança e saúde no trabalho (denotada pelo triângulo em verde). Especificamente o trabalho foca os impactos das nanotecnologias sobre a SST, através de uma sistemática de ações de SST para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia.

As seções que compõem o desenvolvimento da tese são apresentados na figura 1 através de formas delimitadas por linhas pontilhadas, sendo que a posição da forma e o próprio formato indicam a conexão do foco da seção em relação às duas grandes áreas citadas.

Desta forma, a seção 2 está unicamente voltada ao campo das nanotecnologias; a seção 3 ‘absorve’ as informações tanto das nanotecnologias quanto da SST, pela

contextualização destas áreas (revisão bibliográfica). As seções 4 e 5 versam exatamente sobre a interface entre as áreas de conhecimento e permitiram o desenvolvimento do foco deste trabalho representado pela seção 6. Por fim, tanto a seção 6 como a seção 7 em seus conteúdos, ‘devolvem’ para as áreas mencionadas novas informações e enfoques, contribuindo positivamente com cada uma destas áreas.

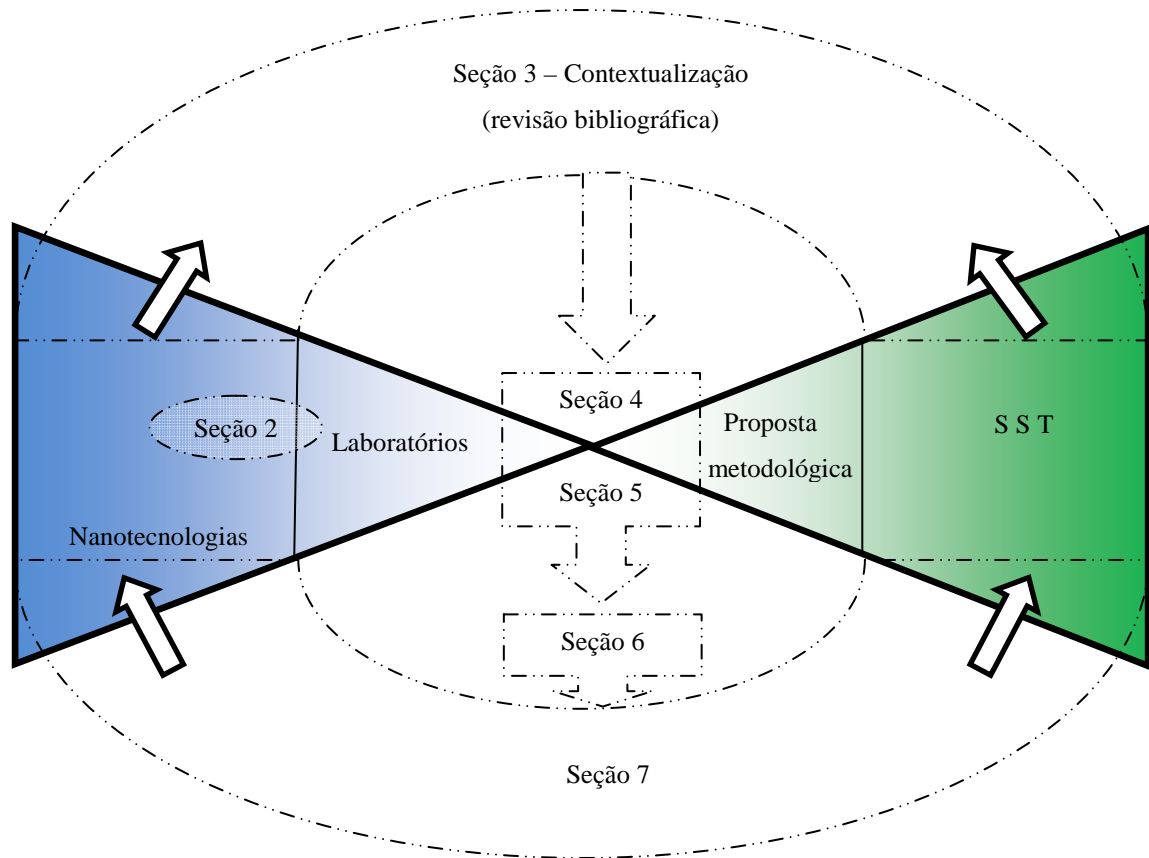


Figura 1 – Mapa esquemático do desenvolvimento da tese

1.7 Estrutura do trabalho

O presente trabalho possui a estrutura apresentada a seguir:

Introdução: contém a apresentação do assunto, os objetivos da tese, sua justificativa e delimitação bem como a metodologia empregada para o seu desenvolvimento. Corresponde a seção 1 deste documento.

Desenvolvimento: a tese foi desenvolvida em 6 etapas apresentadas neste documento em seções como segue:

A **exploração** do tema – apresentada na seção 2

A **contextualização** do tema – apresentada na seção 3

A **comparação** entre propostas – apresentada na seção 4

A **investigação** sobre SST e as nanotecnologias – apresentada na seção 5

A **construção** da sistemática – apresentada na seção 6

A **confrontação** com a prática em laboratório – apresentada na seção 7

Conclusões: apresenta as conclusões correspondentes às questões de pesquisa e aos objetivos indicados na introdução e outros resultados que foram obtidos no desenvolvimento do trabalho. Corresponde a seção 8 deste documento.

1.8 Descrição dos apêndices

Após a seção de referências com a lista dos documentos citados no trabalho, é apresentada uma série de apêndices a seguir descritos.

A etapa de exploração do tema que compõe a seção 2 gerou o artigo intitulado ‘Citações do termo ‘nanotecnologia’ em sítios de universidades brasileiras’, exposto sob a forma de poster no 7º Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente realizado no Rio de Janeiro (RJ) em novembro de 2010 (apêndice A).

O apêndice B apresenta uma lista de outros documentos consultados na elaboração do trabalho, especificamente na contextualização do tema (seção 3) da mesma forma que o apêndice C com uma lista de sítios na Internet versando sobre SST e as nanotecnologias.

A contextualização do tema (seção 3) permitiu o desenvolvimento do artigo *A review on the current status of nanotechnology and occupational safety and health (OSH)* submetido para publicação em *Recent Paterns on Nanotechnology* em julho de 2012 (apêndice D).

A etapa de comparação entre as propostas (seção 4) originou o artigo *Proposals for risk management in nanotechnology activities* apresentado no *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2013* (apêndice E).

A etapa de investigação sobre a SST em laboratórios com atividades de nanotecnologia foi desenvolvida a partir de uma pesquisa *survey*, cujos resultados são apresentados na seção 5. Dados complementares desta pesquisa, como o questionário completo, o fluxograma do questionário e outros são apresentados no apêndice F.

A construção de primeira versão da sistemática provocou o desenvolvimento do artigo *Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities* apresentado no *18th World Congress of*

Ergonomics em Recife (PE) em Fevereiro de 2012, apresentado no apêndice G. A sistemática definitiva é apresentada na seção 6.

A avaliação da sistemática desenvolvida frente as práticas de SST encontradas no laboratório com atividade envolvendo nanomateriais gerou a seção 7 deste volume, enquanto os dados complementares desta fase do trabalho são apresentados no apêndice H.

Os apêndices I, J e K representam a produção do autor e, apresentam respectivamente: a relação de artigos derivados diretamente do desenvolvimentos desta tese; os artigos relacionados ao tema mas não derivados da tese e, outros artigos desenvolvidos ao longo do doutoramento mas não relacionados ao tema abordado pela tese.

Um glossário de alguns termos usados neste trabalho é apresentado no final deste volume.

2. EXPLORAÇÃO INICIAL DO TEMA: CITAÇÕES DO TERMO ‘NANOTECNOLOGIAS’ NOS SÍTIOS DE UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

2.1 Considerações iniciais sobre a citação do termo ‘nanotecnologias’ nos sítios de universidades brasileiras

As nanotecnologias, neurociências, tecnologias da informação e tecnologias genéticas compõem um conjunto de quatro áreas do conhecimento consideradas chave para o século 21 (EU-OSHA, 2009b). Tanto a OIT (2011) como a EU-OSHA (2009b), como já colocado, chamam a atenção para os riscos emergentes advindos das nanotecnologias. Apesar desta importância, os riscos potenciais destas tecnologias para a segurança e saúde no trabalho ainda são relativamente desconhecidos (EU-OSHA, 2009b).

As nanotecnologias estão cada vez mais presentes em diversos segmentos da sociedade (LI et al., 2008 e Científica, 2008). Entre eles: químico, semicondutores, eletrônicos, defesa e aeronáutico, fármacos e saúde e automotivo.

A mesma fonte (Científica, 2008) estima o mercado global de nanotecnologia em 17 bilhões de dólares, excluídos os mercados de química fina e semicondutores (segmentos que já utilizam nanotecnologia sem fazerem referência expressa a mesma). Se entretanto, os setores acima fossem incluídos, o valor saltaria para 135 bilhões de dólares.

Paralelamente à produção de bens de mercado, as nanotecnologias encontram-se disseminadas no meio acadêmico, como demonstram os dados levantados por este trabalho e de certa forma, apoiados pelas afirmações contidas no relatório da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI,2009), que indica a existência de 469 grupos de pesquisa envolvendo 3.502 pesquisadores envolvidos com nanotecnologias (dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPQ (2010)). Em nível global, o *National Nanotechnology Initiative* (2010) estima um número de aproximadamente 20.000 pesquisadores envolvidos com nanotecnologias. A mesma fonte prevê que em 15 anos, haverá dois milhões de trabalhadores envolvidos com a nanotecnologia na indústria.

O relatório da EU-OSHA (2009a) aponta como prioritário para futuras ações e atividades ligadas às nanotecnologias (entre outras): (1) a identificação dos nanomateriais e descrição da exposição aos mesmos; (2) a medição da exposição aos nanomateriais e eficácia das medidas de proteção; (3) avaliação dos riscos dos nanomateriais alinhados com o atual arcabouço legal; (4) estudos *in vivo* para avaliação dos efeitos dos nanomateriais sobre a saúde; (5) validação dos métodos *in vitro* e métodos de propriedades físico-químicas como

métodos para determinar os efeitos na saúde, e (6) formação dos trabalhadores e das diretrizes e práticas de manuseio de nanomateriais para as atividades que os envolvem. Neste cenário é possível projetar a importância das pesquisas (cientistas e instituições) na execução das atividades antes mencionadas, sendo este o contexto no qual este trabalho se insere.

Kostoff (2007), usando como fonte a *Science Citation Index/Social Science Citation Index* (SCI/SSCI), identificou um enorme crescimento das publicações relacionadas à nanotecnologia. Em 1991 foram indexados na base citada, 11.265 artigos contendo o termo ‘nano*’ sendo que este número subiu para 64.737 em 2005. Estes dados parecem indicar uma tendência de enorme crescimento em dois sentidos: em número de pesquisas, consubstanciadas nos artigos publicados, como em abrangência de novas áreas do conhecimento, que passam a incorporar nanotecnologias em seus campos de estudo.

No que diz respeito aos investimentos, o *Nanotechnology Opportunity Report* (NOR)(Científica, 2008) ainda indica uma tendência no aumento - já com superação em alguns países - dos investimentos privados em nanotecnologia frente aos públicos, em nível global; tendência esta que não se manifesta no cenário acadêmico brasileiro como parece sugerir este trabalho, bem como a manifestação expressada pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2009) que afirma que, no Brasil, os investimentos são quase que unicamente públicos.

Ainda que possam persistir divergências quanto à caracterização das nanotecnologias, há um esforço de padronização empreendido pela *International Standardization Organization* (ISO). Segundo a ISO TC/229 (2010), nanotecnologia (em uma tradução livre) é definida como sendo uma ou ambas as situações a seguir: (a) entendimento e controle da matéria e processo em nanoescala, tipicamente mas não de forma excludente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões onde fenômenos dependentes do tamanho permitem novas aplicações; (b) utilização das propriedades dos materiais em nanoescala que sejam diferentes das propriedades dos átomos individuais, moléculas ou matéria em tamanho macro, para criar materiais melhorados, dispositivos e sistemas que explorem estas novas propriedades.

Diante deste panorama, esta seção tem por objetivo contribuir para o entendimento do alcance e distribuição das nanotecnologias entre as universidades brasileiras cadastradas pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC, 2010), baseado em uma análise através de estatística descritiva básica dos dados levantados. Para tanto, vale-se de um levantamento da quantidade de citações do termo ‘nanotecnologia’ nos sítios de universidades brasileiras na

Internet.

Embora a relevância e abrangência do tema, evidenciadas pelos cenários expostos, pouquíssimas são as citações referentes à preocupação com possíveis impactos destas nanotecnologias para a saúde daqueles que com elas trabalham.

Neste sentido, esta iniciativa vai ao encontro do que é preconizado pelo relatório da ABDI (2009) que coloca ser ‘essencial que o País possa contar com a atuação de profissionais capacitados para: (i) desenvolver instrumentos e métodos de ensaio para uso em nanoescala, capazes de detectar e identificar nanopartículas e de caracterizar nanomateriais e nanodispositivos; (ii) desenvolver protocolos para a bio e a ecotoxicidade; (iii) desenvolver protocolos para avaliação do ciclo de vida de materiais em nanoescala, dispositivos e produtos; (iv) desenvolver ferramentas de avaliação de risco relevantes para o campo da nanotecnologia; e (v) desenvolver protocolos para controle e distribuição de nanopartículas e entidades em nanoescala.’

2.2 Procedimentos metodológicos

O levantamento foi iniciado através da lista das universidades brasileiras obtidas através do sítio do MEC (MEC, 2010), órgão responsável no País pelo controle da permissão de funcionamento deste tipo de instituição. A lista apresenta-se dividida em universidades federais, mantidas pelo Governo Federal, e universidades estaduais e/ou privadas. Para cada instituição são oferecidas, além da denominação e sigla, a localização em termos de Estado da Federação bem como o endereço eletrônico (domínio) da mesma na Internet.

Utilizando-se o site de pesquisa Google (2010) o termo nanotecnologia foi pesquisado em cada um dos endereços das 56 universidades federais e das 141 instituições estaduais e/ou privadas perfazendo 197 universidades no Brasil. Para limitar os resultados da pesquisa oferecidos pelo sítio de busca, foi utilizada a seguinte sintaxe: ‘nanotecnologia site:<domínio>’ onde a expressão ‘domínio’ deve ser substituída pelo endereço para o qual se deseja limitar os resultados da pesquisa.

Devido ao fato de que, pela metodologia acima descrita, foram necessárias 197 pesquisas, as mesmas tomaram aproximadamente 50 dias, distribuídos entre os meses de março e maio de 2010.

Os resultados obtidos para o número de citações do termo ‘nanotecnologia’ em cada um dos sítios das universidades brasileiras foram agrupados por Estado da Federação e estes

por Região, conforme as tabelas apresentadas no item Resultados e discussão. Sobre estes resultados aplicou-se estatística descritiva básica.

2.3 Resultados e discussão

A distribuição geográfica dos resultados obtidos, acompanhou de forma geral o desenvolvimento da região, de maneira que Estados mais desenvolvidos apresentaram maior número de citações.

Identificou-se uma prevalência das instituições federais sobre as estaduais e/ou privadas, uma vez que apenas 2 instituições federais não apresentaram citação do termo pesquisado dentre as 56 universidades federais pesquisadas, o que corresponde a um percentual de 3,57% contra 33 (de 141 no total) de organizações estaduais e/ou privadas que não mencionaram nanotecnologia em seu domínio, o que representa 23,4% do total. A tabela 1 apresenta a distribuição das universidades e das citações do termo de pesquisa por Estado e Região.

Nota-se a maior liderança da região Sudeste que é responsável por dois terços do número de citações.

Tabela 1: número de universidades e citações por Estado e Região

Região	Estado	Universidades Federais			Universidades Estaduais e Privadas			Totais e média		
		Quantidade de universidades	Número de citações	Média de citações	Quantidade de universidades	Número de citações	Média de citações	Quantidade de universidades	Número de citações	Média de citações
Centro Oeste	GO	1	109	109	3	151	50	4	260	65
	MT	1	28	28	2	29	15	3	57	19
	MS	2	85	43	3	69	23	5	154	31
Totais região Centro Oeste		4	222	56	8	249	31	12	471	39
DF	DF	2	259	130	1	36	36	3	295	98
Totais DF		2	259	130	1	36	36	3	295	98
Nordeste	AL	1	15	15	2	0	0	3	15	5
	BA	3	14	5	4	46	12	7	60	9
	CE	1	100	100	4	202	51	5	302	60
	MA	1	32	32	2	6	3	3	38	13
	PB	2	262	131	2	13	7	4	275	69
	PE	2	208	104	2	99	50	4	307	77
	PI	1	116	116	1	20	20	2	136	68
	RN	2	99	50	2	3	2	4	102	26
SE	1	174	174	1	9	9	2	183	92	
Totais região Nordeste		14	1.020	73	20	398	20	34	1.418	42
Norte	AC	1	8	8	0	0	****	1	8	8
	AM	1	33	33	1	40	40	2	73	37
	AP	1	2	2	1	1	1	2	3	2
	PA	2	207	104	2	14	7	4	221	55
	RO	1	9	9	0	0	****	1	9	9
	RR	1	18	18	1	5	5	2	23	12
TO	1	17	17	2	2	1	3	19	6	
Total Norte		8	294	37	7	62	9	15	356	24
Sudeste	ES	1	52	52	0	0	****	1	52	52
	MG	11	866	79	9	68	8	20	934	47
	RJ	4	1.755	439	15	500	33	19	2.255	119
	SP	3	492	164	43	8.609	200	46	9.101	198
Totais região Sudeste		19	3.165	167	67	9.177	137	86	12.342	144
Sul	PR	2	300	150	11	300	27	13	600	46
	RS	6	1.212	202	16	874	55	22	2.086	95
	SC	1	479	479	11	405	37	12	884	74
Totais região Sul		9	1.991	221	38	1.579	42	47	3.570	76
Totais do país		56	6.951	124	141	11.501	82	197	18.452	94

A tabela 2 apresenta os percentuais das citações em relação ao total de citações do estado, total da região e total do País, bem como a ordem dos estados tomando-se como 1 o estado com o maior número absoluto de citações do termo pesquisado e 27 a unidade da Federação com menor número de citações.

Tabela 2: Percentuais das citações sobre o total de citações do Estado, da Região e do País

Região	Estado	Universidades Federais				Universidades Estaduais e Privadas				Total geral de citações	% sobre o total da Região	% sobre o total do País	Ordem
		Número de citações	% sobre o total do Estado	% sobre o total da Região	% sobre o total do País	Número citações	% sobre o total do Estado	% sobre o total da Região	% sobre o total do País				
Centro Oeste	GO	109	41,9	23,1	0,6	151	58,1	32,1	0,8	260	55,2	1,4	11
	MT	28	49,1	5,9	0,2	29	50,9	6,2	0,2	57	12,1	0,3	19
	MS	85	55,2	18,0	0,5	69	44,8	14,6	0,4	154	32,7	0,8	14
Totais região Centro Oeste		222	***	47,1	1,2	249	***	52,9	1,3	471	***	2,6	***
DF	DF	259	87,8	87,8	1,4	36	12,2	12,2	0,2	295	100,0	1,6	9
Totais DF		259	87,8	87,8	1,4	36	***	12,2	0,2	295	***	1,6	***
Nordeste	AL	15	100,0	1,1	0,1	0	0,0	0,0	0,0	15	1,1	0,1	24
	BA	14	23,3	1,0	0,1	46	76,7	3,2	0,2	60	4,2	0,3	18
	CE	100	33,1	7,1	0,5	202	66,9	14,2	1,1	302	21,3	1,6	8
	MA	32	84,2	2,3	0,2	6	15,8	0,4	0,0	38	2,7	0,2	21
	PB	262	95,3	18,5	1,4	13	4,7	0,9	0,1	275	19,4	1,5	10
	PE	208	67,8	14,7	1,1	99	32,2	7,0	0,5	307	21,7	1,7	7
	PI	116	85,3	8,2	0,6	20	14,7	1,4	0,1	136	9,6	0,7	15
	RN	99	97,1	7,0	0,5	3	2,9	0,2	0,0	102	7,2	0,6	16
SE	174	95,1	12,3	0,9	9	4,9	0,6	0,0	183	12,9	1,0	13	
Totais região Nordeste		1.020	***	71,9	5,5	398	***	28,1	2,2	1.418	***	7,7	***
Norte	AC	8	100,0	2,2	0,0	0	0,0	0,0	0,0	8	2,2	0,0	26
	AM	33	45,2	9,3	0,2	40	54,8	11,2	0,2	73	20,5	0,4	17
	AP	2	66,7	0,6	0,0	1	33,3	0,3	0,0	3	0,8	0,0	27
	PA	207	93,7	58,1	1,1	14	6,3	3,9	0,1	221	62,1	1,2	12
	RO	9	100,0	2,5	0,0	0	0,0	0,0	0,0	9	2,5	0,0	25
	RR	18	78,3	5,1	0,1	5	21,7	1,4	0,0	23	6,5	0,1	22
	TO	17	89,5	4,8	0,1	2	10,5	0,6	0,0	19	5,3	0,1	23
Totais região Norte		294	***	82,6	1,6	62	***	17,4	0,3	356	***	1,9	***
Sudeste	ES	52	100,0	0,4	0,3	0	0,0	0,0	0,0	52	0,4	0,3	20
	MG	866	92,7	7,0	4,7	68	7,3	0,6	0,4	934	7,6	5,1	4
	RJ	1.755	77,8	14,2	9,5	500	22,2	4,1	2,7	2.255	18,3	12,2	2
	SP	492	5,4	4,0	2,7	8.609	94,6	69,8	46,7	9.101	73,7	49,3	1
Totais região Sudeste		3.165	***	25,6	17,2	9.177	***	74,4	49,7	12.342	***	66,9	***
Sul	PR	300	50,0	8,4	1,6	300	50,0	8,4	1,6	600	16,8	3,3	6
	RS	1.212	58,1	33,9	6,6	874	41,9	24,5	4,7	2.086	58,4	11,3	3
	SC	479	54,2	13,4	2,6	405	45,8	11,3	2,2	884	24,8	4,8	5
Totais região Sul		1.991	***	55,8	10,8	1.579	***	44,2	8,6	3.570	***	19,3	***
Totais do país		6.951	***	***	37,7	11.501	***	***	62,3	18.452	***	***	***

As universidades do Estado de São Paulo aparecem em primeiro lugar respondendo por quase 50% do total de citações do País, enquanto que as instituições do Rio de Janeiro, em segundo lugar, representam 12,2%. O Rio Grande do Sul aparece em terceiro, representando 11,3% do total do País. O quarto lugar, Minas Gerais, soma apenas 5,1%.

A tabela 3 apresenta os estados ordenados tanto pelo número absoluto de citações como pela média de citações por universidade naquele estado. Embora as duas primeiras posições da tabela (SP e RJ) assim como última (AP) não se alterem em função do critério escolhido para ordenação, outros estados têm sua posição alterada. Minas Gerais com 10 posições de diferença e Paraná com 9 encabeçam a lista de maiores deslocamentos. Seguem-se Sergipe, com 8 posições, e Espírito Santo com 7.

Tabela 3: Ordem dos estados por citação e por média de citação por universidade

UF	Ordem por número de citações	Número de citações	% Acumulado	Ordem por média de citações por universidade	Diferença de posições
SP	1	9.101	49,32	1	0
RJ	2	2.255	61,54	2	0
RS	3	2.086	72,85	4	1
MG	4	934	77,91	14	10
SC	5	884	82,70	7	2
PR	6	600	85,95	15	9
PE	7	307	87,62	6	1
CE	8	302	89,25	11	3
DF	9	295	90,85	3	6
PB	10	275	92,34	8	2
GO	11	260	93,75	10	1
PA	12	221	94,95	12	0
SE	13	183	95,94	5	8
MS	14	154	96,78	17	3
PI	15	136	97,51	9	6
RN	16	102	98,07	18	2
AM	17	73	98,46	16	1
BA	18	60	98,79	23	5
MT	19	57	99,09	19	0
ES	20	52	99,38	13	7
MA	21	38	99,58	20	1
RR	22	23	99,71	21	1
TO	23	19	99,81	25	2
AL	24	15	99,89	26	2
RO	25	9	99,94	22	3
AC	26	8	99,98	24	2
AP	27	3	100,00	27	0
Total	***	18.452	***	***	***

A tabela 4 apresenta as 10 instituições que mais apresentam citações para o termo pesquisado.

Tabela 4: As 10 universidades brasileiras com maior número de citações

Ordem	Universidade	Sigla	UF	Número de citações	% de citações acumulado	Região	Tipo de universidade
1	Universidade de São Paulo	USP	SP	3920	21,24	Sudeste	Est./ Priv.
2	Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP	SP	3180	38,48	Sudeste	Est./ Priv.
3	Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ	RJ	1620	47,26	Sudeste	Federal
4	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS	RS	949	52,40	Sul	Federal
5	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	UNESP	SP	671	56,04	Sudeste	Est./ Priv.
6	Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC	SC	479	58,63	Sul	Federal
7	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	UNISINOS	RS	463	61,14	Sul	Est./ Priv.
8	Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG	MG	417	63,40	Sudeste	Federal
9	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	PUC-RJ	RJ	295	65,00	Sudeste	Est./ Priv.
10	Universidade do Estado de Santa Catarina	UDESC	SC	289	66,57	Sul	Est./ Priv.
Total de citações das 10 universidades com mais citações				12283	66,57		
***	Demais universidades	***	***	6169	33,43		
Total geral de citações				18452	100,00		

Observa-se que as quatro primeiras instituições do País, em termos de número de citações, concentram mais de 52% do total; sendo que apenas a primeira instituição em número de citações, a USP, responde por aproximadamente 21,2% do número de citações.

Segundo a EU-OSHA (2009b), os nanomateriais já estão presentes em muitos locais de trabalho. Um laboratório de pesquisa, ainda que não seja um ambiente de produção mais comumente associado à expressão 'local de trabalho', poderia e deveria ser tomado como local de exposição ao risco proveniente das atividades e materiais que ali são manipulados e estudados.

Em relação aos nanomateriais, quer já estejam inseridos em um processo produtivo ou apenas em pesquisa em laboratório, poucos ou inexistentes são os dados sobre os seus riscos específicos (EU-OSHA, 2009a), embora este trabalho pareça indicar que sejam amplamente manipulados nestes ambientes.

A análise dos dados colhidos em campo revelou um alcance amplo das citações do termo nanotecnologia em sítios de universidades brasileiras, o que aponta para uma presença importante deste ramo de estudos neste tipo de instituição. No que tange às universidades federais, quase a totalidade delas mencionam o termo, o que reforça a tese de que a grande parte dos recursos de pesquisa no País ainda provém de fontes governamentais como aponta a ABDI (2010).

Na Europa até 2009, foram contabilizados 92 projetos de pesquisa envolvendo os riscos advindos dos nanomateriais (EU-OSHA, 2009a). No Brasil, apesar da difusão do termo nanotecnologia no meio acadêmico, praticamente não há registro de ações neste sentido nas

fontes disponibilizadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (2011), exceto aquelas desenvolvidas pela FUNDACENTRO (2010).

Em relação à distribuição, os dados sinalizam um alinhamento com as condições de desenvolvimento da região em uma razão direta: quanto mais desenvolvido (ou rico) o estado ou região, maior é o número de citações do termo pesquisado entre as suas instituições, tanto em termos absolutos quanto em termos de média de citações por instituição.

Esta mesma relação direta entre desenvolvimento econômico e produção ou citação de nanotecnologia pode ser encontrada em termos de países. Xi (2008) - em seu estudo longitudinal da literatura sobre nanotecnologia - aponta os Estados Unidos, Alemanha, Japão e China como principais centros de difusão desta área de conhecimento.

Pode-se considerar que os dados levantados são voláteis o que empresta ao trabalho um caráter temporal bastante significativo. Ainda que se possa identificar tendências, como a relatada anteriormente sobre a relação com o desenvolvimento da região, as mesmas não se constituem em foco do trabalho e precisam ser tomadas com reservas. Cautela também é necessária na análise dos dados justamente em função de sua volatilidade. Já que os sítios na Internet são bastante dinâmicos, o número de citações encontradas em cada pesquisa pode ter grande variação dependendo do momento que a coleta de dados é realizada.

Não obstante as limitações do estudo, verificou-se claramente a importância do tema no meio acadêmico e mais, pode-se projetar um crescimento impelido pelo efeito de liderança, exercido pelas principais universidades do País que são aquelas que apresentam os maiores volumes de citações. Indicação desta importância pode ser obtida através do relatório do Departamento de Energia Norteamericano (*US Department of Energy*, 2008) o qual se dedica a orientar sobre as melhores práticas de manuseio de nanomateriais em laboratórios de pesquisa.

2.4 Considerações finais

O cenário das nanotecnologias em universidades brasileiras visto através do número de citações deste termo nos domínios na Internet destas mesmas instituições, é amplo e quase onipresente em instituições federais.

Novos levantamentos com o mesmo foco, poderão em futuro próximo permitir a inferência de indicadores de crescimento (positivo ou negativo) do segmento nas universidades, pela comparação dos números de citações em dois momentos distintos

separados por determinada quantidade de tempo.

O levantamento pôde contribuir para uma compreensão mais clara e quantitativa do fenômeno da disseminação das nanotecnologias no Brasil, e apontou igualmente para a relevância do tema, o que justifica as iniciativas e preocupações de vários pesquisadores e instituições com os possíveis impactos das nanotecnologias sobre a saúde dos envolvidos e sobre o meio ambiente.

Os resultados desta seção foram apresentados sob a forma de poster no 7º Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente; realizado no Rio de Janeiro/RJ em Novembro de 2010. O poster em questão compõe o apêndice A.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS TEMAS NANOTECNOLOGIAS E SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO (SST)

3.1 Considerações iniciais sobre a contextualização da relação entre os temas nanotecnologias e segurança e saúde no trabalho (SST)

A nanotecnologia é a mais recente entre uma longa série de tecnologias, que segundo vários autores, deverá convergir e interagir entre si definindo o que se convencionou chamar de *Little BANG* (em contraposição a conhecida teoria da formação do universo o *Big Bang*). Os Bits (tecnologia da informação), os Átomos (na nanotecnologia), os Neurônios (nas neurociências) e os Genes (na biotecnologia) formam este *Little BANG* que promete imensos benefícios sociais e ambientais no que diz respeito ao aumento do desenvolvimento econômico e do emprego, a melhora de materiais com menos recursos, a recuperação ambiental e a novas formas de diagnósticos e tratamentos médicos (HANSEN, 2009).

Entre outras, as nanotecnologias deverão caracterizar o século 21 segundo a EU-OSHA (2009a). Apesar desta importância, os riscos potenciais destas tecnologias para a segurança e saúde no trabalho ainda são relativamente desconhecidos (EU-OSHA, 2009b). Em recente publicação (EU-OSHA, 2009b), a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA), incluiu as nanotecnologias como um dos principais riscos emergentes no mundo do trabalho para os quais serão necessários estudos e investigações quanto a seus efeitos.

Embora se observe o uso do termo nanotecnologia no singular, o mais apropriado seria usá-lo no plural, tendo em vista que não se trata de uma única tecnologia, mas sim de uma série delas, que varia em função do tipo de material que está sendo manipulado, sendo que aquilo que todas têm em comum é a escala de tamanho com a qual se trabalha: a escala nanométrica.

Kostoff et al. (2007a), usando como fonte a *Science Citation Index/Social Science Citation Index* (SCI/SSCI), identificou um importante crescimento das publicações relacionadas à nanotecnologia. Em 1991 foram indexados na base citada, 11.265 artigos contendo o termo ‘nano*’, sendo que este número subiu para 64.737 em 2005. Estes dados parecem indicar uma tendência de crescimento em dois sentidos: em número de pesquisas, consubstanciadas nos artigos publicados, como em abrangência de novas áreas do conhecimento que passam a incorporar nanotecnologias em seus campos de estudo. Kostoff et al. (2007b) ainda aponta o Brasil como ocupando a 20ª posição mundial em termos de artigos

publicados sobre nanotecnologia com 932 documentos em 2005, sendo que os EUA lideram a lista com 14.750 artigos naquele ano. Da mesma forma, o trabalho de Ostrowski et al.(2009) mostra os EUA também liderando a lista com quase quatro vezes mais artigos relacionados a nanotoxicologia do que a China, que aparece no segundo posto. Já na América Latina, a liderança cabe ao Brasil em termos de publicações na área das nanotecnologias (KAY e SHAPIRA, 2009).

Ambos os potenciais benefícios e perigos de alguns nanomateriais manufaturados têm sido alvo de debates nos últimos anos, como se pode constar pelas publicações na área. Linkov, citado por Hansen, utilizando uma larga gama de termos de pesquisa aplicados sobre a base de dados *Science Citation Index*, disponível através da *Web of Science*, identificou que o número de artigos sobre nanotecnologia passou de aproximadamente 3.000 em 1995 para mais de 52.000 em 2008. Neste cenário, o número de trabalhos que menciona risco era de menos de 10 em 2003 passando a aproximadamente 100 em 2008 (HANSEN, 2009).

Provavelmente a nanotecnologia, mais do que qualquer outra tecnologia emergente, tem sido caracterizada pela discussão de seus riscos ainda em seu início. O que se constitui em uma oportunidade, até aqui única, para que se tente não repetir os erros daqueles que nos precederam (HANSEN, 2009; BOWMAN, 2006, ARCH, 2009).

Esta seção pretende, sob a luz da literatura científica disponível, (1) identificar as principais características deste novo ramo do conhecimento com ênfase em seus riscos potenciais, em especial para o mundo do trabalho; (2) identificar quais as ferramentas disponíveis e propostas para mitigar os riscos (as características destas ferramentas serão analisadas na seção 4); (3) caracterizar o atual estágio do conhecimento das nanotecnologias quanto a seus impactos sobre a segurança e saúde do trabalho e (4) oferecer uma bibliografia abrangente e classificada quanto aos impactos das nanotecnologias no mundo do trabalho.

3.2 Procedimentos metodológicos

Através de uma revisão sistemática da literatura (SAMPAIO e MANCINI, 2007) nas bases científicas de artigos técnicos disponíveis na Internet, procedeu-se um levantamento dos documentos disponíveis que abordam as nanotecnologias e seus impactos e influência sobre a segurança e saúde no trabalho, bem como em relação às implicações deste novo ramo da ciência para o mundo do trabalho. Este é o foco desta revisão. As palavras e expressões chave pesquisadas foram: nanotecnologias, nanomateriais, segurança e saúde no trabalho.

Tendo em conta o volume não desprezível de documentos obtidos, iniciou-se uma leitura geral dos mesmos, criando-se para sua sistematização uma pequena ficha de leitura que permitisse identificar o foco principal e demais áreas abordadas por cada um dos artigos. No decorrer do processo algumas áreas de conhecimento começaram a ser identificadas de maneira recorrente de forma que a ficha de leitura inicialmente genérica, passou a incorporar referência às áreas abordadas no documento permitindo uma melhor sistematização e organização dos volumes.

Esta primeira análise ampla permitiu a identificação de nove áreas de conhecimento mais relevantes para a classificação destes documentos. Desta maneira, as áreas a seguir descritas não foram escolhidas aleatoriamente pelos autores, mas emergiram como forma de classificação dos próprios documentos analisados.

As áreas do conhecimento identificadas foram: (1) caracterização técnica e/ou física das nanotecnologias; (2) aspectos econômicos das nanotecnologias; (3) caracterização em relação ao uso e aplicações das nanotecnologias; (4) caracterização de riscos ou frente às questões de SST; (5) caracterização dos possíveis agravos à saúde e formas de contaminação; (6) caracterização em relação às questões éticas; (7) caracterização em relação à percepção do risco; (8) caracterização do marco legal; (9) caracterização em relação ao meio ambiente e a comunidade.

Uma vez realizada a identificação das nove áreas citadas, foi possível o desenvolvimento de uma ficha de leitura a ser aplicada especificamente ao conjunto de documentos coletados que tratam das nanotecnologias, onde se atribuiu um escore para a forma como o documento em questão aborda cada uma das nove áreas de conhecimento. Os escores atribuídos à abordagem de cada área foram definidos em quatro níveis. Para uma abordagem superficial foi atribuído o escore 1. Quando a área do conhecimento faz parte do documento mas não é seu principal foco, atribui-se a mesma o escore 2. Quando a área de conhecimento analisada constitui-se no principal foco do documento, foi atribuído o escore 3. No caso da área de conhecimento não ser abordada no documento em questão, esta recebeu escore 0 representado no quadro de resultados (seção 3.6.1) pelo espaço em branco. Como já colocado, o foco desta contextualização refere-se aos impactos das nanotecnologias (ou riscos advindos destas) para a segurança e saúde no trabalho, ou seja, especialmente aqueles documentos cujo escore 3 foi atribuído para as áreas (4) e (5) e subsidiariamente para a área (7).

Nem todos os documentos coletados e classificados foram diretamente citados neste

trabalho. Na hipótese de duplicidade de abordagem, optou-se por citar diretamente o documento mais recente. Esta opção resultou em dois grandes grupos de documentos: o primeiro grupo referente aos documentos diretamente citados neste trabalho (seção de Referências), escolhidos pelo seu foco no alvo desta revisão com prevalência para os mais recentes. O segundo grupo corresponde aos trabalhos analisados e classificados segundo a metodologia já colocada, mas que não foram citados diretamente neste texto. A lista destes documentos compõe o Apêndice B.

Considerando que a bibliografia foi classificada segundo os escores antes mencionados, os mesmos foram somados permitindo identificar as áreas de maior prevalência em relação às demais, tanto para o grupo de documentos citados neste trabalho (Referências) como para o grupo de trabalhos que foi apenas consultado (Apêndice B). A classificação dos documentos, bem como a sua análise é apresentada na seção resultados (seção 3.6.2).

3.3 Nanotecnologias & SST

Pode-se entender as nanotecnologias como sendo um conjunto multidisciplinar emergente de técnicas e conhecimentos que envolvem a manipulação da matéria em escala nanométrica, ou seja, matéria cujas dimensões são medidas em nanômetros (nm). Especificamente, a nanotecnologia trabalha com partículas menores do que 100 nm (WARHEIT et al., 2008; US/DOE, 2008; TEXAS A&M, 2005). Um nanômetro equivale a 1 bilionésimo do metro (10^{-9} m). A título de comparação é interessante notar que uma célula vermelha de sangue (eritrócito) possui diâmetro médio de 7.000 nm (ou 7 micrômetros) (WARHEIT et al., 2008), enquanto que um fio de cabelo humano tem entre 10.000 e 50.000 nm de espessura (TEXAS A&M, 2005). A grande novidade da nanoescala é que a matéria assume comportamento diferente daquele que possui em escala macro (SPARROW, 2009 e ISO, 2010).

Associados ao termo nanotecnologia vários outros estão presentes na literatura tais como: nanopartículas, nanomateriais, nanorisco, nanoescala, nanotoxicologia, nanomedicina, nanoespecífico, nanosegurança, nanoética, entre outros. Estes termos evidenciam, além da multidisciplinaridade, também a característica básica que une todo o conjunto: tamanho ou escala de manuseio dos materiais.

A transversalidade da nanotecnologia através de diversas áreas do conhecimento permite um grande número de enfoques sobre a mesma. Tendo em vista o foco nos impactos

da nanotecnologia sobre a SST, foram revistas algumas características da nanotecnologia e dos nanomateriais.

3.3.1 Caracterização técnica e/ou física das nanopartículas

Quanto à origem, as nanopartículas podem ser (STERNeMCNEIL, 2008), (1) naturais: aquelas providas de processos naturais como vulcanismo, por exemplo; (2) incidentais ou antropogênicas que são aquelas criadas não intencionalmente, mas como subproduto da atividade humana, como por exemplo os fumos de solda e partículas da exaustão de motores; (3) engenheiradas (*engineered*), que são aquelas produzidas intencionalmente pelo homem. Estas últimas são o objeto principal da nanotecnologia, da mesma forma como são também o foco de estudo para as questões que envolvem SST (US/DOE, 2008) e o controle dos riscos associados à sua manipulação.

As principais nanopartículas engenheiradas são (OSTEGUY et al., 2009a): nanotubos de carbono: são estruturas cilíndricas formadas por átomos de carbono, cujo diâmetro é de 1 a 3 nm e com comprimento de mais de 1.000 nm. É provavelmente a nanopartícula mais produzida e estudada até o momento. Os nanotubos são cem mil vezes mais finos que um fio de cabelo, podem ser 60 vezes mais fortes que o aço enquanto chegam a pesar 6 vezes menos e foram descobertos no início da década de 1990, pelo pesquisador japonês Sumio Iijima; Fullerenos: são esferas de carbono puro de sessenta átomos de carbono (C₆₀), com aproximadamente um nm de diâmetro, arranjas como 20 hexágonos e 12 pentágonos, semelhante a uma bola de futebol; Dendrímeros: são moléculas poliméricas esféricas formadas por processos de auto-organização hierárquica; Pontos Quânticos: são nanopartículas dispostas sobre um semicondutor e que se comportam como um átomo artificial que pode confinar ou não uma carga elétrica; outras nanopartículas: existe uma ampla variedades de nanopartículas orgânicas e inorgânicas. Dentre elas merecem destaque as nanopartículas metálicas (prata e ouro), além de óxidos como o TiO₂ e o ZNO, usados em protetores solares, e o SiO₂, usado na indústria de plásticos e borracha.

A mesma publicação (OSTEGUY et al., 2009a) enumera os principais métodos de síntese das nanopartículas e os divide em 3 categorias básicas: métodos químicos (reação em fase vapor, técnicas de sol-gel, reação por coprecipitação química e hidrólise, etc.); físicos (evaporação/condensação sob pressão parcial de gases inertes ou reativos, pirólise laser, irradiação iônica, termo plasma, etc.) e mecânicos (ativação mecânica, fricção, laminação,

etc.). Para o presente enfoque o método de produção das nanopartículas pode ser importante, na medida em que empreste características específicas em relação aos riscos para a saúde daqueles que operam estes processos.

3.3.2 Aspectos econômicos das nanotecnologias

O impacto econômico global devido às nanotecnologias foi estimado em 1 trilhão de dólares anual, por volta de 2012 (OSTEGUY et al., 2009b). Os mesmos autores estimaram (OSTEGUY et al., 2009a) que, em 2008, o mercado global de produtos contendo nanopartículas tenha sido superior a 150 bilhões de dólares. Outro dado na mesma linha projeta o valor global dos bens manufaturados com incorporação de nanotecnologia em 2,6 trilhões de dólares em 2014 (HANSEN, 2009).

As nanotecnologias estão cada vez mais presentes em diversos segmentos da sociedade (LI et al., 2008). Segundo dados da Científica (2008), o setor químico ocupa 53% do mercado mundial em nanotecnologia, seguido pelos semicondutores (34%), eletrônicos (7%), defesa e aeronáutico (3%), fármacos e saúde (2%) e automotivo (1%). A mesma fonte estima o mercado global de nanotecnologia em 17 bilhões de dólares, excluídos os mercados de química fina e semicondutores (segmentos que já utilizam nanotecnologia sem fazerem referência expressa à mesma). Se entretanto, os setores acima forem incluídos, o valor saltaria para 135 bilhões de dólares. Apesar das dificuldades em se avaliar a real dimensão econômica das nanotecnologias, existe certo consenso sobre sua importância já nos dias atuais, com tendência de grande crescimento no futuro (ABDI, 2009).

A *National Nanotechnology Initiative* (NNI) (2013) indica que a verba governamental norte americana para as pesquisas em nanotecnologias em 2013 será de aproximadamente U\$ 1,8 bilhão, tendo crescido anualmente. A mesma fonte comenta que desde 2001, o valor acumulado dessa verba ultrapassa U\$ 18 bilhões. Desde 2005, o valor acumulado de investimentos em pesquisas relacionadas aos impactos das nanotecnologias sobre a segurança, saúde e meio ambiente se aproxima de U\$ 650 milhões. Neste mesmo período, pesquisas em nanotecnologia relacionadas aos aspectos éticos, legais e de outras dimensões sociais somaram U\$ 350 milhões.

3.3.3 Caracterização em relação ao uso e aplicações das nanotecnologias

As aplicações para as nanopartículas são inúmeras e a cada dia novas aplicações são descobertas. Neste âmbito, as principais áreas de aplicação são: medicina, meio ambiente, energia e produtos de consumo entre outras (LINKOV et al., 2009b).

Na área da medicina estas aplicações são conhecidas como nanomedicina e incluem avanços no diagnóstico e tratamento de doenças como distúrbios cardiovasculares, câncer, diabetes, distúrbios musculoesqueléticos e doenças neurodegenerativas. O desenvolvimento de nanotransportes para drogas (*drug delivery*) permite que estas ajam somente sobre as áreas afetadas, diminuindo os efeitos colaterais, esta característica tem se mostrado especialmente eficaz no tratamento do câncer. (LINKOV et al., 2009b; MURASHOV, 2009).

Em relação ao meio ambiente, a nanotecnologia tem atuado em duas frentes: (1) a prevenção da poluição através da produção verde, da química verde e do design verde. (2) a recuperação ambiental, que é representada por um grupo de diferentes nanomateriais que em função da sua reatividade química, e devido à grande área de superfície em relação ao volume da partícula, têm sido aplicadas em solos e águas para sua descontaminação (LINKOV et al., 2009).

Estudos têm sido desenvolvidos em nanotecnologia, buscando nessa área auxílio para a composição de fontes alternativas de energia (MARCHANT, 2008; BOWMAN, 2007 e 2009). Estes estudos têm como objetivo a produção de hidrogênio a partir da luz solar e da água; células solares mais eficientes e mais baratas que as atuais; luzes de estado sólido mais econômicas e produção de materiais mais fortes e mais leves que permitam a construção de veículos mais econômicos, mesmo que estes continuem a usar combustíveis fósseis.

No que diz respeito aos produtos de consumo, segundo um inventário conduzido em maio de 2008 e citado por Linkov et al.(2009b), existiam 610 produtos ou linhas de produtos manufaturados por 322 companhias, localizadas em 22 países, que usavam nanomateriais. Estes produtos vão desde máquinas de lavar roupa até produtos alimentícios.

Já na alimentação, o uso de nanotecnologias em produtos alimentícios é cada vez mais frequente como se pode observar em publicações sobre o tema (BOUWMEESTER et al., 2009). A mesma publicação alerta para as lacunas de conhecimento sobre os impactos das nanopartículas sobre o organismo humano. Da mesma forma, apresenta as dificuldades não só em relação à caracterização das nanopartículas - quando sabidamente presentes, mas também em relação à dificuldade de obtenção de dados quanto ao uso destas nanopartículas na cadeia

de produção de alimentos.

3.3.4 Caracterização de riscos ou frente às questões de SST

As nanotecnologias apresentam um desafio sem precedentes e uma oportunidade sem igual para o controle de riscos (WARDAK et al., 2008). Neste contexto, pode-se considerar que a avaliação de riscos está baseada no perigo de causar dano (traduzido como toxicidade ou segurança do produto ou situação) e na probabilidade de que isto ocorra (nível de exposição ou frequência de ocorrência) (MAYNARD, 2007). Desta forma pode-se dizer que o risco para a saúde de um produto está associado a sua toxicidade, que depende das características intrínsecas deste material, da magnitude e duração da exposição, da persistência do material no organismo humano e, para um trabalhador específico, da suscetibilidade individual (OSTEGUY et al., 2009b; LINKOV et al., 2008). Além disso, a rota de contaminação (respiratória, cutânea, ingestão) também se constitui em importante fator para a caracterização dos materiais frente às questões de SST (NIOSH, 2009a). Em relação à segurança, o NIOSH (2009a) cita ainda como fonte de preocupação, fogo e explosões associados às nanopartículas, bem como à possibilidade de reações de catálise.

O problema em relação às nanopartículas é que, em muitos casos (senão em todos), os riscos não podem ser efetivamente quantificados (OSTEGUY et al., 2009b; OSMAN, 2008). Essa situação de incerteza em relação à toxicidade é voz corrente entre a comunidade de estudiosos envolvida (HALLOCK et al., 2009; DOE, 2008; TEXAS A&M, 2005; LINKOV et al., 2009b; WARDAK et al., 2008). Existem no entanto, outras lacunas de conhecimento que dificultam a avaliação de riscos, entre elas: (1) quais os limites de exposição, (2) falta de padronização de testes e metodologias de avaliação e, (3) incertezas quanto às características mecânicas das nanopartículas (LINKOV et al., 2009b; EUROPEAN COMMISSION, 2009).

Considerando as incertezas sobre os impactos das nanotecnologias e nanopartículas, Linkov et al. (2009b) elenca três áreas como estratégicas para suprir as necessidades em relação à identificação e avaliação de riscos: (1) Avaliação da exposição externa (concentração e características dos nanomateriais suspensos no ar ou líquidos); (2) dose ou concentração interna e suas características; (3) rastreamento de potenciais estratégias. Além disso, a caracterização do nanomaterial é importante para que se caracterize o risco associado à exposição e nesse sentido, as novas tecnologias deverão ser capazes de sustentar o esforço

necessário para a geração deste conhecimento. No entanto, como já citado, o número de estudos nesse sentido tem sido bastante modesto (HANSEN, 2009).

Segundo Wang (2011), os estudos de SST com nanomateriais necessitam de dados de uma série de outras áreas de pesquisa incluindo técnicas de medição e caracterização, emissões, exposição e toxicidade, além do controle e diminuição de exposição. O mesmo autor identifica técnicas e equipamentos que permitem determinar os níveis de exposição aos nanomateriais nos ambientes de trabalho; porém, os trabalhos da área parecem indicar ainda outras questões ainda sem resposta, tais como: os níveis medidos são seguros?; qual a melhor métrica, se é que existe, para determinar a exposição aos nanomateriais?

De maneira geral, os riscos associados às nanotecnologias assemelham-se aos riscos químicos tanto no que diz respeito à sua caracterização quanto em relação à forma de controle e mitigação destes riscos. No entanto, as nanotecnologias apresentam novos desafios em relação às métricas a serem utilizadas em sua caracterização (MARK, 2007). Mark (2007) cita a massa, o número de partículas e a área superficial das partículas como as principais métricas para as quais já existem equipamentos e metodologias disponíveis, ainda que não sob o aspecto exposição ocupacional. Cada uma delas pode ser medida diretamente ou através de cálculos indiretos.

Ainda em relação às métricas para nanopartículas, Voogd (2010) sustenta que embora não haja consenso, a área superficial das nanopartículas é o fator mais importante para os estudos de dose-resposta e, conseqüentemente, este deve ser o fator a ser considerado para o estabelecimento de limites de exposição.

Diante do exposto, que desenha um cenário de incertezas, abordagens qualitativas (como a ferramenta de *Control Banding* abordado no item 3.4.2 deste trabalho) têm obtido espaço no que concerne a oferecer caminhos para a SST frente aos desafios impostos pelas nanotecnologias.

3.3.5 Caracterização dos possíveis agravos à saúde e formas de contaminação

A exposição aos nanomateriais pode ocorrer em qualquer fase de seu ciclo de vida, desde o seu desenvolvimento, fabricação e uso indo até o descarte. Atualmente existem muitas lacunas nos estudos sobre exposição aos nanomateriais (STERN e MCNEIL, 2008; BA μ A, 2007). De maneira geral, a literatura disponível (STERN e MCNEIL, 2008; MURASHOV e HOWARD, 2007) refere-se às formas de contaminação tais como:

• **Exposição por inalação:** tendo em vista que as nanopartículas não só são respiráveis como também, em função de seu tamanho, podem percorrer grandes distâncias seguindo a difusão Browniana. A inalação é o mais importante mecanismo de contaminação (EU-OSHA, 2009a). Estudos epidemiológicos sugerem que estas partículas podem causar doenças pulmonares (BROUWER, et al., 2004), tendo em conta que os mecanismos de deposição e remoção alveolar das partículas ultrafinas (abaixo de 100 nm) diferem dos mecanismos das partículas maiores. Em contrapartida, existem evidências de que os filtros comerciais de alta eficiência, hoje disponíveis, podem fornecer proteção (KIM et al., 2006).

- **Translocação sistêmica desde o pulmão:** ainda que nem todos os estudos sejam concludentes, alguns destes têm apontado para a possibilidade das nanopartículas translocarem-se desde o pulmão até outros órgãos. Isso se torna mais crítico em função das maiores concentrações destas partículas encontradas nas operações de sua fabricação.
- **Translocação neural:** a habilidade que as nanopartículas inaladas têm de se translocarem através do epitélio nasal para o bulbo olfativo diretamente é suportada por diversos estudos. Acredita-se que do bulbo olfativo estas nanopartículas possam atingir diretamente o cérebro (HALLOCK et al., 2009).
- **Exposição dérmica:** recentemente, a interação das nanopartículas com a pele tem recebido significativa atenção, tendo em vista o crescente uso destes materiais em roupas, cosméticos e protetores solares. Além dos usos específicos citados, as nanopartículas dispersas no ar, apresentam a tendência de se aglomerarem e esses aglomerados, que por sua vez tendem a se depositar sobre as superfícies que nesse caso, pode ser a pele.
- **Exposição gastrointestinal (ingestão):** alguns estudos têm feito referência à absorção de nanopartículas pelo trato gastrointestinal após exposição oral. Da mesma forma que a exposição dérmica, a exposição oral pode ser uma rota significativa tanto do ponto de vista ocupacional como ambiental. A ingestão de nanopartículas pode se dar através de alimentos ou água contaminados, pela deglutição de partículas inaladas ou a transferência para a boca através das mãos. Alternativamente, no caso de aplicações biomédicas, as nanopartículas usadas em medicamentos de via oral poderão ser absorvidas, sem que desta absorção se conheça os reais efeitos. Em relação à toxicidade das nanopartículas HALLOCK et al. (2009) aponta alguns

efeitos a seguir relatados.

- Nanopartículas podem ser tóxicas para células *in vitro*.
- Nanopartículas podem ser mais tóxicas do que as partículas de escala micro do mesmo material em testes de curto prazo em animais. Como regra no entanto, as nanopartículas não são necessariamente mais tóxicas do que suas similares de maior tamanho (STERN e MCNEIL, 2008).
- Nanopartículas podem se translocar para outros órgãos no corpo.
- Nanopartículas podem entrar no cérebro através dos neurônios olfativos do epitélio nasal e bulbo olfativo.
- Nanopartículas podem causar inflamação pulmonar, granulomas e fibrose em testes de curto prazo em animais.
- Nanopartículas podem penetrar a pele em ensaios de pele isolados.

Da mesma forma, como os fulerenos, as nanopartículas de dióxido de titânio (TiO₂) apresentam resultados conflitantes para testes de carcinogenicidade: estudos *in vitro* com nanopartículas de TiO₂ demonstraram fotogenotoxicidade, enquanto estudos *in vivo* têm mostrado proteção contra carcinogênese fotoinduzida em ratos.

Outro ponto importante em relação aos possíveis agravos à saúde diz respeito à vigilância da saúde de trabalhadores expostos. Existem posições conflitantes sobre a viabilidade ou pertinência de se estabelecer uma vigilância médica ‘nanoespecífica’ (NASTERLACK et al., 2008). No que se refere ao julgamento sobre a implantação desse tipo de ação, é necessário levar em conta alguns fatores: (1) a carga de sofrimento; (2) a precisão e a confiabilidade do(s) método(s) de análise; (3) a eficácia da detecção precoce; (4) o possível dano advindo da seleção; (5) se os benefícios superam eventuais prejuízos (Nasterlack et al., 2008).

Em relação às nanotecnologias, não há ainda, posições concretas sobre nenhum destes pontos para apoiar uma vigilância nanoespecífica. No entanto, pode-se defender a inclusão de aspectos nanoespecíficos nos atuais modelos de vigilância médica dos trabalhadores (NASTERLACK et al., 2008; GROSSI, 2009; NIOSH, 2009b).

3.3.6 Caracterização em relação às questões éticas

Tecnologias, particularmente as tecnologias revolucionárias, podem gerar problemas em relação à ética (MOOR, 2005). Revoluções tecnológicas costumam apresentarem-se em

três estágios: (1) introdução, quando seu impacto social é marginal e suas aplicações e conceitos são pequenos ou limitados; (2) permeação, quando se ampliam os impactos e a compreensão desta nova área; (3) domínio, quando os impactos sociais são amplos e generalizados pela sua utilização maciça (MOOR, 2005).

A revolução das tecnologias da informação ilustra bem estas fases. No início, os computadores estiveram restritos aos centros de pesquisa; num segundo momento foram adquiridos como excentricidades ou brinquedos de pouca utilidade, para finalmente estarem disseminados a ponto de, através da inclusão digital, crianças terem acesso à Internet sem que tenham moradia ou alimentação condizentes com esta nova situação.

Com certa frequência, as questões éticas suscitadas pelas nanotecnologias são comparadas àquelas advindas da manipulação genética, especialmente em relação aos alimentos transgênicos (PETERSEN e ANDERSON, 2007; MOOR, 2005). Algumas questões neste cenário poderiam ser: (1) qual o limite entre o direito à informação e a necessidade de se preservar o segredo industrial?; (2) a quem cabe definir ou estabelecer este limite?; (3) como serão distribuídos ou suportados os eventuais benefícios e malefícios oriundos das nanotecnologias?; (4) até que ponto pessoas não estudiosas do tema (comunidade em geral) podem ou devem opinar sobre os rumos das pesquisas e aplicações das tecnologias?; (5) que peso tem ou terá esta posição?; (6) a quem cabe estas definições?; (7) que tipo de informação será oferecida ao público?; (8) de que forma?; (9) como deve ser definido o uso de recursos públicos destinados às pesquisas em tecnologias emergentes? (SCHUMMER e PARIOTTI, 2008; FRAMINGNANO PROJECT, 2009; SPARROW, 2009; PETERSEN, 2009). É importante destacar que a questão ética envolve determinação imparcial de riscos, não maleficência, autonomia, justiça, privacidade e promoção do respeito às pessoas (SCHUTLE; SALAMANCA-BUENTELLO, 2006).

Nos locais de trabalho outras questões se impõem na mesma linha (SCHUTLE e SALAMANCA-BUENTELLO, 2006) tais como: (1) identificação e comunicação de riscos por cientistas, autoridades e empregadores; (2) liberdade para a aceitação ou não dos riscos por parte dos trabalhadores; (3) seleção e implementação de controles; (4) estabelecimento de programas de detecção precoce; e (5) investimento em toxicologia e pesquisas de vigilância.

3.3.7 Caracterização em relação à percepção do risco

Pesquisas em percepção de risco descobriram uma série de respostas cognitivas e

emocionais que influenciam o modo como os indivíduos percebem os riscos. Ao contrário dos modelos anteriores da cognição humana, como cálculo racional e lógico, a pesquisa revelou que os indivíduos empregam modelos mentais com base na experiência e emoção, para avaliar os riscos e benefícios potenciais. Embora estes modelos funcionem bem, em muitos casos eles são particularmente vulneráveis, onde há muita incerteza e, nesse caso ficam propensos a erros sistemáticos e previsíveis (MARCHANT et al., 2008).

Neste cenário, a EU-OSHA (2011) empreendeu uma revisão da literatura sobre o tema onde são apresentadas algumas conclusões sobre a percepção de riscos; especificamente sobre os riscos oriundos dos nanomateriais nos locais de trabalho.

- A percepção de risco raramente é diretamente relacionada a uma avaliação rigorosa dos ganhos e perdas potenciais; em outras palavras, a percepção do risco é subjetiva sendo poucas vezes derivada de uma análise científica ou racional;
- As percepções de risco não são uniformes em todas as tecnologias, da mesma maneira como não são uniformes entre as comunidades (ou países) nem ao longo do tempo;
- A percepção do risco depende de uma mistura de:
 - Características gerais de um risco;
 - Atributos sócios demográficos e tradições culturais;
 - Conhecimento técnico e de raciocínio, baseado no senso comum;
 - Experiência pessoal, disposição psicológica e do contexto percebido, associado a eventos de risco (comunicação, gestão e controle);
 - Comunicação social;
- Como uma área científica emergente, as nanotecnologias possuem algumas características (por exemplo: a incerteza, a falta de familiaridade por parte do grande público, ser produzida pelo homem ou não ser ‘natural’, desconhecimento sobre a exposição, possibilidade de danos irreversíveis) todas elas reconhecidas como possíveis de gerar medo e desconfiança que podem alimentar conflitos e percepções falhas;
- O público em geral e alguns trabalhadores em particular, geralmente possuem mínimo conhecimento e compreensão sobre nanomateriais, o que pode dificultar a tomada de decisão ou o posicionamento frente aos riscos;
- A percepção de risco/benefício varia de acordo com o setor e aplicação. Assim, aplicações das nanotecnologias na área médica que visem a cura de doenças

contam com maior aprovação do público do que aplicações das nanotecnologias nos alimentos ou na melhora do desempenho humano.

- Apesar do baixo nível de conhecimento técnico, o público espera que os benefícios das nanotecnologias predominem sobre os riscos. Isto pode ser explicado pela divulgação científica (comunicação social) que é quase exclusivamente focada nos potenciais benefícios das novas tecnologias, quase nunca abordando eventuais impactos negativos. A propaganda só maximiza as virtudes e minimiza os defeitos.
- O balanço entre as percepções do público em geral sobre os riscos e benefícios de uma nova tecnologia é frágil, podendo facilmente se converter em repulsa ou medo injustificado.
- A falta de conhecimento ou interesse por parte de pequenas empresas em relação aos riscos dos nanomateriais se constitui em um desafio significativo para a gestão de riscos nestes ambientes. Esta conclusão vai ao encontro dos resultados obtidos por Noorden (2013) sobre as questões de SST em laboratórios de pesquisa que poderiam ser comparados às pequenas empresas.
- A complexidade e variedade de formas na nanoescala aliado ao fato de que materiais com o mesmo nome possuam propriedades absolutamente distintas podem gerar confusão e informações enganosas ou contraditórias que dificultem a comunicação e consequente percepção dos riscos.
- 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.

O esquema mostrado na figura 2 ajuda a compreender a diversidade do risco e, por conseguinte, da forma como o percebemos. O local no esquema gráfico onde cada indivíduo (ou sociedade) alocará, segundo sua percepção do risco de uma situação ou substância, determinará suas atuações e reações frente a esta situação ou substância.

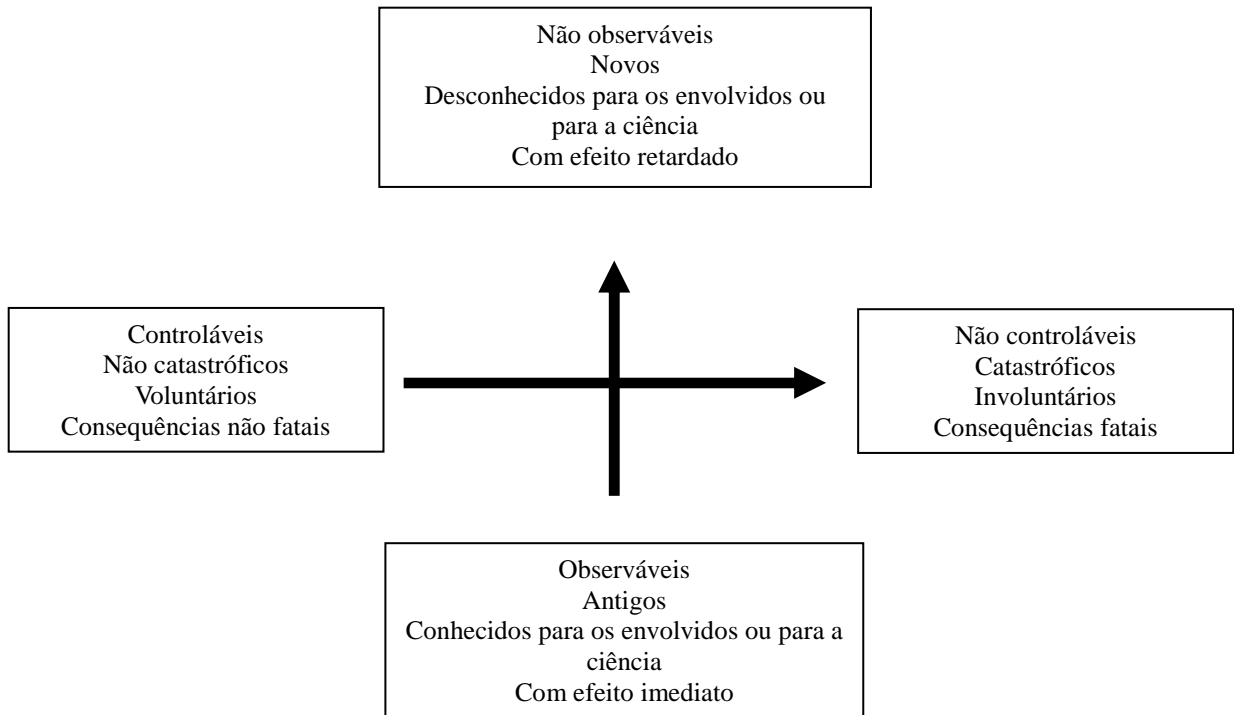


Figura 2 – Tipos de risco

Fonte: Palma-Oliveira, 2009

O desconhecido ou incompreensível sempre causa apreensão. No caso das nanotecnologias isso não é diferente. Esta afirmação se confirma nos achados de Siegrist (2007) que mostraram que os leigos entendem que há mais risco nas nanotecnologias do que os especialistas; demonstram não confiar tanto nas autoridades sobre o assunto e, em relação aos benefícios das nanotecnologias, leigos e especialistas indicaram percepção semelhante. Como já colocado, a percepção do risco também é influenciada por uma série de valores (por exemplo cultura, grau de instrução, informações disponíveis, etc.) e, sendo assim, pode apresentar grande variação.

Nesta linha, Currall (2006) apresenta as nanotecnologias sob o ângulo da percepção de seus potenciais riscos e benefícios, por meio de uma representação gráfica semelhante à proposta por Palma-Oliveira (2009). A representação de Currall (2006) é composta por dois eixos cartesianos onde são coladas escalas de 1 (baixo) a 7 (alto) riscos e benefícios. As nanotecnologias apresentam risco de aproximadamente 3,8 e benefícios de 4,2. A título de comparação o asbesto, contrariamente, apresenta risco de 6 contra um benefício de 2.

Embora haja uma quase concordância a respeito dos riscos das nanotecnologias, entre especialistas da área (PETERSEN e ANDERSON, 2007) parece não haver, na mesma

proporção, um esforço efetivo em controlar ou mesmo conhecer estes riscos (HANSEN, 2009). De maneira geral, o pouco conhecimento sobre nanotecnologia por parte do público restringe-se aos potenciais benefícios e ganhos econômicos prometidos para estas tecnologias. Não há uma percepção clara da possibilidade de riscos associados às novas tecnologias até mesmo por parte de alguns cientistas (SCHEUFELE e LEWENSTEIN, 2005; INVERNIZZI, 2008).

Na sociedade atual, o conceito e a percepção do risco invertem a relação até agora aceita entre passado, presente e futuro. O passado perde seu poder para determinar o presente. Até aqui, a análise das causas e consequências anteriores determinava as ações. A partir de agora, a sociedade passa a discutir e argumentar sobre fatos ou possibilidades sem precedentes históricos, algo que não ocorreu, mas pode vir a acontecer caso não seja alterada a direção das ações no presente (BERGER FILHO, 2010).

Como já apontado pela EU-OSHA (2011), Kanerva (2009) reforça o entendimento de que existem diferenças entre as maneiras pelas quais cada indivíduo, sociedade (ou país) percebe e entende os riscos, sendo assim, as ações que cada pessoa, comunidade (ou governo), respectivamente adota em relação a estes riscos, também serão variadas.

3.3.8 Caracterização do marco legal

Todos os governos carregam, direta ou indiretamente, a responsabilidade pela proteção de seus cidadãos contra riscos (de qualquer espécie). No que tange as nanotecnologias, as lacunas de conhecimento não deixam claro quais seriam os marcos regulatórios adequados. As visões de como se devem regular os nanomateriais variam substancialmente, indo desde atitudes de *laissez-faire* até a total moratória em pesquisas, desenvolvimento e comercialização de nanopartículas (HANSEN, 2009).

No passado, a ciência foi capaz de prover as autoridades responsáveis pela regulamentação com informações que permitissem não só desenvolver as normas e regulamentos como também justificar estes para o público. No entanto, a complexidade dos riscos em geral e dos nanomateriais em particular torna difícil para a ciência fornecer respostas imediatamente (se é que o fará no futuro) (HANSEN, 2009).

O que todos querem saber é: (1) se as nanotecnologias são seguras; (2) se existe regulamentação adequada a curto e longo prazo; (3) o quanto (e o quê) se faz para aprender mais sobre proteção do público e dos trabalhadores contra potenciais riscos ambientais, de

segurança e saúde relacionados à nanotecnologia e aos nanomateriais. Atualmente as respostas seriam: (1) ‘nós não sabemos’; (2) ‘provavelmente não’ e (3) ‘não o suficiente’.

Na mesma linha, Schummer e Pariotti (2008) colocam três questões: (1) há alguma coisa realmente nova sobre nanotecnologias que afeta a regulação hoje existente?; (2) qual o modelo de gestão de risco que melhor se adapta às nanotecnologias?; (3) como a regulamentação pode evitar efeitos nocivos das nanotecnologias não se tendo informação suficiente sobre estes possíveis efeitos?

Para isto o autor prevê um modelo flexível de legislação que possa caminhar ‘par e passo’ com o desenvolvimento tecnológico de maneira a adaptar-se ao acúmulo de informações, um desafio que se contrapõe ao modelo atual de ‘lei permanente’.

A União Europeia, Reino Unido, EUA, Japão e Austrália lideram as discussões sobre a criação de uma legislação específica para controle das nanotecnologias (BOWMAN e HODGE, 2007). Considerando que a regulação no mundo do trabalho assume cada vez mais o caráter tripartite (Convenção 144 da ILO/OIT de 1976), alguns autores (MARCHANT, et al., 2008; SARGENT, 2008; PETERSEN e ANDERSON, 2007; POWELL, et al., 2008) sugerem que a disseminação de informação seja o primeiro passo para a construção de marcos regulatórios para as nanotecnologias e outras tecnologias emergentes.

Esta visão implica em uma construção ou evolução da legislação em quatro etapas: (1) disseminação de informação e autorregulamentação voluntária; (2) autorregulamentação forçada; (3) regulamentação mandatória com punição discricionária; (4) regulamentação mandatória com punição nanodiscricionária (MARCHANT et al., 2008; BOWMAN e HODGE, 2008).

Há um aparente obstáculo ao engajamento público na discussão da regulação das nanotecnologias. Trata-se da falta ou incapacidade de percepção dos riscos envolvidos até mesmo por parte da comunidade científica envolvida (POWELL et al., 2008). Outros modelos menos lineares acrescentam questões sócio-éticas, além de interesses de mercado, normativas internacionais e o conjunto de outras legislações (SST, saúde, meio ambiente, políticas públicas, etc.) como impulsionadores da criação dos marcos regulatórios necessários às nanotecnologias (MARCHANT et al., 2008; BOWMAN e LUDLOW, 2009).

O modelo tripartite adotado na formulação das legislações de SST indica a importância da participação abrangente na condução do processo de SST, neste caso envolvendo no mínimo, empregadores, empregados e o governo. A participação deve ocorrer tanto na construção das leis (extraorganização) como também na sua aplicação ou condução

no ambiente de trabalho (intraorganização).

Em relação à regulação das nanotecnologias duas abordagens genéricas são apontadas: (1) legislações obrigatórias e, (2) ferramentas de uso voluntário (AUPLAT, 2012 e 2013). Sobre a forma como as legislações obrigatórias abrangem as nanotecnologias pode-se indicar outras duas categorias: (1) legislações de larga abrangência nanoespecíficas e, (2) legislações setoriais que incluam as nanotecnologias.

Até o momento não existem legislações de larga abrangência nanoespecíficas, ainda que o *International Center for Technology Assessment* (ICTA, 2007) inclua entre seus princípios para a supervisão das nanotecnologias a necessidade desse tipo de legislação.

O quadro 1 apresenta um resumo de algumas legislações mandatórias que abrangem os nanomateriais, não necessariamente nanoespecíficas (AUPLAT, 2012; HANSEN, 2009).

Legislação	Origem	Descrição resumida
REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)	União Europeia	Legislação apoiada na máxima <i>no data, no market</i> . Válida para substâncias químicas em geral e não especificamente para nanomateriais, embora possa abrangê-los.
Regulação (EC) nº 1223/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de novembro de 2009 para produtos cosméticos	União Europeia	Legislação setorial desenvolvida considerando os nanomateriais. O início de sua implantação ocorreu em 2010
Toxic substances control act inventory status of carbon nanotubes	Estados Unidos	Genericamente, esta legislação abrange todas as substâncias químicas. Nesse caso, os nanotubos de carbono são considerados uma substância específica e como tal são tratados.
Federal insecticide, fungicide, and rodenticide act	Estados Unidos	Todos os pesticidas devem ser registrados e autorizados pela <i>Environmental Protection Agency</i> (EPA), incluindo as nanopartículas de prata (presentes em algumas máquinas de lavar roupa), por exemplo.
DTSC Chemical call in: carbon nanotubes, quantum dots, nanosilver, nano cerium oxide, nano titanium dioxide, nano zero valent iron and nano zinc oxide	Estados Unidos	Registro obrigatório de empresas e processos que utilizam estes materiais.
The manufactured nano scale health and safety ordinance. Section 15.12.040 Berkeley city council ordinance	Estados Unidos	Auplat (2012) indica essa como a primeira legislação obrigatória específica para nanomateriais. Por se tratar de uma legislação municipal, seu alcance é reduzido.
NIOSH Current Intelligence Bulletin (CIB) 63 on occupational exposure to titanium dioxide.	Estados Unidos	Auplat (2012) alerta que este documento do NIOSH não é uma legislação mandatória, mas está aqui colocado por ser considerado passo inicial para uma futura legislação mandatória da Occupational Health and Safety Agency (OSHA).
French code de l'environnement, Livre V, Titre II, Chapitre III, (articles 1523-1 to 1523-5)	França	Este texto obriga aos produtores, importadores ou distribuidores de nanomateriais a informarem as autoridades sobre os tipos de nanomateriais, suas quantidades, usos e riscos para saúde e ambiente.

Quadro 1 – Resumos das legislações mandatórias em relação aos nanomateriais

Fonte: Auplat, 2012

O REACH normalmente não se aplica a nanomateriais em função da quantidade necessária em massa que é de uma tonelada por ano, para que um produto esteja sujeito a esta legislação. No entanto, cabe lembrar que é possível submeter uma substância química ao REACH independentemente da quantidade produzida ou manipulada. Para isto, será necessário criar uma determinação específica para esse fim o que só ocorre quando há indícios de perigo, tais como substâncias persistentes, bioacumulativas e tóxicas (AUPLAT, 2012).

Além das legislações citadas, Hansen (2009), sem ser específico, chama a atenção para outras legislações que podem alcançar os nanomateriais tais como: regulamentações médicas e farmacêuticas; legislação sobre alimentos além de diretrizes e normas de SST e legislação ambiental, finalizando com as legislações sobre descarte e refugo de materiais. O quadro 2 apresenta um resumo de algumas ferramentas voluntárias para nanomateriais (AUPLAT, 2013).

Esquemas voluntários de informações	Origem	Descrição resumida
Voluntary Reporting Scheme for Manufactured Nanomaterials	Reino Unido	Foi lançado em 2006 como um teste com duração de dois anos para que a indústria e organizações de pesquisa fornecessem ao governo informações sobre os nanomateriais. Durante os dois anos de teste apenas 13 formulários foram recebidos e a iniciativa foi descontinuada.
Nanoscale Materials Stewardship Program (NMSP)	Estados Unidos	O NMSP proposto pela EPA para materiais nanoengenheirados importados ou produzidos nos EUA com fins comerciais (era muito similar ao adotado no Reino Unido) e foi encerrado em dezembro de 2009. Inicialmente a EPA esperava mais de 240 informes, mas apenas 11 companhias o fizeram.
Códigos de conduta	Origem	Descrição resumida
Recommendation on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research	União Europeia	Oferecia princípios e guia para as atividades de pesquisa envolvendo nanomateriais. Para seu desenvolvimento foi proposto uma consulta pública baseada na Internet. A resposta foi mínima, apenas 49 respondentes de 17 países (sendo quatro de fora da União Europeia).
Responsible NanoCode	Reino Unido	Voltado a negócios envolvendo nanotecnologias, o escopo desta aplicação era limitado e foi descontinuado.
Nano Risk Framework	Estados Unidos	Foi desenvolvido pela indústria química Dupont em associação com o grupo <i>Environmental Defense</i> , sendo considerado um marco. Ao final, acabou por restringir-se à empresa com resultados muito limitados.
Nanotechnology code of conduct	Alemanha	Foi desenvolvido pela indústria química BASF e a exemplo do anterior, permaneceu restrito à empresa.

Quadro 2 – Resumo das legislações voluntárias em relação aos nanomateriais

Fonte: Auplat, 2013

Ainda em relação às iniciativas voluntárias, Auplat (2013) lembra os esforços dos organismos de certificação e padronização tais como: *American National Standards Institute* (ANSI), *Chinese National Nanotechnology Standardization Committee*, *French Standards Agency* (AFNOR), *British Standards Institute* (BSI), *Japanese Standards Association* (JSA) e a *International Organization for Standardization* (ISO).

As respostas aos sistemas voluntários têm sido relutantes, alegando-se para isso a necessidade de preservação de segredos industriais e de acesso a mercados (MATTHIEU, 2008; MARCHANT et al., 2008).

Segundo Auplat (2013), os governos têm usado três diferentes abordagens para formar a nanogovernança. A primeira abordagem é adaptar as legislações existentes aos nanomateriais, como é o caso do REACH. A segunda abordagem é o desenvolvimento de novas formas de regulação, como ocorreu com a legislação de cosméticos citada. Finalmente, a terceira abordagem é a promoção de iniciativas voluntárias como os códigos de conduta para atividades com nanomateriais. Ainda sobre o marco legal, Sudarenikov (2013) conclui que a regulação dos nanomateriais é uma necessidade urgente e que precisa ser mais transparente em relação ao uso destes materiais em produtos de consumo.

No Brasil ainda não há uma regulação mandatória para nanomateriais, mas já existem iniciativas neste sentido (como, por exemplo, o Projeto de Lei do deputado Sarney Filho que ‘regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia’). Na mesma linha não há documentação sobre a adoção voluntária de controles nanoespecíficos de risco. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) embora represente o Brasil no grupo da ISO dedicado ao desenvolvimento de normas e padrões para as nanotecnologias, não apresenta documentos versando sobre nanomateriais e nanotecnologias. É importante registrar a iniciativa do Ministério da Indústria, Desenvolvimento e Comércio Exterior (MIDC) que desde 2009, mantém através da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), o Fórum de Competitividade em Nanotecnologias, tendo produzido alguns documentos importantes na área, incluindo um panorama da nanotecnologia que contém apontamentos para a construção de um marco regulatório nanoespecífico (ABDI, 2009).

Mais recentemente, sob a coordenação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), foi constituída a Comissão Interministerial de Nanotecnologias (CIN) que entre as suas atribuições deve elaborar o texto base da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN). Ainda sobre o marco legal no Brasil vale apontar os trabalhos do Grupo Jusnano,

grupo de pesquisa vinculado à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) em São Leopoldo, RS, e a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) no Rio de Janeiro, RJ, cujo objetivo é construir e embasar marcos regulatórios das nanotecnologias no Brasil.

3.3.9 Caracterização em relação ao meio ambiente e a comunidade

Segundo Simone e Valcarcel (2009), as nanopartículas podem ter um impacto no meio ambiente via (1) efeito direto na biota (toxicidade), (2) através de mudanças na biodisponibilidade de toxinas ou de nutrientes, (3) através de efeitos indiretos resultantes da sua interação com o meio orgânico e (4) mudanças nas microestruturas ambientais.

O Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes no EUA (PEN – *Project on Emerging Nanotechnologies*), afirma a necessidade de mais pesquisas em meio ambiente e SST, bem como supervisão mais agressiva e abordagem mais centralizada do governo em relação às nanotecnologias (SARGENT, 2008; EUROPEAN COMMISSION, 2009). Neste sentido, o projeto indica alguns pontos que deveriam ser observados em relação às questões de meio ambiente, comunidade e SST, como a seguir apontado:

- criação de um sistema de informações sobre segurança em nanotecnologia (*Nano Safety Reporting System*) onde as pessoas que trabalham com nanotecnologia pudessem relatar de forma anônima suas experiências e trocar informações contribuindo para o desenvolvimento de indicadores das questões emergentes de segurança;
- criação de tecnologias de alerta precoce sobre riscos com características de baixo custo e rápida resposta, de maneira a prover os sistemas de gestão de riscos com informações confiáveis;
- oferecer informações consistentes à pequenas empresas, *start-ups* e laboratórios sobre os riscos e seus controles relacionados às nanotecnologias além da implementação de sistemas de informação consistentes entre as cadeias produtivas que fazem uso das nanotecnologias;
- aplicar as lições do passado aprendidas com outras tecnologias para fazer com que as nanotecnologias sejam inerentemente mais seguras usando estratégias como proteção em múltiplos níveis, aprendizado através das falhas, não simplificação demasiada do que é complexo, consciência em relação às operações e a construção de resiliência para prevenir erros em cascata;

Pode-se incluir neste rol a proposta de Grossi (2009) de um sistema de vigilância

epidemiológica extensivo à população em geral, apoiado nos sistemas já disponíveis (BOWMAN e LUDLOW, 2009); incluindo-se ainda alguns pontos nanoespecíficos que possam dar conta da identificação de possíveis agravos à saúde por conta da exposição a nanomateriais.

Devido ao alcance destas questões, Sargent (2008) também propõe como ponto chave o desenvolvimento de parcerias internacionais para a troca de informações e controle sobre questões advindas do uso de nanotecnologias. Estas parcerias deverão ser responsáveis pela criação de padrões para o uso e caracterização dos impactos das nanotecnologias sobre a comunidade e o meio ambiente.

Defensores e críticos concordam que o potencial de implicações ambientais, de segurança e saúde das nanotecnologias deve ser abordado, uma vez alcançados os benefícios econômicos e sociais destas mesmas tecnologias. Há também uma concordância significativa sobre o fato de que o atual corpo de conhecimento de como os materiais em nanoescala podem afetar os seres humanos e o meio ambiente é insuficiente para avaliar e gerir os riscos potenciais (SARGENT, 2008). Apesar desta opinião, Handy et al. (2012) fazem uma extensa revisão sobre as questões relacionadas à ecotoxicidade das nanopartículas, concluindo que os atuais processos de avaliação de riscos permanecem úteis embora precisem de adaptações para lidar com a escala nanométrica.

3.4 Gestão de riscos em atividades com nanomateriais

A gestão de riscos laborais, independente de sua fonte, deve partir de alguns entendimentos básicos, como colocado por Malchaire (2003). Inicialmente deve-se observar a hierarquia dos princípios gerais da prevenção. Em primeiro lugar: evitar os riscos (alterando processos ou substituindo produtos, por exemplo); avaliar os riscos que não podem ser evitados; combater os riscos avaliados na fonte; adaptar o trabalho ao homem (uso de equipamentos de proteção coletiva, por exemplo) finalmente, exauridas as etapas anteriores, proteger o homem no trabalho (uso de equipamento de proteção individual, por exemplo).

Concomitante aos princípios da prevenção colocados, advém o conceito de risco como sendo um produto entre dois fatores: perigo e exposição. O perigo pode ser traduzido como sendo intrínseco ao produto (por exemplo, a inflamabilidade da gasolina), ou a um processo (por exemplo, o calor de um forno) ou ainda de uma situação (o trabalho em altura). Também é possível caracterizar o período pelo seu potencial de dano ou gravidade do dano

observado. A exposição, por sua vez, é caracterizada pela probabilidade de que ocorra do dano (acidente ou adoecimento). A probabilidade de que um dano ocorra dependerá de uma série de fatores, entre eles a frequência e duração da situação de risco, o tipo e características do processo e os controles existentes para a situação de risco, características de quem desenvolve o processo, entre outros (MALCHAIRE, 2003).

Os pressupostos colocados valem para os riscos laborais já conhecidos bem como para aqueles sobre os quais ainda restam incertezas, como é o caso dos riscos advindos dos nanomateriais. Apesar disso, por conta das incertezas em relação aos nanomateriais, grande parte dos sistemas de gestão de risco atuais não está preparada para lidar com os novos desafios impostos pelas nanotecnologias (MARCHANT et al., 2008; SARGENT, 2008; CONTI et al., 2008; OK et al., 2008).

Os três modelos tradicionais e mais comuns de gestão de riscos são: (1) risco aceitável; (2) análise de custo-benefício; (3) viabilidade (ou a melhor tecnologia disponível) (MARCHANT et al., 2008). Cada um destes modelos apresenta características próprias que os fazem mais apropriados para uma ou outra aplicação. No caso do risco aceitável há que se definir claramente o que seja ‘aceitável’ e mais, aceitável para quem? A viabilidade fica restrita à indústria de altíssimo risco e valor agregado como por exemplo, as usinas nucleares. Além disso, as análises de custo-benefício precisam ponderar aspectos éticos, pois a saúde e a vida nem sempre podem ser representadas em unidades monetárias.

Nesta linha, outros dois métodos para a gestão dos riscos das nanotecnologias são colocados por Linkov e colaboradores (2009a): o método de avaliação de alternativas (*Alternatives Assessment Method*) e o método de análise de decisão multicritério (*Multi-Criteria Decision Analysis Method*). Linkov e seus colegas (2009a) advogam uma mudança de foco do atual estudo de risco para a investigação de soluções. Ao invés de objetivar a determinação de quanto risco é aceitável para um nanomaterial específico, o novo enfoque permitiria usar a ciência e a política para identificar nanotecnologias alternativas e oportunidades para a redução do risco e a inovação.

Parece acertado afirmar que novas tecnologias carecem de novos modelos de gestão de risco (MARCHANT et al., 2008; MAYNARD, 2006; SCHULTE et al., 2008). O Conselho Europeu, através do relatório organizado por Sudarenikov (2013), aponta para que sejam criadas diretrizes e sistemas de gestão de risco em nanotecnologias que:

- devem incorporar o princípio da precaução.
- devem permitir sua aplicação consistente de maneira globalizada abrangendo as possíveis

origens dos nanomateriais (natural, acidental, ou engenheirado) e seus usos e descarte.

- devem procurar harmonizar os marcos regulatórios, incluindo a avaliação dos riscos e métodos de gestão de risco, proteção de pesquisadores, trabalhadores da indústria e consumidores. Outras áreas também deverão ser harmonizadas tais como educação, proteção, acesso à informação, rotulagem, etc.
- devem ser negociados em um processo aberto e transparente, envolvendo múltiplas partes interessadas (governos nacionais, organizações internacionais, a Assembleia Parlamentar, sociedade civil, especialistas e cientistas) no âmbito de um diálogo que possa transcender a área do Conselho da Europa.
- poderão ser usados como modelos para as normas reguladoras em todo o mundo.
- aspirem a criação de um centro interdisciplinar internacional para ser base de conhecimento do mundo no campo da nanosegurança em um futuro próximo, sem prejuízo do apoio contínuo, mesmo em termos financeiros, a projetos de pesquisa em andamento que visem determinar os potenciais riscos dos nanomateriais.
- deverão ser capazes de promover o desenvolvimento de um sistema de avaliação de regras éticas, materiais publicitários e expectativas dos consumidores, em relação a projetos de pesquisa e produtos de consumo, no campo dos impactos das nanotecnologias sobre os seres humanos e o meio ambiente.

São objetivos abrangentes que pelo alcance pretendido indicam não só a importância do tema como também a necessidade de internacionalização destas discussões. No âmbito desta tese, três aspectos merecem ser destacados: (1) a incorporação do princípio da precaução; (2) a ampla discussão e o acesso à informação que apontem para a participação no processo de controle dos riscos advindos dos nanomateriais e; (3) uso de técnicas qualitativas de avaliação do ambiente de trabalho.

3.4.1 O princípio da precaução

O princípio da precaução, referido como o 15º princípio da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ONU, 1992) e tema também apontado por diversos autores entre eles Marchant et al. (2008) e Stebbing (2009) que colocam que é melhor prevenir (diante da incerteza) do que remediar (porque eventualmente isto pode nem ser possível). Em outras palavras, a ausência de certeza científica absoluta sobre eventuais danos não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para

prevenir estes mesmos danos. Este princípio, de forma geral, parece adequado à gestão de riscos gerados pelas nanotecnologias.

Não existe uma definição única para o princípio da precaução (STEBBING, 2009), da mesma forma como não há caracterização do que seja a prevenção minimamente necessária ao atendimento do princípio.

Stebbing (2009) coloca duas formas básicas para abordar o princípio da precaução. A primeira é a forma estrita baseada na premissa ‘primeiro não fazer mal’. Nesta forma é requerida a inação quando a atividade puder representar risco. A segunda forma, conhecida como ativa, indica que se deve ‘fazer mais e não menos’, aplicando os esforços apropriados para mitigar o risco pela escolha de alternativas com menor risco quando disponíveis e pela assunção das responsabilidades pelo risco potencial. Ainda segundo o mesmo autor, a forma ativa implica em incorporar 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.

Como já colocado, Sudarenikov (2013) indica que para as nanotecnologias, o princípio da precaução deve ser adotado em sua forma ativa, incorporando os componentes citados e respeitando a liberdade de pesquisa e encorajando a inovação.

Apesar do apoio ao princípio da precaução, não faltam críticas ao mesmo, como aponta Stebbing (2009). Nesse caso, a autora indica três pontos de crítica: (1) o fato de que a ‘precaução’ pode levar ao ‘medo do futuro’ pois poderia provocar um aumento na percepção dos riscos; (2) como a tecnologia pode ser vista como um instrumento de controle social, a aplicação de um enfoque de prevenção pode inadvertidamente, reforçar as iniquidades sociais se não considerar o contexto de diferenças entre riscos e benefícios; (3) a autora sustenta que o princípio da precaução pode causar paralisia (em relação ao avanço tecnológico) se as eventuais escolhas individuais sobre aceitação ou não de riscos (desconhecidos) forem superestimadas. Finaliza sugerindo que as críticas apresentadas sejam respondidas com o

estabelecimento precoce de valores sociais (em relação às nanotecnologias) obtidos pela discussão e engajamento público.

3.4.2 *Control Banding* (CB)

A ferramenta de *Control Banding* (CB) se constitui em uma abordagem derivada da iniciativa do UK Health and Safety Executive (HSE) de 1999 intitulada *Control of Substances Hazardous to Health* (COSHH) *Essentials Model*. A abordagem de CB foi desenvolvida como uma ferramenta pragmática para auxiliar a realização da gestão de riscos em situações envolvendo substâncias químicas potencialmente perigosas, onde praticamente não se tem dados sobre a toxicidade destas substâncias (BROUWER, 2012). Nesse tipo de enfoque, os níveis de risco (faixas) são determinados em uma matriz (como no esquema do quadro 3) em função da exposição e do perigo, classificando a situação em foco em um determinado grupo (faixa ou banda), de maneira que para cada faixa haverá ações específicas para o controle dos riscos. Trata-se então, de um enfoque totalmente qualitativo em que o risco não é mensurado mas sim avaliado, prestando-se assim para situações onde exista muita incerteza, como é o caso dos impactos dos nanomateriais sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente.

Ao dispensar levantamentos quantitativos, normalmente mais dispendiosos, o enfoque de CB se adequa a operações de menor porte, como as realizadas em laboratórios de pesquisa ou às micro e pequenas empresas. Tendo surgido no âmbito da indústria farmacêutica, conforme destacado por Brouwer (2012), a abordagem de CB expandiu-se para a indústria química em geral, e mais recentemente, tem sido aplicada a novas tecnologias, especialmente às nanotecnologias. Normalmente estas ferramentas se limitam a indicar uma faixa ou banda de risco para determinada operação e ações associadas para mitigar esses riscos. Desta forma, é indicado que estas ferramentas estejam inseridas em um conjunto maior de ações para que possa se produzir a efetiva gestão do risco.

Exposição \ perigo	Faixa de perigo1 (baixo)	Faixa de perigo2 (alto)
Faixa de exposiçãoA (baixo)	Grupo de risco I	Grupo de risco II
Faixa de exposiçãoB (alto)	Grupo de risco II	Grupo de risco III

Quadro 3 – Esquema genérico de uma matriz de *Control Banding*

Fonte: autor

O uso genérico desta abordagem consistiria em classificar o produto, processo ou situação em sua respectiva faixa de perigo (baixo ou alto) assim como em sua faixa de

exposição, igualmente baixa ou alta. O grupo de risco no qual este produto, processo ou situação seria enquadrado, corresponderia à interpolação entre as respectivas faixas de perigo e exposição.

A ferramenta de CB, conforme mostrada no quadro 3, apresenta algumas características:

- Não há uma limitação específica para o número de faixas tanto de risco como de exposição, o mesmo ocorrendo para o número de grupos (ou categorias) de risco. Embora o esquema genérico apresente apenas 2 faixas tanto para o perigo quanto para a exposição, a proposta da União Europeia (EU, 2012) por exemplo, apresenta uma matriz de três categorias de risco por três categorias de exposição que definem três grupos de risco. Já a proposta CB Nanotool (Paik et al., 2008) possui uma matriz de quatro por quatro, com quatro grupos de risco. Ainda que não haja uma limitação no número de faixas, uma quantidade grande determinaria igualmente muitos grupos de risco o que poderia comprometer a facilidade com que a ferramenta seria utilizada.
- No esquema genérico o grupo de risco I representaria um risco ‘baixo’, o grupo de risco II seria um grupo intermediário (risco ‘médio’), enquanto o grupo de risco III estaria relacionado ao risco ‘alto’. Para cada um destes 3 grupos a ferramenta deve apresentar sugestões para a mitigação ou controle do risco, compatíveis com sua gravidade ou intensidade.

3.4.3 Sistemas de gestão de risco nanoespecíficos

A literatura apresenta uma série de propostas cujo objetivo primário é o controle de riscos advindos dos nanomaterias. A seção 4 deste trabalho dedica-se a fazer uma breve descrição e análise de 17 destas propostas, a seguir listadas na ordem em que foram agrupadas para análise na seção citada. Além da identificação da proposta, a coluna ‘Autor(es) e ano de publicação’ permite a localização do documento no item ‘Referências’ deste trabalho; a coluna ‘país de origem’ apresenta o país da instituição no âmbito da qual a proposta foi desenvolvida ou, na falta desta informação, o país de origem dos autores. A última coluna da figura 3 ‘Referência na seção 4’ indica uma letra que é usada na seção referida para indicar os documentos no quadro comparativo entre propostas (figura 3 na seção 4).

Propostas	Autor(es) e ano de publicação	País de origem	Referência na seção 4
A risk management framework for the regulation of nanomaterials	Tyshenco e Krewski, 2008	Canadá	A
Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials	Tsuji et al., 2006	Estados Unidos	B
The Nano Risk Framework	Dupont, 2007	Estados Unidos	C
Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales (ERNA).	Anton, 2009	Espanha	D
Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles	Amoabediny et al., 2008	Irã	E
Safe Handling Nanomaterials – PD 6699-2:2007	BSI, 2007	Reuno Unido	F
Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace	BAµA, 2007	Alemanha	G
Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management	Osteguy et al., 2009b	Canadá	H
General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories	NIOSH, 2012	Estados Unidos	I
Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities	Andrade e Amaral, 2012	Brasil	J
Control Banding Tool for Nanoparticles	ANSES, 2010	França	K
CB Nanotool	Paik et. al., 2008	Estados Unidos e Holanda	L
Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts	União Europeia, 2012	União Europeia	M
Stoffenmanager Nano 1.0	Duuren-Stuurman et al., 2012	Holanda	N
Precautionary matrix	Hök et al., 2011	Suíça	O
Nanosafer	NANOSAFER, 2011	Dinamarca	P
GoodNanoGuide	Goodnanoguide, 2009	Estados Unidos e Canadá	Q

Quadro 4 – Lista das propostas de gestão de riscos analisadas na seção 4

Fonte: autor

Matthieu (2008) se refere ainda ao sistema CENARIOS®, uma aplicação comercial desenvolvida pela TÜV SÜD (Munique) e pela *Innovation Society*. Este sistema usa quatro módulos individuais combinados: (1) estimativa e avaliação de riscos; (2) monitoração de riscos; (3) características de gestão; (4) certificação. Os quatro módulos são integrados pelos últimos achados da ciência e tecnologia bem como aspectos sociais, legais e de mercado. O sistema foi especialmente desenhado para trabalhar com o controle de riscos tecnológicos complexos sob condições de grande incerteza e mercado altamente dinâmicos (MATTHIEU, 2008).

3.5 Participação dos envolvidos no processo de SST

A participação de todos os envolvidos, em especial dos trabalhadores, é apontada como essencial na condução dos processos de gestão de riscos advindos do trabalho e na promoção de um ambiente laboral saudável (ILO, 2001 e 2011). Desta forma, as metodologias para gestão de riscos que incluem a participação dos envolvidos na sua condução, ou ainda na sua construção e implementação, não podem ser tomadas como um conjunto fechado de práticas, nem como um pacote ou modelo a ser imposto (RODRIGUES, 2007). Trata-se portanto, de um guia de caráter sugestivo ou informativo, cuja adoção integral ou parcial deverá passar pelo diálogo e negociação coletiva.

Neste contexto, o controle dos riscos laborais, embora já possua diretrizes básicas, deverá se constituir em um processo participativo de construção coletiva contínua. 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. O relatório da OIT (2011) aponta no mesmo sentido.

Não se deve perder de vista o fato de que é necessário um ambiente propício para que seja possível a participação de todos, bem como é importante analisar quais poderão ser os eventuais intervenientes no processo, tais como aspectos econômicos, educacionais, informativos e afetivos em relação à situação para a qual se deseja a participação ou engajamento. Segundo Rodrigues (2007), abordagens que contemplem múltiplos aspectos da questão como os citados antes, parecem ser as mais adequadas. Ainda 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’.

É importante salientar que o conceito antes apresentado não se constitui em unanimidade entre os autores da área (RODRIGUES, 2007), havendo diferenças ou mesmo antagonismos entre eles. Desta maneira impõem-se na utilização do conceito de participação que o mesmo seja explicitado, de maneira que se possa indicar em que contexto e de que forma se entende a participação. A aceitação do conceito apresentado implica no fato de que a participação causará interferência nas relações entre os envolvidos, podendo tanto gerar quanto solucionar conflitos. Assim, dependendo do contexto, essa característica poderá ser um obstáculo ou um facilitador. Se não é unânime a defesa da participação dos trabalhadores,

há que se compreender sua relevância, mesmo na possibilidade de geração de conflitos. Se há que se resolver obstáculos e conflitos pela participação e transparência, não pela exclusão de quem sofre o risco, não se pode negar que participações se deem de modos diversos.

A diversidade de entendimentos sobre a participação também aponta para a existência de alguns tipos, maneiras, graus, níveis de importância e de exercício e estilos de participação, como aqueles indicados por Bordenave (1994), resumidamente apresentado no quadro 5.

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.
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.

Quadro 5– Algumas classificações da participação

(continua)

Fonte: Baseado em Bordenave (1994).

Graus de participação	Controle		Descrição
	D	M	
Informação/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/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			
Níveis de importância da participação		Descrição	
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.	
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.	

Quadro 5 – Algumas classificações da participação

Fonte: Baseado em Bordenave (1994).

Santos (2004) também estabelece alguns níveis nos quais a participação pode ser exercida como colocado no quadro 6.

Quadro 6 – Níveis de exercício da participação

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.

Fonte: Baseado em Santos (2004)

Note-se que, *a priori*, não há um modelo de classificação melhor ou pior, ou ainda considerado por unanimidade. O mesmo ocorre em relação à participação em si, ou seja, a 'construção em conjunto' não é necessariamente melhor ou pior do que a 'colaboração'. A situação em particular é que demandará qual o formato mais adequado a ser adotado. Desta forma, os critérios de classificação apresentados prestam-se tão somente para a melhor compreensão do fenômeno e portanto, não se constituem em uma escala de valor.

A diversidade explicitada nos quadros 5 e 6 remete à necessidade de ser definido de maneira mais objetiva que tipo, maneira, grau, nível e estilo de participação seriam os mais apropriados para a condução dos processos de SST nos ambientes de trabalho.

Além das características intrínsecas dos processos de participação, Bordenave (1994) e Borba (2006) apontam alguns princípios da participação que, embora não tenham caráter dogmático servem para apoiar e eventualmente orientar a adoção deste tipo de processo. Segundo estes autores, os princípios da participação são:

- 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).
- 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 pode resolver conflitos, mas também pode gerá-los.
- Não se deve ‘sacralizar’ a participação: ela não é panacéia nem é indispensável em todas as ocasiões.

Bordenave (1994) e Borba (2006) apresentam também alguns fatores condicionantes do processo de participação que tanto podem ser facilitadores ou entraves à participação, dependendo de sua presença ou ausência e da maneira pela qual serão abordados.

Qualidades pessoais e diferenças entre os membros do grupo: a personalidade autoritária, por exemplo, pode dificultar o processo participativo enquanto outra mais tolerante poderá facilitar o processo. As diferenças individuais determinam formas diferentes de participação, enquanto alguns naturalmente assumirão papéis de coordenação e liderança outros poderão produzir muito na condição de operadores do sistema.

A filosofia social (ou conjunto de valores) da instituição ou do grupo: se o grupo se entende dono de seu destino isto poderá apoiar o processo; se, por outro lado, se entender dependente é possível encontrar mais dificuldade.

A estrutura social: a estratificação quer seja de toda a população do país quer seja de um pequeno grupo interferirá na condução da participação.

Os condicionantes históricos: posto que a participação deva ser aprendida e exercitada, a falta ou presença deste aprendizado e exercício tanto poderá beneficiar o processo como obstaculizá-lo.

Os limites derivados da complexidade e do tamanho de uma organização, grupo ou situação: de maneira geral, quanto maior for o número de pessoas e decisões envolvidas e mais complexa for a situação, mais difícil será o processo participativo.

A força das instituições sociais: ao viver em sociedade a pessoa é instada a participar de vários grupos e seu posicionamento frente a estas demandas influenciará em sua participação.

A organização social informal que se desenvolve em qualquer grupo pode ser um fator facilitador no processo participativo.

Convergência de objetivos: a participação tende a ser mais intensa quando o indivíduo percebe que o objetivo do grupo converge com seus próprios objetivos pessoais.

Acesso à informação: a qualidade da participação fundamenta-se na informação veraz e oportuna. Na mesma linha, a EU-OSHA (2012) considera a importância da formação (capacitação) no apoio ao processo de participação em questões de SST amplamente aceita. Neste sentido é importante destacar que a forma e teor da informação devem ser adequados ao seu público-alvo. Como exemplo, um artigo científico pode conter informações preciosas, mas ainda assim inacessíveis aos leigos no assunto.

A realimentação: é importante que processos participativos mostrem aos membros do grupo resultados claros e objetivos. A identificação individual e coletiva sobre estes resultados impulsiona o avanço da participação. Por outro lado, a falta dessa identificação compromete a motivação para o processo participativo.

O diálogo (comunicação): não apenas o diálogo como ‘conversa’, mas em sentido mais amplo que inclua o conceito de alteridade. Ao se colocar no lugar do outro são abertos caminhos para a efetiva troca de ideias e cooperação, necessárias à efetiva participação. Cabe apontar que o exercício do diálogo não é simples e a desigualdade entre os interlocutores conspira contra o processo. O mútuo respeito que promova a aproximação entre os envolvidos que normalmente estariam em patamares diferentes (por exemplo: empregadores e empregados) é imprescindível.

Por fim, mas não menos importante, pode-se colocar entre os principais entraves ao processo de participação a falta de conhecimento, tempo e recursos financeiros não necessariamente nesta ordem e também não de forma mutuamente excludente.

Além dos condicionantes já citados, Bordenave (1994) refere-se aos ‘espaços de participação’, tais como a família, a comunidade e o espaço de trabalho, sendo neste último que se insere a participação preconizada por este trabalho.

Diante do exposto, pode-se afirmar que a participação na condução da gestão de riscos (ou de maneira mais abrangente da SST) no ambiente de trabalho, poderia ser descrita como sendo: macroparticipação (em relação ao tipo); no mínimo provocada, mas preferencialmente concedida (em relação à maneira); cogestão ou delegação (em relação ao grau); de nível 1 para as questões de SST (em relação ao nível de importância); profunda (em relação ao estilo) e como construção em conjunto (em relação aos níveis de exercício).

Com base nos princípios e condicionantes elencados, a participação deverá ser exercitada e promovida no ambiente de trabalho, com a meta de fazer este espaço mais seguro e saudável. Administração aberta à participação efetiva nas questões de SST é aquela que oferece informações corretamente, ouve criteriosamente e consulta ativamente os envolvidos.

A ampla participação é um elemento chave para condução efetiva do controle e mitigação dos riscos em atividades com nanomateriais em laboratórios de pesquisa. A literatura especializada apresenta outras referências à metodologias que também incluem a participação dos envolvidos na condução de processo de SST como parte essencial de seu desenvolvimento. Kogi (2002) coloca três destas ferramentas: (1) *Work Improvement in Small Enterprises* (WISE); (2) *Work Improvement in Neighbourhood Development* (WIND), método para pequenos produtores rurais, e (3) *Participation-Oriented Safety Improvements by Trade Union Initiative* (POSITIVE) um programa para sindicatos. A esta lista pode-se agregar a proposta de Malchaire (2003) *Screening, Observation, Analyse and Expertise* (SOBANE) e o documento *Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems – ILO-OHS 2001*(ILO/OIT, 2001). Além dos documentos mencionados pode-se ainda citar as técnicas de ergonomia participativa, como as descritas por Nagamachi (1995).

3.6. Resultados e discussão

Os resultados desta seção foram divididos em 2 partes. A primeira parte diz respeito à classificação dos documentos analisados em relação às nove áreas alcançadas por estes. Estes resultados compõem o item 3.6.1. A segunda parte refere-se à análise e discussão do conteúdo dos documentos. Estes resultados compõem o item 3.6.2.

3.6.1. Resultados em relação à classificação dos documentos

Nesta seção são apresentados os resultados referentes à classificação dos documentos analisados em relação a suas abordagens das áreas de conhecimento identificadas nestes mesmos documentos. Assim, não se trata de valorar os artigos em relação a sua qualidade intrínseca de conteúdo, mas sim de classificar suas abordagens para o propósito de empreender a revisão em foco.

Desta forma, estes resultados dizem respeito unicamente à classificação das formas como foram conduzidas as abordagens dos artigos e não ao seu conteúdo. Assim a

classificação das abordagens pode auxiliar a identificação dos artigos mais focados em determinada área. Foram atribuídos escores apenas aos documentos cujo tema inclui as nanotecnologias, considerando que as áreas de abrangência desta revisão versam sobre o tema. Para o conjunto da tese, outros documentos que não focam as nanotecnologias foram consultados, mas neste caso não foram classificados. Os resultados da classificação dos documentos segundo o enfoque feito a cada uma das nove áreas relacionadas às nanotecnologias pode ser visto na tabela 5. O quadro 7 apresenta a lista das nove áreas de conhecimento referidas.

Área	Descrição
A1	Caracterização técnica e/ou física das nanopartículas;
A2	Aspectos econômicos das nanotecnologias
A3	Caracterização em relação ao uso e aplicações das nanotecnologias
A4	Caracterização de riscos ou frente às questões de SST
A5	Caracterização dos possíveis agravos à saúde e formas de contaminação
A6	Caracterização em relação às questões éticas
A7	Caracterização em relação à percepção do risco
A8	Caracterização do marco legal
A9	Caracterização em relação ao meio ambiente e a comunidade

Quadro 7 – Lista das nove áreas de conhecimento

Tabela 5 - Caracterização dos documentos sobre nanotecnologias citados no texto (Referências) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada

Documentos sobre nanotecnologias citados no texto (Referências)	Áreas abordadas (quadro7)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
ABDI, 2009		3	3						
Aguar, 2008	1			2					
Amoabediny, 2008				3					
Andrade, 2012				3					
ANSES, 2010	1			3	2				
Anton, 2009				3	3				
Arch, 2009			2		3			1	
Auplat, 2012								3	
Auplat, 2013								3	
Balas, 2010				2	1		1		
Berger Filho, 2010				2	1	1	3	3	2
Bouwmeester, 2009	2		3		3				
Bowman, 2006			1			2		3	
Bowman, 2007								3	1
Bowman, 2008a						2		2	
Bowman, 2008b			1			1	1		
Bowman, 2009		2	2		2	2		1	
Brouwer, 2004				3	1				
Brouwer, 2012				3					
BSI, 2007	2			3	2				
Castranova, 2009				1	2		3		
Choi, 2009		3					3		
Cientifica, 2008		3	3						
Conti, 2008				3			2		
Currall, 2006							3		1
Dupont, 2007				3					
Duuren-Stuurman, 2012				3					
EH&S Nano News, 2008					2			2	2
Ellenbecker, 2008				3					
EUA-OSHA, 2011				1			3	1	2
EU-OSHA, 2009a	1			3	3	2		2	1
EU-OSHA, 2009b				2					
EU-OSHA, 2012				3					
European Commission (SCENIHR), 2009	1			2	2			1	2
European Environment Agency, 2001				3		1	2	1	1
European Union, 2012	1			3	2				
FramingNano Project, 2009	1							3	
Fronza, 2007				3	2		2	3	
Germany/BAUA, 2007	1			3	3				1
Good Nano Guide, 2009				3					
Grossi, 2010					2				
Hallock, 2009	2			3	3				
Handy, 2012					3				3
Hansen, 2009		2		3				2	
Helland, 2008				2			3		
Höck, 2011				3					
Hutchison, 2008	1		1		1		3		
ICTA, 2007				2		3		1	
ILO, 2001				3					
Invernizzi, 2008		1			1	1			2
ISO/TC 229, 2010	3		1					1	

(continua)

Tabela 5 - Caracterização dos documentos sobre nanotecnologias citados no texto (Referências) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada (continuação)

Documentos sobre nanotecnologias citados no texto (Referências)	Áreas abordadas (quadro 7)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Kanerva, 2009							3		
Kay, 2009		3						1	1
Kim, 2006	1		1	2	3				
Kostoff, 2007a	3								
Kostoff, 2007b	3								
Li, 2008		3							2
Linkov, 2008				3					
Linkov, 2009a				3				3	
Linkov, 2009b			3	2	2			2	2
Marchant, 2008				3			3		1
Mark, 2007				2	1		3		
Matthieu, 2008							3		
Maynard, 2006				2	2		2		
Maynard, 2007	1	1	2		1		2		
MIT, 2011				3					
Moor, 2005	1					3			
Murashov, 2007	1	1		1	3				
Murashov, 2009			3						
Nanoaction, 2007						2		1	3
Nanosafes, 2011	1			3	1				
Nasterlack, 2008				3	1		3		
NIOSH, 2012	2			3	2				
NIOSH, 2009a	2			3	2				
NIOSH, 2009b				3	3				2
NNI, 2013		3							
Noorden, 2013				3					
Ok, 2008		2		1			3		2
Osman, 2008	2	1		2	1		3		1
Ostiguy, 2009a		2		3					
Ostiguy, 2009b	1	2		3					
Ostrowski, 2009	1		1		3				
Paik, 2008			1	3	1		3		
Palma-Oliveira, 2009							3		
Petersen, 2007			1			1	3		
Petersen, 2009						3			1
Powell, 2008			1		2		3	3	
Sargent, 2008						2		2	3
Satterstrom, 2008				1	1	1		3	1
Scheufele, 2005							1		2
Schulte, 2006				3		3	2		
Schulte, 2008				3	3				
Schummer, 2008					1		2	2	1
SECO, 2010				3	2		1		
Siegrist, 2007							3		2
Simonet, 2009					3				3
Sparrow, 2009		1	1			3			

(continua)

Tabela 5 - Caracterização dos documentos sobre nanotecnologias citados no texto (Referências) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada (continuação)

Documentos sobre nanotecnologias citados no texto (Referências)	Áreas abordadas (quadro 7)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Stebbing, 2009	2					1	2		
Stern, 2008					3				
Sudarenkov, 2013							2	2	2
Texas A&M Engineering, 2005	2			3	3				
Tsai, 2009					1		3		
Tsuji, 2006				3					
Tyshenco, 2008				3					
US/DOE, 2008a				3	2				1
US/DOE, 2008b				3	2				
Voogd, 2010	3			3					
Wang, 2011				3					
Wardak, 2008		2					2		
Warheit, 2008				2	2				
Soma dos escores	43	35	31	168	95	35	86	57	48

O Gráfico 1 mostra as áreas ordenadas pela soma dos escores de forma decrescente

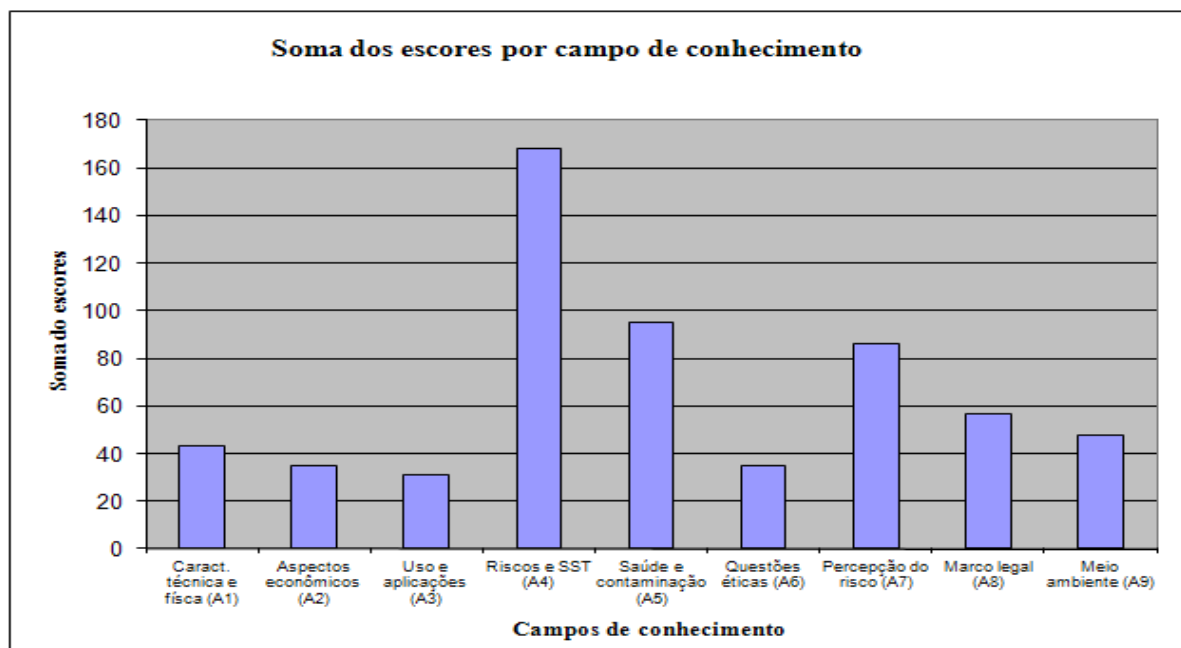


Gráfico 1 – Soma dos escores por área para os documentos citados no texto

É possível agrupar as áreas analisadas segundo o tipo de abordagem em três grupos distintos: um primeiro grupo, representado pela área 4 com escore total de 168. Este resultado é esperado já que, como mencionado, o foco desta revisão é justamente os impactos das nanotecnologias sobre a segurança e saúde no trabalho, ou seja, a abordagem descrita na área 4.

Um segundo grupo, intermediário, formado pelas áreas 5 com escore de 95 e pela área 7 com escore de 86. Note-se que estas áreas são bastante próximas ao alvo da revisão pelo que se justifica um escore elevado para as mesmas.

O terceiro grupo contendo as demais áreas: área 8 (57), área 9 (48), área 1 (43), área 2 (35), área 6 (35) e área 3 (31) com abordagens mais superficiais, o que novamente é esperado visto não serem o foco desta revisão. A classificação, analisada desta forma, fortalece o foco do presente trabalho.

Em relação à dispersão entre as áreas, a diferença de escore entre o maior e o menor valor é de 137. É importante notar que a diferença de escore entre a área 4 (168) e a área 3 (31) não indica que se conheça menos a área 3 ou mais em relação a área 4 ou ainda que uma é mais ou menos importante que a outra. A diferença indica apenas que os documentos analisados têm como foco principal a área 4 e não a área 3, embora em alguns casos, façam referência à ela. Isto naturalmente é esperado, já que a coleta destes documentos baseou-se em critérios cujo foco é a área 4 e não as demais áreas.

Na tabela 6 são apresentados os resultados da mesma metodologia de análise, neste caso aplicada aos 74 documentos constantes do apêndice B.

Tabela 6 – Caracterização dos documentos sobre nanotecnologias consultados (Apêndice B) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada

Documentos sobre nanotecnologias consultados (Apêndice B)	Áreas abordadas (quadro 7)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Bainbridge, 2004									3
Balbus, 2007	1			2	3				
Balshaw, 2005	2						3		2
Bijker, 2007					2			1	
Boccuni, 2008	1			1			3		
Burri, 2008							1		3
Byko, 2004							1		1
Calster, 2008							1	2	
Chiari, 2007	1		3						
Cobb, 2004						1			3
Crane, 2008					2		3		3
Davies, 2008								3	2
Demajorovic, 2007									1
Dorbeck-Jung, 2007		2						3	
ETUC, 2008					1	1	1	2	2
EU-OSHA, 2009				2					2
Fauss, 2008					3				
Fernandes, 2008				1		1			1
First International Symposium, 2004				3	2				2
Gibbons, 2006									3
Gould, 2008	1				1		3	2	

(continua)

Tabela 6 – Caracterização dos documentos sobre nanotecnologias consultados (Apêndice B) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada (continuação)

Documentos sobre nanotecnologias consultados (Apêndice B)	Áreas abordadas (quadro 7)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Grossman, 2008	1						1	1	
Grunwald, 2005						3	3		
Helland, 2006	1			1			2	3	
Helland, 2007	2				3				2
Holsapple, 2005					3		2		
Hoyt, 2008					3			1	2
ICON, 2006				2				1	1
Kahan, 2008						1	3		2
Katao, 2006					1		3	2	1
Keller, 2006							3		1
Klaine, 2012	3		1	2	1				2
Klimonskii, 2006			3						
Kuzma, 2006							3		
Kuzma, 2008a						3	3	1	
Kuzma, 2008b							2		2
Lindberg, 2007				2	2				2
Ludlow, 2008							1	3	
Macoubrie, 2005							3	2	2
Matsui, 2009				1					
Maynard, 2005	2		1		3		2		
Maynard, 2006				3	3				
Maynard, 2006				2					
Meili, 2006						1		3	1
Morachevskii, 2006		2							
Nordmann, 2004						2			2
Oberdörster, 2006				1					3
Ok, 2008		2		2	2				
Osteguy, 2006				3	3				1
Ostertag, 2008			2		2		3		
Owen, 2005				2					3
Paddock, 2008									3
Powell, 2006 Parte 1		2			2				
Powell, 2006 Parte 2						2			2
Priestly, 2007	1				2		3		
Pui, 2008	2				2				
Renn, 2006	1		2				2		
Roller, 2009	1			3	2				
Seaton, 2006				1	2				
Shinohara, 2010				2					
Silva, 2008				2	2				
Sng, 2008					1		3	1	
Sweeney, 2006	2					3			2
Takemura, 2008					2		2	1	
The National Academies, 2009							3	3	2
Thomas, 2005		3					1		
Thomas, 2006								3	2
Tsuji, 2006		2		2			2		
Walsh, 2008							3	1	
Wardak, 2007		1						3	

(continua)

Tabela 6 – Caracterização dos documentos sobre nanotecnologias consultados (Apêndice B) por tipo de abordagem em relação à área de conhecimento analisada (continuação)

Documentos sobre nanotecnologias consultados (Apêndice B)	Áreas abordadas (quadro 7)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Warheit, 2004	2				3				
Wisniewski, 2005		2		1	1				2
Soma dos escores	24	18	12	44	59	18	72	42	68

Fonte: autor

O gráfico 2 mostra as áreas ordenadas pela soma dos escores de forma decrescente.

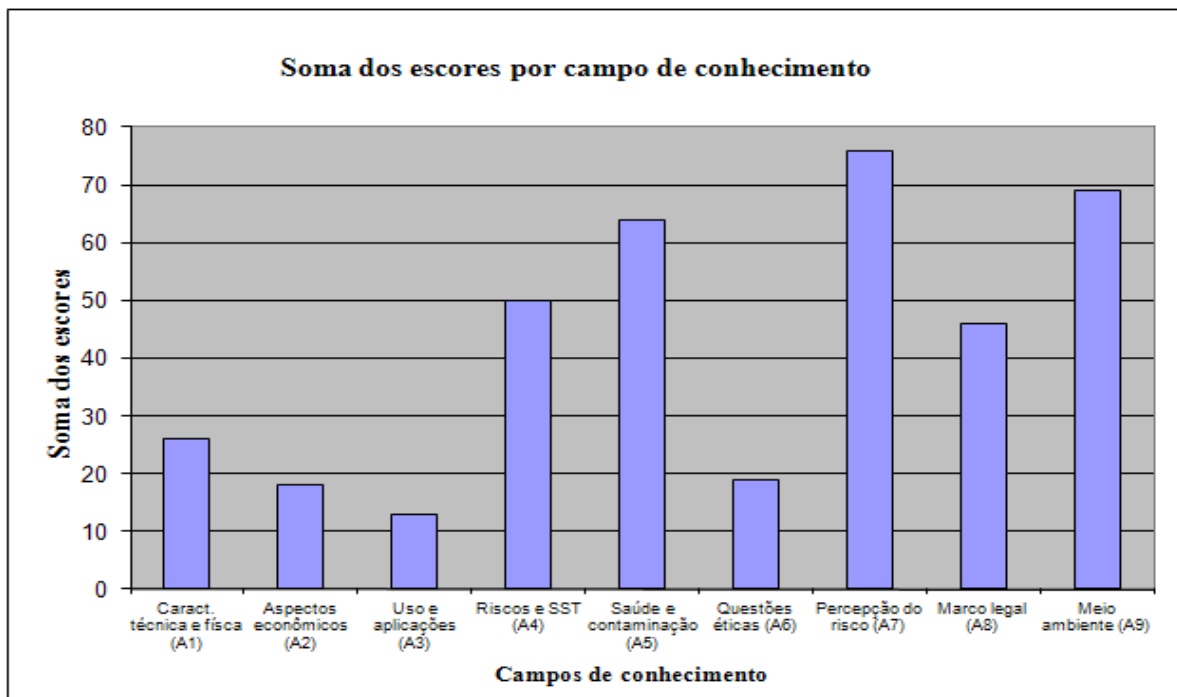


Gráfico 2 – Soma dos escores por área para os documentos consultados (apêndice B)

Também em relação à coleção de documentos consultados (mas não citados diretamente) é possível o agrupamento destes em função da soma dos escores, em 3 grupos, o primeiro grupo com 3 áreas, 7 (76), 9 (69) e 5 (64) com as principais áreas de foco. O segundo grupo intermediário com duas áreas, 4 (49) e 8 (46) e o terceiro grupo com 4 áreas, 1 (26), 6 (19), 2 (18) e 3 (13).

Note-se que, embora a pesquisa inicial objetivasse documentos cujo cerne fossem as nanotecnologias e a SST, uma leitura mais atenta mostrou que nem todos os documentos tinham por foco exatamente este ponto. Neste caso, estes documentos embora analisados, não foram citados diretamente no texto. Isto explica por exemplo, um escore baixo para a área 4. Outro ponto que merece destaque é que a área 7 recebeu o maior escore, justamente área

subsidiária ao foco desta revisão, o que indica que a coleta dos documentos foi suficientemente abrangente para alcançar outras áreas relacionadas.

A diferença entre a maior e a menor soma de escores para este caso é de 63, dispersão menor, portanto, que o grupo anterior. Novamente, da mesma forma como no grupo anterior, a classificação não guarda relação com a qualidade dos artigos servindo apenas como ferramenta para o seu manejo.

3.6.2 Resultados em relação aos impactos das nanotecnologias sobre a SST (conteúdo dos documentos analisados)

Em relação aos impactos das nanopartículas sobre a SST e o meio ambiente, o atual estágio de conhecimento é caracterizado pela incerteza e em alguns casos, por posições conflitantes. Embora os riscos específicos de muitas nanopartículas não sejam adequadamente conhecidos há, por parte dos autores envolvidos com o tema, a preocupação de como estes riscos poderão ser controlados ou mitigados. As perspectivas de uso cada vez mais abrangente das nanotecnologias apontam para implicações éticas, sociais e econômicas significativas sem que esteja claro qual será a melhor estratégia para conduzir estas questões. No entanto, não parece apropriado que a sociedade opte por agir de forma negligente diante dos riscos esperando uma comprovação científica da real existência e extensão das consequências de um risco.

À luz da bibliografia consultada parece indicar que o diálogo e envolvimento social sejam uma maneira adequada para lidar com a incerteza, tendo em conta que autores (EU-OSHA, 2012, ICTA, 2007, POWELL et al., 2008, MARCHANT, et al., 2008; SARGENT, 2008; PETERSEN e ANDERSON, 2007, SATTERSTROM, 2009) citam estes pontos diretamente, outros (SUDARENKOV, 2013, AUPLAT, 2012; HANSEN, 2009) o fazem de maneira indireta, não havendo um único (dentre os documentos consultados) que se oponha a tal.

A forma e a profundidade em que este diálogo deverá ocorrer e quem serão efetivamente os interlocutores desta discussão são pontos ainda controversos e, provavelmente, não terão respostas únicas para todas as comunidades envolvidas. Embora a cooperação internacional esteja presente na agenda de todos aqueles que se debruçam sobre o assunto, as estratégias de envolvimento de trabalhadores, do público, de especialistas e demais interessados deverão ser tão diversificadas quanto o são as comunidades em tela.

As nanotecnologias, juntamente com outras tecnologias emergentes, são tidas como uma das áreas que caracterizarão o século 21, com profundas implicações econômicas, éticas e sociais com desdobramentos em diversas outras áreas. Em contrapartida às preocupações com seus impactos, as nanotecnologias se constituem em um campo fértil para o desenvolvimento de novos enfoques relativos à introdução e condução de novas tecnologias na sociedade.

Provavelmente, o maior desafio em relação às nanotecnologias no que tange as questões de SST seja o de pensar ao avesso (ou lidar com o desconhecido): não deve ser necessário conhecer (já que existem mais dúvidas do que certezas) para que se possa obter proteção. Este desafio traz implicações em áreas que vão desde a engenharia, passando pelo direito até a ética e filosofia.

A cada dia, novas nanopartículas são engenheiradas. Estudos toxicológicos são por natureza lentos, e seus resultados não estarão disponíveis senão em quase uma década. Aparentemente, com as nanotecnologias ocorrerá o mesmo que já ocorre com a indústria química tradicional onde não há informações efetivas para um grande número de produtos. Faz-se então necessário, que novas abordagens sejam implementadas de forma que não se conte com o conhecimento sobre a toxicidade das nanopartículas (da maneira tradicional) para que sejam tomadas atitudes de prevenção em relação às mesmas (BOWMAN, 2008; NANOACTION, 2007). Não se trata de dispensar os estudos toxicológicos, muito antes pelo contrário, estes devem ser ainda mais incentivados posto que fornecem importantes dados a respeito dos efeitos das nanopartículas sobre o organismo humano e sobre o meio ambiente.

Mesmo que os investimentos em pesquisas sobre nanotoxicidade fossem de 10% do total investido em pesquisa nesta área (o que corresponderia a 10 vezes o valor atual para o caso dos EUA), ainda assim a adequada caracterização dos perigos das nanopartículas levaria entre sete e 11 anos, pressupondo apenas os nanomateriais já existentes. Ao se considerar que novos materiais são lançados a cada dia, esta é uma corrida já perdida (CHOI, et al., 2009).

Já foi dito que ‘não existe vida sem risco’ (STERN e MCNEIL, 2008). No entanto, não se pode esperar que os danos sejam causados para depois buscar sua reparação; até porque, para sofrimento, incapacidade, ou mesmo morte causada por contaminação, não existe reparação possível. Existem muitas questões sem resposta no que diz respeito à preocupação com a segurança em relação aos nanomateriais (STERN e MCNEIL, 2008; MURASHOV, 2009), logo, trabalhar com a incerteza passa a ser algo certo.

A exposição à boa parte dos contaminantes químicos é medida em concentração de

massa (massa/volume). Baseado nas características únicas das nanopartículas Hallock (2009) aponta para a possibilidade de que a massa talvez não seja a medida mais apropriada para a caracterização da exposição às nanopartículas. Como já colocado, Voogd (2010) aponta a área superficial das nanopartículas como a métrica mais apropriada. Este aspecto torna-se especialmente importante ao se considerar que a grande maioria dos métodos de avaliação de contaminantes, bem como os limites de tolerância, tem suas unidades de medida baseados na massa dos contaminantes. De outra forma é possível indagar como deve ser feita a gestão de riscos como preconizado por diversos autores citados (MARCHANT, et al., 2008; DUPONT, 2007; MATHIEU, 2008; MAYNARD, 2006; PAIK, et al, 2008; HELLAND et al., 2008; SATTERSTROM, 2009) se sequer existe a certeza da maneira (ou medida) pela qual se deve quantificar (ou caracterizar) as nanopartículas em relação aos seus impactos sobre a saúde.

3.7 Considerações finais

Tendo em conta as incertezas e lacunas de conhecimento em relação às nanopartículas e seus efeitos sobre a saúde dos trabalhadores, não há consenso sobre como agir diante deste cenário.

A proposta em relação às tecnologias emergentes é que estas sejam consideradas perigosas – e como tal sejam tratadas – até que pesquisas ou evidências práticas demonstrem que as mesmas sejam inócuas. Não se trata de travar o desenvolvimento destas tecnologias (ainda que alguns considerem desta forma como Marchant (2008)), mas tão somente conduzi-las através do caminho da prevenção ou o mais próximo que se consiga desse preceito. Em outras palavras, aplicar o princípio da precaução de forma ativa.

O princípio da precaução, tratado com mais detalhes na seção 3.4.1, pode ser caracterizado (ou sumariado) pela expressão popular ‘melhor prevenir do que remediar’ (MARCHANT et al., 2008). Em que pese o fato de que este princípio não se limita ao dito popular e é muito mais complexo do que isto, pode-se entender que a sua aplicação: a) deve ser antecipatória, como o próprio nome sugere; b) deve ser imposta quando há incerteza científica de danos potencialmente graves e irreversíveis (como parecem indicar vários autores, entre eles, MARCHANT, 2008; MAYNARD, 2007; PAIK et al. 2008 e STEBBING, 2009). Tal incerteza não inverte o ônus da prova e não exime de responsabilidade os responsáveis por possíveis danos; c) finalmente, o princípio da precaução impõe transparência e amplo acesso às informações com vistas a proporcionar a participação da sociedade na

tomada de decisão (SATTERSTROM, 2009; BERGER FILHO, 2010).

Há que se ressaltar que, mesmo que sejam adotadas as medidas de controle que o estado da arte disponibiliza, ainda assim podem ocorrer efeitos não desejados e não previstos, pois a questão permanece: até que ponto os atuais controles e barreiras são efetivos em relação aos nanomateriais (MAYNARD, 2007; TSAI e PUI, 2009)?

A lista de documentos consultados na realização desta seção, mas não citados diretamente no texto, é apresentada no apêndice B. O apêndice C traz uma lista de sítios na Internet que abordam as questões de SST relacionadas às nanotecnologias, também como resultado do esforço empreendido na revisão bibliográfica. O apêndice D apresenta a versão em inglês do artigo gerado pela contextualização apresentado nesta seção

4. COMPARAÇÃO CONCEITUAL ENTRE PROPOSTAS DE GESTÃO DE RISCO EM ATIVIDADES COM NANOMATERIAIS

4.1 Considerações iniciais sobre a comparação conceitual entre propostas de gestão de risco de nanomateriais

A manipulação de nanomateriais apresenta novos desafios para a gestão de riscos. Se por um lado as nanotecnologias estão cada vez mais presentes em pesquisas e na produção de materiais inovadores, por outro lado faltam dados sobre a dimensão dos impactos destes materiais sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente.

Neste cenário de incertezas uma série de esforços tem sido feita para mitigar as adversidades e oferecer diretrizes para a gestão dos riscos à saúde associados aos nanomateriais. Na literatura são encontradas diversas abordagens de como realizar tais ações (OSTIGUY et al., 2009; ANDRADE e AMARAL, 2012; PAIK et al., 2008; HÖCK et al., 2012, entre outras).

Paik et al. (2008) salientam que a abordagem tradicional da Higiene Ocupacional (HO) para o controle de risco à exposição por inalação de partículas perigosas é baseado em (i) amostrar de maneira representativa, o ar respirado pelo trabalhador, (ii) determinar a concentração do contaminante na amostragem realizada e, (iii) conhecer o limite de exposição para este contaminante.

As premissas acima citadas para a HO encontram barreiras para serem adotadas nos casos em que o contaminante é formado por nanopartículas, em função das lacunas de conhecimento sobre vários aspectos destes materiais, tais como, a métrica que melhor represente a possibilidade de contaminação, os níveis de contaminação e os limites de exposição como indicado por Paik et al., (2008).

Brouwer (2012) realizou uma comparação de algumas abordagens permitindo entender a complexidade do problema e seus diferentes objetivos e estruturas. Deste estudo, pode-se depreender que algumas das dificuldades em trabalhar com os nanomateriais estão relacionadas às métricas a serem utilizadas, tanto na caracterização do perigo quanto da exposição. O trabalho de Brouwer (2012) baseou-se essencialmente em propostas que empregaram o enfoque de *Control Banding* (CB). O CB é uma alternativa plausível para o enfoque tradicional de HO permitindo que sejam vencidas as barreiras anteriormente citadas. O uso do CB pode ser realizado onde sejam escassos os dados tanto de perigo quanto de

exposição. Ambos perigo e exposição, poderão ser valorados de maneira qualitativa (e não necessariamente quantitativa), obtendo-se faixas (ou níveis de risco) para cada uma das quais serão sugeridas ações de controle. Assim, esta seção da tese tem como objetivo oferecer uma visão ampla e comparativa entre 17 propostas presentes na literatura, analisadas com base em suas principais características. Além disso, busca classificar os estudos existentes de acordo com a sua abrangência em relação às ações atribuídas a cada uma das estratégias e princípios de supervisão das nanotecnologias.

4.2 Procedimentos metodológicos

Foram analisados 17 trabalhos publicados cujo objetivo comum e genérico é a gestão dos riscos de segurança e saúde no trabalho, decorrentes dos nanomateriais. Um destes trabalhos, intitulado *Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities* (Andrade e Amaral, 2012), constitui-se na primeira versão conceitual da sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia, foco desta tese. Por se tratar de trabalho do autor, este é apresentado no apêndice G deste volume.

Cabe apontar que a primeira versão conceitual, antes mencionada, não foi incluída no corpo do texto da tese por dois motivos: (1) tal qual as demais 16 propostas comparadas, esta também está publicada, assim, apresenta-se apenas como apêndice. Porém, como as demais, ela pode ser obtida pelas referências bibliográficas deste documento; (2) se entendeu que, embora publicado, o trabalho evoluiu incorporando outras bases como: um melhor entendimento do fluxo de classificação de risco, atendimento a situações de emergência, etc.). Portanto, mereceu destaque no corpo do texto apenas a versão final apresentada na seção 6.

Outro aspecto que merece destaque está relacionado com a forma de desenvolvimento da sistemática objeto desta tese. Trata-se de um processo incremental no qual, por meio de várias aproximações sucessivas, o texto vai sendo aprimorado com base na literatura e nos esforços de pesquisa até atingir um nível que permitisse contribuir, de maneira inédita, para o avanço do conhecimento na área. A primeira versão conceitual destaca-se das demais propostas, como pode ser visto nos quadros comparativos apresentados na seção 4.3 (Resultados e discussão), porém como corpo de conhecimento ainda necessitava de maior fortalecimento, pelo que foi aprimorada resultando deste processo o objeto desta tese (como antes mencionado, a versão final apresentada na seção 6 deste volume).

Com base nas propostas examinadas elaborou-se uma lista abrangente de estratégias e ações que as compõem. Esta lista serviu de base para a criação de um quadro comparativo entre os vários documentos, que indica a presença ou ausência destas ações e estratégias ou em alguns casos, referência à estas feita de maneira genérica ou implícita. Paralelamente cada proposta foi sumariamente descrita, apontando-se suas principais diferenças em relação às demais.

Os trabalhos analisados foram inicialmente categorizados em três grupos, segundo o seu principal enfoque: 1) enfoque estratégico que define de maneira geral ‘o que fazer’ (a estratégia) e não ‘como fazer’ (as ações); 2) o enfoque metodológico que fornece além de estratégias um conjunto prático de medidas para o controle dos riscos advindos dos nanomateriais e, 3) o enfoque pragmático que define prioritariamente ‘como fazer’ (as ações). Neste último grupo temos as ferramentas apoiadas pelo ‘enfoque de controle de bandas ou faixas’ (*Control Banding approaches*) (BROUWER, 2012).

Tanto as estratégias quanto as ações foram agrupadas segundo os princípios básicos indicados para a supervisão das nanotecnologias, sendo estes princípios definidos pelo *International Center for Technology Assessment – ICTA*, (2007). Estes princípios são mencionados e descritos como sendo aqueles necessários à regulação de atividades com nanomateriais sendo eles: 1) princípio da precaução, 2) regulação nanoespecífica compulsória, 3) segurança e saúde do público e dos trabalhadores, 4) proteção ambiental; 5) transparência, 6) participação do público, 7) inclusão de amplos impactos e, 8) responsabilidade do produtor.

As estratégias foram agrupadas segundo os princípios que atendem mais diretamente sem contudo representar ou dar conta da abrangência do princípio proposto. Desta forma, os princípios em questão são em geral, bem mais abrangentes que o conjunto das estratégias que lhe foram atribuídas. Alguns dos princípios citados não são alcançados pelas propostas de gestão de risco já que escapam ao escopo das mesmas, como é o caso do princípio por uma regulação obrigatória nanoespecífica. Da mesma forma, nenhuma das propostas inclui estratégias ou ações para amplos impactos (éticos, sócio econômicos, comerciais, etc.) tendo em conta que estes devem ser previstos ou abordados com outras ferramentas de maior abrangência. Assim, considerando o exposto os princípios sobre a regulação nanoespecífica compulsória bem como o princípio da inclusão de amplos impactos, não foram incluídos na análise. Os princípios sobre segurança e saúde de público e trabalhadores e o princípio ambiental foram agrupados tendo em conta a similaridade de propósito, qual seja, a proteção.

Na mesma linha, foram agrupados os princípios relativos à participação do público e da responsabilidade do produtor por conta da superposição das relações entre as estratégias e ações e o atendimento (parcial) a estes princípios.

É importante salientar que a análise destina-se a evidenciar as características presentes em cada documento analisado sem contudo, atribuir valor (melhor ou pior) aos mesmos. Ao conjunto de estratégias ligadas aos princípios anteriormente mencionados foram atribuídas 30 ações específicas, as quais na sua incluem as principais características encontradas nos trabalhos estudados.

4.3 Resultados e discussão

De acordo com a metodologia explicitada, a figura 3 apresenta um comparativo com as principais características das propostas e ferramentas analisadas que são a seguir resumidamente descritas. Cada ferramenta apresenta uma letra entre colchetes que é sua referência na referida figura.

4.3.1 Abordagens estratégicas

Dentre as abordagens estratégicas pode-se citar o trabalho de Tyshenco e Krewski (2008) [A], *A risk management framework for the regulation of nanomaterials*, que apresenta uma estrutura geral, propondo um conjunto de estratégias para a regulação da manipulação dos nanomateriais. Bastante abrangente, a proposta visa principalmente, um enfoque integrado e padronizado que facilite no futuro, a quebra de eventuais barreiras comerciais. Por ter como objetivo a criação de estrutura de regulação e não o controle específico de uma atividade, a proposta, mesmo nas especificações das estratégias, é genérica.

A avaliação de risco das nanopartículas, proposta por Tsuji et al. (2006) [B] (*Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles*) é parte de um conjunto maior de estratégias de pesquisa para a avaliação segura de nanomateriais. Especificamente detém-se com maior riqueza de detalhes nas formas de exposição e seus possíveis efeitos adversos à saúde humana. A estrutura de avaliação de risco é mais concisa.

Propostas analisadas	Incluem CB							Abordagens "Control Banding (CB)"									
	Tyebenco (A risk management framework)	Tsuji (Risk assessment of nanoparticles)	DuPont Nano Risk Framework	ERNA	Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles	A abordagem britânica (BSI)	A abordagem alemã (BspA)	A abordagem do Quebec	A abordagem americana (NIOSH)	Proposta metodológica de ações para laboratórios	ANSES CB tool for nanoparticles	CB Nanotool 2.0	Working Safely with Engineered Nanomaterials	Stoffmanager Nano 1.0	Precautionary matrix	Nanosufer	GoodNanoGuide
Referência	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Tipo de enfoque da proposta																	
Enfoque estratégico (define estratégias)	√	√	√	√													
Enfoque metodológico (define estratégias e ações)					√	√	√	√	√	√							
Enfoque pragmático (define apenas ações) => ferramenta CB												√	√	√	√	√	√
Fornece elementos para que tipo de avaliação de risco																	
Apenas qualitativa	√	√	√	√	√					√	√	√			√		√
Qualitativa e quantitativa						√	√	√	√				√	√		√	
Pais de origem da proposta ou da instituição do autor e ano de publicação																	
Pais de origem	Canadá	EUA	EUA	Espanha	Itália	Reino Unido	Alemanha	Canadá	EUA	Brasil	Francia	EUA/Holanda	União Europeia	Holanda	Suíça	Dinamarca	EUA/Canadá
Ano de publicação	2008	2006	2007	2009	2008	2007	2007	2009	2012	2012	2010	2008	2012	2012	2011	2011	2009
Princípios, estratégias e ações envolvidas																	
Princípio da transparência																	
Estratégias de implementação de políticas	↑		↑														
Escrita, clara e transparente											↑	↔					↔
Participação de todos								↔	↔	↑							
Princípio da participação do público																	
Princípio da responsabilidade do produtor																	
Estratégias focadas na organização	↑		↑														
Responsabilidade por prestar contas								↔		↑	↔						↑
Competência e capacitação						↔			↑	↑			↔				↑
Documentação						↑	↑	↑	↑	↑	↑		↑				↑
Comunicação ampla								↔		↑							↑
Princípio da precaução																	
Estratégia de identificação do perigo	↑	↑	↑	↑													
Caracterização dos nanomateriais						↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Princípio de proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores																	
Princípio da proteção ambiental																	
Estratégia de avaliação da exposição	↑	↑	↑	↑													
Tipo de exposição (inalação, dérmica, ingestão)						↑	↑	↑	↑	↔	↔	↑			↔	↔	↔
Monitoração de indicadores biológicos (vigilância médica)						↑		↑	↑	↑		↔	↑				↑
Monitoração ocupacional e ambiental						↑	↑	↑	↑	↔			↔	↑			↔
Determinação do pessoal envolvido e possíveis exposições						↑	↑	↑	↔	↑		↑			↑		↑
Estratégia de avaliação da toxicidade	↑	↑	↑	↑													
Estudos de toxicidade				↑	↑												
Determinação dos limites seguros de exposição				↑	↑												
Estratégia de caracterização do risco	↑	↑	↑	↑													
Cálculo de risco									↑						↔	↑	
Extrapolação de modelos								↑									↔
Hierarquização dos riscos						↑			↔	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Estratégia de gestão do risco (planejamento e implantação)	↑		↑	↑													
Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos						↑	↑	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos						↑	↑	↔	↑	↑	↔		↑	↑	↑	↑	↑
Rotulagem / armazenamento						↑	↑		↔	↑	↑						↑
Limpeza / derramamento						↑			↔	↔	↔		↔				↑
Transporte						↑			↔		↑		↔				↑
Destinação/eliminação de resíduos						↑	↑			↑			↔				↑
Equipamentos de proteção individual						↑	↑	↔	↑	↑	↑		↑	↑			↑
Risco de fogo ou explosão com nanopartículas						↑			↑	↑	↑						
Estratégia de acompanhamento ou vigilância	↑		↑														
Monitoração							↑	↑	↑	↑	↑			↔		↑	↑
Investigação (acidentes e incidentes)							↑		↑	↑	↔						
Auditoria / revisão							↑	↑	↑	↑	↑						↑
Análise crítica da administração							↑		↔	↑							↔
Estratégia de melhoria			↑														
Ação preventiva e ou corretiva							↑	↑	↔	↑	↑						↑
Melhoria contínua								↑	↔	↑	↑			↔			↑

√ = indicativo de pertencer à categoria ↑ = estratégia referida ↑ = ação com referência direta ↔ = ação com referência implícita ou genérica
 Nota: nas propostas estratégicas indica-se apenas a referência a estratégia presente já que por definição não há indicação de ações, exceto para a avaliação de toxicidade onde isto ocorre.

Figura 3 - Descritivo e comparativo entre propostas

The Nano Risk Framework (Dupont, 2007) [C] trata-se de um guia prático de gestão de riscos que tem sua gênese no princípio do ‘risco aceitável’, assim uma ação poderá ser realizada desde que o risco envolvido seja aceitável, ainda que não tenha sido definido o que é aceitável e para quem. O documento prevê a realização de testes e ensaios que definam os perfis dos nanomateriais que se quer controlar incluindo alguns referentes à nanotoxicidade. Sua origem e características fazem-no aplicável especialmente às grandes organizações (MATTHIEU, 2008) tendo sido desenvolvida no âmbito de uma parceria entre a indústria química DuPont e o grupo *Environmental Defense* (EUA). Contém os macros elementos de um sistema de gestão incluindo a indicação de testes de nanotoxicologia (provavelmente seu grande diferencial em relação aos demais) além de incluir a preocupação com o conceito de ciclo de vida do produto o que indica uma visão de preocupação com a segurança dos consumidores. Segundo Auplat (2013), sua aplicação acabou restrita a própria Dupont.

A contribuição espanhola *Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales – ERNA* [D], apresentada por Anton (2009) é uma proposição basicamente apoiada nos métodos convencionais de avaliação de risco com a incorporação de uma análise de incertezas como forma de mitigar as lacunas de conhecimento sobre os efeitos das nanopartículas sobre a saúde daqueles que as manipulam.

4.3.2 Abordagens metodológicas

Do total das abordagens consideradas, seis propostas foram classificadas como tendo um enfoque metodológico, sendo que três delas incluem, além de estratégias, ações definidas pelo emprego do enfoque de *Control Banding*. As propostas metodológicas são:

Amoabediny et al.(2008) [E] apresentaram o trabalho *Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles*, este documento contém algumas estratégias gerais e por isso foi classificada como uma proposta metodológica, apesar de não fazer menção a vários outros pontos relevantes. Há que se considerar ainda que diante das demais propostas, esta é mais antiga - o que certamente pode explicar algumas lacunas, tais como a falta de engajamento dos demais envolvidos na construção da proposta e caracterização superficial dos nanomateriais.

A abordagem britânica [F] (*British Standard-BSI Safe Handling Nanomaterials – PD 6699-2:2007*) apresenta um conjunto de estratégias e ações específicas para o controle e gestão dos riscos associados aos nanomateriais. Diferentemente de outras opções, cuja

avaliação é apenas qualitativa, esta norma indica aparelhos e metodologias que permite a análise quantitativa de nanopartículas, bem como aponta alguns limites de exposição para estes materiais.

Outra abordagem, do Instituto Federal de Segurança e Saúde Ocupacional Alemão [G] (*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA*) de 2007, intitulada *Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace* é relativamente genérica e dedica especial atenção à possível contaminação por nanomateriais pela inalação. Embora indique alguns métodos de avaliação quantitativa não fornece maiores elementos quanto aos limites ou metodologias a serem aplicadas.

Como exemplos de propostas metodológicas, que incluem o enfoque de CB, pode-se indicar ainda abordagem do Quebec [H] *Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management*, apresentada por Osteguy et al. (2009), que propõe um enfoque abrangente indicando tanto estratégias gerais para a gestão de riscos associados aos nanomateriais bem como uma abordagem do tipo CB, baseada e referenciada no trabalho de Paik et al. (2008), CB Nanotool. Esta proposta também referenciada como *Quebec approach* é bastante completa como pode ser evidenciado na tabela 1.

A abordagem do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [I], denominada *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories* (2012) é igualmente abrangente. Parte do pressuposto de que existe um sistema maior de controle e gestão de riscos na organização, no qual as orientações nanoespecíficas irão se somar. Desta maneira, uma série de ações e enfoques está subentendida neste documento por fazerem parte do sistema geral. Além das orientações genéricas a proposta indica o uso do enfoque de CB como parte integrante das ações de controle de riscos dos nanomateriais.

Integrando este grupo de enfoques insere-se também o trabalho apresentado por Andrade e Amaral (2012) [J] *Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities*. Este documento apresenta um fluxograma simplificado para a caracterização dos nanomateriais, mas em contrapartida oferece uma série de sugestões de controle em diversas operações especificadas e estratificadas, como limpeza do local, rotulagem e descarte. Esta proposta inclui as diretrizes da OIT para sistemas de gestão e, neste sentido, preconiza a participação ativa de todos os envolvidos e não apenas do pessoal técnico, assim como o envolvimento obrigatório da administração na condução da gestão de riscos dos nanomateriais. Outros pontos que a

diferenciam são a adoção do princípio da precaução e o uso de enfoques qualitativos para avaliação do ambiente de trabalho.

Além das abordagens metodológicas já caracterizadas, pode-se citar ainda o enfoque francês ANSES *Control Banding Tool for Nanoparticles* [K]. Embora Brouwer (2012), considere esta abordagem francesa apenas ferramenta de CB, entende-se que a mesma é mais ampla pois contém alguns elementos de um sistema de gestão (planejamento, implantação e operação, verificação e ação corretiva, revisão da gestão). Em função disto, este enfoque é caracterizado como do tipo metodológico, sendo digno de nota o fato de seus autores indicarem a necessidade de pessoal especializado para implementar este método.

4.3.3 Abordagens pragmáticas tipo *Control Banding* – CB

Brouwer (2012) indica seis ferramentas baseadas no enfoque de CB, 1) Precautionary matrix; 2) CB Nanotool 2.0; 3) Guidance on working safely with nanomaterials and nanoproducts; 4) Stoffenmanager Nano 1.0; 5) ANSES CB tool for nanoparticles e, 6) Nanosafer. Embora Brouwer (2012) não tenha considerado, além destas pode-se ainda incluir nesta categoria a proposta GoodNanoGuide (2009).

Uma das primeiras aplicações do enfoque de CB às nanotecnologias (*CB Nanotool*) [L] foi proposta por Paik et al. (2008), que classifica uma determinada operação com nanomateriais em quatro níveis de risco. Esta classificação baseia-se na interpolação entre um escore de gravidade, obtido por algumas características físico-químicas das nanopartículas e sua toxicidade (ou do material em escala macro, na falta de informações específicas do nanomaterial) *versus* um escore de probabilidade que leva em conta a quantidade de material utilizado, frequência e duração das operações, número de pessoas envolvidas e a pulverulência do material. Embora possa se basear em informações quantitativas para a composição dos escores, é possível fazer uso da ferramenta sem a necessidade de efetuar qualquer tipo de mensuração.

O guia da União Europeia [M] (2012), *Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts – A Guide for Employers and Employees*, apresenta uma metodologia que embora seja de base qualitativa, apresenta elementos que permitem avaliações quantitativas do ambiente de trabalho incluindo a indicação de limites de exposição. As atividades são enquadradas em três níveis de controle, baseados na interpolação entre ‘categorias de exposição’ *versus* ‘categoria de perigo’. A categoria de exposição é

definida pela avaliação da possibilidade de emissão de nanopartículas, enquanto a categoria de perigo define-se por algumas características dos nanomateriais como biopersistência e forma.

A ferramenta *Stoffenmanager Nano 1.0* [N], apresentada por Duuren-Stuurman et al. (2012) é um aplicativo disponível na Internet e, segundo seus autores, não há necessidade de conhecimentos específicos sobre segurança e saúde no trabalho para sua utilização. *Stoffenmanager Nano 1.0* é uma adaptação para nanopartículas de um sistema genérico de mesmo nome, para o qual o usuário poderá ser remetido em algumas situações. No entanto, em situações em que não há informações sobre as nanopartículas, este sistema classifica o perigo pelos dados da substância macro, desta forma classificando as nanopartículas em faixas de perigo. A exposição, por sua vez, é definida por uma série de 14 multiplicadores que, combinados, permitem a determinação da faixa de exposição. Estes multiplicadores dizem respeito à quantidade de material, pulverulência, formas de manipulação, tipos de processo, existência de equipamentos de proteção coletiva (EPCs) e equipamentos de proteção individual (EPIs), entre outros. A interpolação entre as faixas de perigo e as de exposição permite enquadrar a situação em três grupos de priorização de riscos.

Precautionary matrix [O], (HÖK et al., 2011), é uma ferramenta que permite gerar um escore que determina duas grandes classes de risco. Os principais parâmetros para definição do escore são a nano-relevância do material (com base no tamanho e características da partícula), condições específicas de uso e potenciais efeitos de exposição ao homem. O uso destes parâmetros indica a necessidade de pessoal especializado para implementar a ferramenta. Além disso, um ponto que merece destaque é o uso do conceito de meia-vida no que concerne à estabilidade dos nanomateriais. Já o *Nanosfer* (2011) [P] trata-se de uma proposta com foco em nanopartículas dispersas no ar, baseado por corolário, na pulverulência dos nanomateriais. Aponta também para a necessidade de medições no local de trabalho, incluindo dados quantitativos. Em oposição, encontra-se o *GoodNanoGuide* (2009) [Q], que é uma ferramenta com enfoque bastante simplificado permitindo seu uso progressivo em três níveis: básico, intermediário e avançado.

Para a construção da tabela 7 foi calculado um escore para cada uma das propostas, sendo que a tabela apresenta as propostas classificadas do maior ao menor escore. O escore foi definido atribuindo-se dois pontos para cada ocorrência de uma referência direta a uma ação (representada pelo símbolo ↑ na figura 3) e um ponto para uma referência implícita ou genérica (representada pelo símbolo ↔ na figura 3). Para a ação não referida não se atribuiu

nenhum ponto. Desta maneira, uma proposta que fizesse referência direta a todas as 30 ações elencadas receberia um escore equivalente a 60 (2 pontos para cada uma das 30 referências). As quatro propostas classificadas como estratégicas (referências A, B, C e D no texto) não foram incluídas neste escore porque por serem estratégicas, não incluem referências diretas às ações.

Tabela 7 – Escore indicativo das referências às ações em cada proposta

Propostas	Referência no texto	Referência direta (†)			Ref. implícita ou genérica (↔)			(vazio)	Total do	%
		Número de ocorrências	Escore (max.60)	% sobre 60	Número de ocorrências	Escore (max.60)	% sobre 60	sem ocorrência	escore (max.60)	sobre total
Proposta metodológica de ações para laboratórios	J	22	44	73,3	4	4	6,7	4	48	80,0
A abordagem do Quebec	H	20	40	66,7	6	6	10,0	4	46	76,7
GoodNanoGuide	Q	19	38	63,3	4	4	6,7	7	42	70,0
A abordagem britânica (BSI)	F	19	38	63,3	0	0	0,0	11	38	63,3
A abordagem americana (NIOSH)	I	12	24	40,0	7	7	11,7	11	31	51,7
ANSES CB tool for nanoparticles	K	8	16	26,7	6	6	10,0	16	22	36,7
Working Safely with Engineered Nanomaterials	M	7	14	23,3	5	5	8,3	18	19	31,7
Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles	E	8	16	26,7	1	1	1,7	21	17	28,3
A abordagem alemã (BAuA)	G	6	12	20,0	3	3	5,0	21	15	25,0
Stoffenmanager Nano 1.0	N	6	12	20,0	2	2	3,3	22	14	23,3
Nanosafes	P	6	12	20,0	2	2	3,3	22	14	23,3
CB Nanotool 2.0	L	5	10	16,7	2	2	3,3	23	12	20,0
Precautionary matrix	O	5	10	16,7	2	2	3,3	23	12	20,0

Cabe apontar que o fato de uma proposta obter um escore de 48/60 (80%) ou 38/60 (63,3%) não determina, *a priori*, ser uma melhor do que a outra. Isto porque o conjunto das ações não necessariamente precisa estar presente na totalidade. A presença ou ausência de uma ação dependerá do foco e abrangência para as quais a proposta foi desenvolvida.

Seguindo a mesma metodologia básica, atribuir 2 pontos para a referência direta à uma ação; 1 ponto para a referência indireta ou implícita e nenhum ponto para a ausência de referência, foram somados os escores de cada uma das ações da figura 3 e, com estes escores, foi construída a tabela 8.

4.4 Considerações finais

O conjunto de 17 propostas analisadas não converge para uma abordagem de consenso, ainda que a base teórica de todas elas seja a mesma, como explicita o relatório da ANSES (2010). De maneira geral, todas fazem referência ao processo de identificação dos perigos de avaliação da exposição, da definição dos riscos, passando à eliminação, substituição ou controle dos mesmos por meio de medidas técnicas ou organizacionais.

Tabela 8 – Escores por ação

Princípios, estratégias e ações envolvidas	Estratégias nº de ocorrência (max. 4)	AÇÕES								
		Referência direta (↑)			Ref. implícita ou genérica (↔)			(vazio) sem ocorrência	Total do escore (max.26)	% sobre total
		Número de ocorrências	Escore (max.26)	% sobre 26	Número de ocorrências	Escore (max.26)	% sobre 26			
Princípio da transparência										
Estratégias de implementação de políticas 2										
Escrita, clara e transparente		1	2	7,69	2	2	7,69	10	4	15,38
Participação de todos		1	2	7,69	2	2	7,69	10	4	15,38
Princípio da participação do público										
Princípio da responsabilidade do produtor										
Estratégias focadas na organização 2										
Responsabilidade por prestar contas		2	4	15,38	2	2	7,69	9	6	23,08
Competência e capacitação		5	10	38,46	2	2	7,69	6	12	46,15
Documentação		7	14	53,85	0	0	0,00	6	14	53,85
Comunicação ampla		2	4	15,38	1	1	3,85	10	5	19,23
Princípio da precaução										
Estratégia de identificação do perigo 4										
Caracterização dos nanomateriais		12	24	92,31	0	0	0,00	1	24	92,31
Princípio de proteção à saúde e segurança do público e trabalhadores										
Princípio da proteção ambiental										
Estratégia de avaliação da exposição 4										
Tipo de exposição (inalação, dérmica, ingestão)		6	12	46,15	5	5	19,23	2	17	65,38
Monitoração de indicadores biológicos (vigilância médica)		6	12	46,15	1	1	3,85	6	13	50,00
Monitoração ocupacional e ambiental		6	12	46,15	3	3	11,54	4	15	57,69
Determinação do pessoal envolvido e possíveis exposições		7	14	53,85	1	1	3,85	5	15	57,69
Estratégia de avaliação da toxicidade 4										
Estudos de toxicidade	2 (*)	0	0	0,00	0	0	0,00	13	0	0,00
Determinação dos limites seguros de exposição	2 (*)	0	0	0,00	0	0	0,00	13	0	0,00
Estratégia de caracterização do risco 4										
Cálculo de risco		2	4	15,38	1	1	3,85	10	5	19,23
Extrapolação de modelos		1	2	7,69	3	3	11,54	9	5	19,23
Hierarquização dos riscos		9	18	69,23	2	2	7,69	2	20	76,92
Estratégia de gestão do risco (planejamento e implantação) 3										
Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos		12	24	92,31	1	1	3,85	0	25	96,15
Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos		9	18	69,23	2	2	7,69	2	20	76,92
Rotulagem / armazenamento		5	10	38,46	1	1	3,85	7	11	42,31
Limpeza / derramamento		2	4	15,38	4	4	15,38	7	8	30,77
Transporte		3	6	23,08	2	2	7,69	8	8	30,77
Destinação/eliminação de resíduos		4	8	30,77	1	1	3,85	8	9	34,62
Equipamentos de proteção individual		8	16	61,54	1	1	3,85	4	17	65,38
Risco de fogo ou explosão com nanopartículas		4	8	30,77	0	0	0,00	9	8	30,77
Estratégia de acompanhamento ou vigilância 2										
Monitoração		7	14	53,85	1	1	3,85	5	15	57,69
Investigação (acidentes e incidentes)		3	6	23,08	1	1	3,85	9	7	26,92
Auditoria / revisão		7	14	53,85	0	0	0,00	6	14	53,85
Análise crítica da administração		2	4	15,38	2	2	7,69	9	6	23,08
Estratégia de melhoria 1										
Ação preventiva e ou corretiva		5	10	38,46	1	1	3,85	7	11	42,31
Melhoria contínua		5	10	38,46	2	2	7,69	6	12	46,15

A solubilidade, labilidade e pulverulência, além da forma das nanopartículas, são fatores importantes mais do que a quantidade de material envolvido, indicando que para nanomateriais, outras métricas deverão ser adotadas; ainda que neste momento, não haja consenso sobre quais métricas devem ser utilizadas para caracterizar os riscos advindos dos nanomateriais.

Neste cenário o enfoque de CB se sobressai entre os documentos analisados. Entre outras a explicação parece estar no fato de que se não é sabido o quê exatamente se deve medir (da mesma maneira de como fazê-lo), é lícito esperar que uma abordagem que dispense

as mensurações, como é o caso do enfoque de CB, tenha maior vulto.

Na mesma linha, diante de um panorama de incertezas, o princípio da precaução se destaca como lugar comum em muitas das propostas analisadas. Parece acertado que isto ocorra considerando os muitos casos passados em que situações potencialmente perigosas não foram tratadas como tal, gerando com isto graves prejuízos à saúde dos envolvidos assim como enormes perdas econômicas. Como exemplo destas situações é possível citar o caso do asbesto que de mineral mágico mostrou-se um vilão que provoca câncer; a radioatividade que sem controle também leva ao desenvolvimento do câncer; a substituição do chumbo no combustível pelo éter metil terciário butílico (*methyl tert - butyl ether* – MTBE), entre outras como mencionado no relatório ‘Lições tardias dos avisos precoces: o princípio da precaução 1896-2000’ (em tradução livre) disponibilizado pela Agência Ambiental Europeia (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 2001).

Muito ainda há que ser feito no sentido de obter um padrão para definir e caracterizar os riscos decorrentes da fabricação e uso de nanomateriais, desde estudos de nanotoxicologia até a discussão social dos impactos destas novas tecnologias no tecido social e, em especial pelo foco deste trabalho, sobre o mundo do trabalho.

Em que pese o fato de questões relacionadas à saúde terem imensa importância, a falta de um acordo sobre como os nanomateriais deverão ser tratados impacta outros setores como o direito, a ética e o comércio internacional. Neste sentido, a inclusão de múltiplos atores (indústria, governo, seguradoras, comércio, academia, organizações de padronização, mídia, consumidores e público em geral) é apontada por muitos como essencial.

Embora a discussão sobre os riscos advindos das nanotecnologias já aconteça há alguns anos, como se pode identificar pelas referências citadas, a revista *Nature*, em seu volume 493 de janeiro de 2013, apresenta em seu editorial resultados de uma pesquisa conduzida por Noorden (2013) que indica haver falta de segurança em laboratórios com atividades de nanotecnologia. Logo, isto indica o tratamento importante que deve ser dado ao tema aqui abordado. Há, portanto, urgente necessidade de se obter diretrizes claras neste contexto, não só pela segurança da saúde ocupacional, mas também pela segurança jurídica e econômica indispensáveis ao progresso e avanços científicos e tecnológicos.

Os resultados da seção 4 foram resumidos em um artigo apresentado no apêndice E deste volume.

5. A SST NOS LABORATÓRIOS COM NANOTECNOLOGIA

5.1 Considerações iniciais sobre a SST em laboratórios com atividades de nanotecnologia

Com o objetivo de traçar um retrato da SST em laboratórios com atividades de nanotecnologia no Brasil, foi desenvolvida e aplicada uma pesquisa *survey* através da Internet. A pesquisa em tela foi dividida em cinco áreas que estão resumidas no quadro 8. A íntegra das questões formuladas bem como o fluxograma das questões feitas aos respondentes são apresentados no apêndice F deste documento. Este mesmo apêndice inclui ainda uma relação de laboratórios e instituições para as quais os convites para participação na pesquisa foram enviados.

Área	Descrição da área e subárea	Quantidade de questões(*)	Número das questões	
***	Apresentação	Nenhuma questão	***	
A	Percepção das nanotecnologias	1 questão	Questão 1	
B	Percepção das nanotecnologias frente aos riscos e à saúde	6 questões	Questões 2 a 7	
C	Regulação externa	8 questões	Questões 8 a 15	
D	A atividade de nanotecnologias frente aos riscos e à saúde	30 questões	Questões 16 a 45	
	Subáreas	D1. Contextualização	6 questões (6/30)	Questões 16 a 18 e questões 43 a 45
		D2. Laboratórios caracterização	7 questões (7/30)	Questões 19 a 25
		D3. Laboratórios regulação interna	5 questões (5/30)	Questões 26 a 30
		D4. Laboratórios saúde	2 questões (2/30)	Questões 31 e 32
D5. Laboratórios prevenção e proteção	10 questões (10/30)	Questões 33 a 42		
E	Sobre o respondente	2 questões	Questões 46 e 47	
***	Encerramento e Agradecimento	Nenhuma questão	***	
Total		47 questões		

Quadro 8 – Resumo das áreas e subáreas da *survey*

(*) Refere-se ao número total de questões da área e subárea, não sendo necessariamente o número de questões apresentadas ao respondente

O número de questões apresentados no quadro 8 refere-se ao número total de questões e não necessariamente ao número de questões apresentadas ao respondente ou respondidas. Isto se deve ao fato de que o questionário apresenta desvios condicionais que ocorrem em função de uma resposta anterior dada, como pode ser observado no fluxograma que compõem o apêndice F.

A *survey* procurou abranger as principais proposições constantes da primeira versão da sistemática foco desta tese, objetivando com isto apoiar ou refutar estas proposições. As relações entre as questões da *survey* e a sistemática de ações de SST são apresentadas no quadro 49 (seção 6).

Área A – Percepção das nanotecnologias: esta questão teve por objetivo identificar as principais ideias ou conceitos associados às nanotecnologias.

Área B – Percepção das nanotecnologias frente aos riscos e à saúde: as seis questões incluídas nesta área buscaram avaliar a percepção dos respondentes em relação aos riscos das nanotecnologias para a SST. Havendo o entendimento de que os riscos existem, buscou-se identificar o tipo de risco além da extensão dos impactos representados pelos mesmos e a relação destes com a vigilância em saúde.

Área C – Regulação externa: entende-se regulação externa aquela que não é desenvolvida diretamente pelo laboratório independente desta ser ou não obrigatória. Procurou-se o entendimento sobre como os participantes se posicionam em relação a este aspecto, incluindo a necessidade de regulação, qual a forma mais apropriada, seu impacto sobre a tecnologia e quem deve estar envolvido no processo.

Área D – A atividade de nanotecnologias frente aos riscos e à saúde: este conjunto de questões foi dividido em subáreas e seu objetivo geral foi caracterizar, do ponto de vista da SST o desenvolvimento das atividades envolvendo nanomateriais. A primeira subárea (D1), identificada como ‘contextualização’, separa os respondentes entre os que trabalham em laboratórios, para os quais as demais subáreas são direcionadas daqueles que não desenvolvem suas atividades nestes ambientes. A subárea D2 - caracterização do laboratório identifica o tamanho do laboratório e instituição de vinculação, se houver; o tempo de trabalho com nanotecnologias; a origem dos nanomateriais; o tipo de nanomaterial; etc. A subárea D3 – regulação interna procura caracterizar as normas internas de SST do laboratório. A subárea D4 – laboratório saúde questiona sobre as medidas de controle de saúde dos trabalhadores do laboratórios enquanto a última subárea, D5 – prevenção e proteção, procura caracterizar as medidas de proteção e prevenção, ligadas a SST, estão disponíveis no laboratório.

Área E – sobre o respondente: finalizando o questionário são formuladas duas questões cujo objetivo é caracterizar a área de atuação e a função do respondente.

5.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa *survey* foi disponibilizada *on-line*. O convite para que esta fosse respondida foi enviado por *e-mail* para uma lista de endereços. Esta lista foi compilada a partir da participação em eventos, comitês e reuniões sobre nanotecnologia e SST ao longo do período do curso de doutorado, por meio de contatos estabelecidos durante o processo e pela pesquisa junto aos sítios na Internet de laboratórios e institutos de pesquisa com atividades de nanotecnologia. Trata-se então de endereços de pessoas envolvidas com as nanotecnologias, sendo que a relação dos laboratórios e institutos encontra-se no apêndice F.

Além do envio direto, foi solicitado para pessoas conhecidas que divulgassem entre seus contatos ligados às áreas das nanotecnologias a realização da pesquisa. Este procedimento, conhecido como amostragem bola de neve, permitiu a ampliação do conjunto de respondentes.

As mensagens eletrônicas foram enviadas individualmente em três oportunidades. O primeiro envio ocorreu entre os dias 07 e 11 de junho 2013; o segundo envio se desenvolveu entre os dias 18 e 20 de junho sendo o último envio realizado entre os dias 27 de junho e 01 de julho de 2013. O questionário permaneceu disponível na Internet entre os dias 07 de junho e 05 de julho de 2013, totalizando 29 dias de coleta de dados. Durante este período 211 pessoas responderam a pesquisa.

Logo após o envio dos convites alguns retornaram por razões variadas, entre elas: aviso automático de falecimento do proprietário da conta, em 2 oportunidades; caixa de correio cheio, em 6 oportunidades (o que indica um provável desuso da mesma); endereços não encontrados, com 162 ocorrências (o que indica erro de grafia do endereço). Em todas estas situações os endereços foram retirados da lista, evitando-se o reenvio com erro. Após a retirada dos endereços não válidos, antes descritos, o número de convites válidos foi de 1.136. Comparando-se o número de respondentes (211) com o número de endereços válidos, se observa uma taxa de resposta de 18,57 %, que é compatível com a literatura especializada. Freitas et al. (2004) indicam uma taxa média de retorno entre 7 e 13% apontando ainda que o interesse da pesquisa, na percepção do respondente, afeta diretamente a taxa de resposta. Este aspecto parece ser corroborado pela taxa obtida por esta pesquisa (18,57%) considerando que o convite para respondê-la foi enviado, *a priori*, para pessoas ligadas ao tema nanotecnologias.

Os questionários foram concebidos de maneira que os respondentes poderiam ou não

se identificar. Caso o quisessem estes poderiam posteriormente solicitar maiores informações ou os próprios resultados da pesquisa.

As respostas foram voluntárias e não induzidas já que ao iniciar o processo, nada foi oferecido ao respondente. Ao final do questionário, a critério do respondente, este poderia solicitar os resultados da pesquisa – enviados por *e-mail* – e um CD contendo uma série de documentos sobre o tema ‘Nanotecnologias & SST’. Para aqueles que indicaram o interesse em receber o CD, informando um endereço físico para o envio pelo correio, este material foi enviado. Ao final da pesquisa foram enviados 22 CDs. Dois respondentes, embora tenham solicitado o CD não indicaram o endereço para onde o mesmo deveria ser postado o que inviabilizou o envio. Os resultados da pesquisa foram enviados por *e-mail*, sob a forma de relatório, para 26 respondentes que os solicitaram.

O quadro 9, a seguir, apresenta um resumo das principais características da pesquisa *survey*.

Descritor	Valor envolvido
Período de coleta de dados	de 07 de junho a 05 de julho de 2013
Dias de coleta de dados	29 dias
Número de endereços válidos para envio de <i>e-mail</i>	1.136 endereços
Períodos dos envios dos convites	Envio do 1º convite: 07 a 19 de junho Envio do 2º convite: 17 a 26 de junho Envio do 3º convite: 26 de junho a 02 de julho
Número total de respondentes	211 respondentes
Percentual de respondentes sobre os endereços válidos	18,57 % (211/1.136)
Número de solicitações apenas dos resultados da <i>survey</i>	26
Número de solicitações apenas do CD com documentos sobre o tema ‘nanotecnologias & SST’	24
Numero de respondentes que solicitaram tanto os resultados da <i>survey</i> quanto o CD com documentos sobre o tema ‘Nanotecnologias & SST’	14
Total de respondentes que fizeram alguma solicitação	36

Quadro 9 – Quadro resumo da *survey* (resultados e metodologia)

O número total de respondentes refere-se ao número total de pessoas que acessaram e responderam ao questionário *on-line*. Cada questão tem o seu número próprio de respondentes que não é, necessariamente, igual ao numero totaldo questionário. Esta diferença deve-se a dois fatores: primeiro o questionário possui desvios, ou seja, algumas questões só são apresentadas considerando as respostas dadas anteriormente pelo respondente. O segundo fator refere-se ao fato de que o sistema foi programado para não considerar obrigatório responder a qualquer uma das perguntas, desta maneira foi possível ‘pular’ uma ou outra questão, por deliberação do respondente.

Para a disponibilização on-line do questionário, sua manipulação e posterior obtenção das respostas foi utilizado o sistema oferecido pela *SurveyMonkey* (www.surveymonkey.com), um sistema baseado na Internet voltado a disponibilização de pesquisas de opinião. A íntegra do questionário é apresentada no apêndice F.

No quadro 8 constam as áreas e subáreas abrangidas no questionário, bem como o número de questões em cada área. As mesmas considerações apontadas em relação ao número de respondentes são válidas para o número de questões, isto é, o número de questões, isto é, o número referido é o total de questões da área e subárea, não sendo necessariamente o número de questões que foram respondidas por um participante

A seguir, cada uma das áreas nominadas no quadro 8 são resumidamente descritas.

Área A – Percepção das nanotecnologias: esta questão teve por objetivo identificar as principais ideias ou conceitos associados às nanotecnologias.

Área B – Percepção das nanotecnologias frente aos riscos e à saúde: as seis questões incluídas nesta área buscaram avaliar a percepção dos respondentes em relação aos riscos das nanotecnologias para a SST. Havendo o entendimento de que os riscos existem, buscou-se identificar o tipo de risco além da extensão dos impactos representados pelos mesmos e a relação destes com a vigilância em saúde.

Área C – Regulação externa: entende-se regulação externa aquela que não é desenvolvida diretamente pelo laboratório, independente desta ser ou não obrigatória. Procurou-se o entendimento sobre como os participantes se posicionam em relação a este aspecto, incluindo a necessidade de regulação, qual a forma mais apropriada, seu impacto sobre a tecnologia e quem deve estar envolvido no processo.

Área D – A atividade de nanotecnologias frente aos riscos e à saúde: este conjunto de questões foi dividido em subáreas e seu objetivo geral foi caracterizar, do ponto de vista da SST o desenvolvimento das atividades envolvendo nanomateriais. A primeira subárea (D1), identificada como ‘contextualização’, separa os respondentes entre os que trabalham em laboratórios, para os quais as demais subáreas são direcionadas daqueles que não desenvolvem suas atividades nestes ambientes. A subárea D2 - caracterização do laboratório identifica o tamanho do laboratório e instituição de vinculação, se houver; o tempo de trabalho com nanotecnologias; a origem dos nanomateriais; o tipo de nanomaterial; etc. A subárea D3 – regulação interna procura caracterizar as normas internas de SST do laboratório. A subárea D4 – laboratório saúde questiona sobre as medidas de controle de saúde dos trabalhadores do laboratório enquanto a última subárea, D5 – prevenção e proteção, procura

caracterizar as medidas de proteção e prevenção, ligadas a SST, estão disponíveis no laboratório.

Área E – sobre o respondente: finalizando o questionário são formuladas duas questões cujo objetivo é caracterizar a área de atuação e a função do respondente.

5.3 Resultados e discussão

Como já indicado anteriormente neste capítulo, o convite para a participação na pesquisa on-line, foi enviado para 1.136 pessoas ligadas às nanotecnologias (pesquisadores em laboratórios, participantes de eventos sobre o tema, pesquisadores das áreas sociais envolvidos com o assunto, etc.), destes obteve-se 211 respostas o que representa uma taxa de retorno de 18,57%.

Os resultados estão divididos em dois grupos: estatística descritiva e análises qualitativas. A estatística descritiva trata-se basicamente, da contagem simples das respostas oferecidas. As análises qualitativas foram realizadas sobre o conteúdo das respostas obtidas.

5.3.1 Estatística descritiva

Os resultados da estatística descritiva são apresentados nos quadros de 11 a 40, trazendo basicamente três informações:

- contagem do número de respostas;
- cálculo do percentual de respostas em relação ao número de respondentes;
- resumo das respostas abertas (descritivas), quando presentes.

Área A – Percepção da nanotecnologia

Questão 1: que palavras lhe vêm à mente ao pensar em nanotecnologia?

A tabela 9 apresenta as cinco primeiras posições mais citadas em cada opção (primeira, segunda e terceira). Havendo empate, todas as palavras da posição foram apresentadas. Neste contexto entende-se que a primeira opção corresponde a primeira palavra que vem à mente do respondente o mesmo ocorrendo para as demais. Nos casos em que a resposta fornecida foi uma expressão ou frase, quando possível, tomou-se apenas a primeira palavra (ex. tecnologia avançada e tecnologia pequena). Não foi feita distinção entre plural e

singular de uma mesma palavra da mesma forma como não se distinguiu o gênero (ex. novo, novos, nova, novas).

Tabela 9 – Resultados da questão 1 (Percepção da nanotecnologia)

Ordem	Primeira opção		Segunda opção		Terceira opção	
	Palavra	Ocor	Palavra	Ocor	Palavra	Ocor
1	Inovação	26	Inovação	15	Novo(s)/Nova(s)	13
2	Pequeno(a)	22	Tecnologia(s)	14	Futuro	9
3	Tecnologia(s)	16	Novo(s)/Nova(s)	7	Inovação	6
4	Nanopartícula	9	Desenvolvimento Melhor/Melhoria Nanotubo Risco(s)	6	Novidade Tecnologia(s)	5
5	Materiais	8	Escala	5	Risco(s)	4
***	Outras palavras	128	Outras palavras	142	Outras palavras	159
***	Total de respondentes	209	Total de respondentes	202	Total de respondentes	201

Área B – Percepção das nanotecnologias frente aos riscos e a saúde

Questão 2: os nanomateriais podem apresentar RISCOS PARA A SAÚDE E SEGURANÇA de quem os manipula ou utiliza? Resultados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados da questão 2 e questões relacionadas (3, 4 e 5)

Respostas	Ocor	%	Questões relacionadas à resposta da questão 2		
SIM	109	54,0	Questão 3: qual o tipo de risco?		
			Resposta	Nº de ocorrências	% sobre o total de respostas
			Simple	0	0,0
			Baixa complexidade	8	7,7
			Média complexidade	29	27,9
			Alta complexidade	67	64,4
			Total	104(*)	100,0
(*) Embora 109 respondentes indicaram seu entendimento da existência de risco relacionados às nanopartículas, 5 deles não responderam a questão 3, ou seja, não especificaram seu entendimento sobre o tipo de risco.					
NÃO	4	2,0	Questão 4: comente porque não		
			Resposta 1: ‘As pesquisas que envolvem o desenvolvimento de materiais e dispositivos nanotecnológicos envolve procedimentos de segurança muito rigorosos. Produtos nanotecnológicos só são disponibilizados ao mercado após inúmeros testes de segurança e eficácia.’		
			Resposta 2: ‘Os Projetos em Nanotecnologias carecem dos mesmos cuidados que são utilizados em qualquer projeto, em suma, se realizados por profissionais competentes e devidamente fiscalizados seu risco é igual a de um projeto normal.’		
			Resposta 3: ‘Não posso justificar, mas eu acredito que não.’		
			Resposta 4: ‘Na maioria das vezes, muito dos materiais já estavam sendo utilizados e somente agora estão olhando as dimensões do que está sendo estudado.’		
Casos específicos	71	35,1	Questão 5: em que casos há risco? (*)		
			As respostas foram agrupadas em 4 conjuntos, segundo o motivo principal citado para a existência do risco. Os 4 conjuntos totalizam 48 respostas, o que representa 67% do total das respostas (71) deste item. Os conjuntos são. 1) Quando a existência do risco foi ligada à toxicidade dos materiais. Citado por 17. 2) Quando a existência do risco foi relacionada com a interação, contato ou exposição entre os nanomateriais e os organismos vivos. Citado por 14. 3) Quando a existência do risco foi correlacionada com a presença de determinado tipo de partícula. Citado por 9. 4) Quando a existência do risco foi associada à falta ou desrespeito as regras ou a manipulação incorreta dos materiais. Citado por 8.		
Não sei responder	18	8,9	Passar para a questão 6		
Total	202	100	Total de respondentes da questão 2		

(*) Para a questão 5 a tabela apresenta apenas as respostas (ou considerações) mais frequentes apresentadas pelos respondentes e eventuais comentários sobre as mesmas.

Questão 6: você considera relevante a VIGILÂNCIA EM SAÚDE dos envolvidos em atividades com nanomateriais? Resultados na Tabela 11.

Questão 7: os possíveis IMPACTOS das nanotecnologias sobre outras áreas sociais (direito, ética, relações de trabalho, etc.) são? Resultados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados das questões 6 e 7

Respostas da questão 6	Ocor	%	Respostas da questão 7	Ocor	%
Sim, nanoespecífica	135	70,7	Desprezíveis	9	4,7
Sim, sem ser nanoespecífica	49	25,7	Importantes, mas sem preocupação	50	26,3
Não é necessário	7	3,7	Importantes, necessita preocupação	131	68,9
Total de respondentes	191	100,0	Total de respondentes	190	100,0

Área C – Regulação externa

Questão 8: você conhece alguma REGULAÇÃO de segurança e saúde no trabalho envolvendo a manipulação de nanomateriais? Resultados na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados da questão 8 e questão relacionada (9)

Respostas	Ocor	%	Questão relacionada à resposta da questão 8
			Questão 9: indique quais a regulações que você conhece? (*)
SIM	40	20,5	39 respondentes indicaram as regulações. Em vários casos houve mais de uma indicação, desta maneira, a soma das indicações não corresponde ao número de respondentes (39) desta questão. As legislações são apresentadas seguidas pelo número de vezes que foram citadas entre parênteses, em ordem decrescente do número de citações. Regulações não definidas da Comunidade Europeia (12); ISO (6); REACH (5); NIOSH (5); normas internas (5); FDA (4); Outras regulações não específicas (4); Resposta não específica (3); OCDE (2); OMS (2); ABNT (2); OSHA (1); ANVISA (1); OIC (1).
NÃO	155	79,5	Passar a questão seguinte
Total	195	100	Total de respondentes da questão 8

(*) Na tabela são apresentadas apenas as principais regulações citadas pelos respondentes.

Questão 10: em sua opinião, é importante haver uma REGULAÇÃO para a manipulação de nanomateriais? Resultados apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados da questão 10 e questões relacionadas (11, 12 e 13)

Respostas	Ocor	%	Questões relacionadas à resposta da questão 10		
Não é importante	5	2,6	Questão 11: porque não é importante		
			<p>Resposta 1: 'Já temos na natureza inúmeros agentes, como os vírus que possuem escala nanométrica, proteínas, material disperso no ar, de forma natural, nem por isso andamos de máscaras pelas ruas, ou vivemos atormentados por isso (todos esses materiais naturais são nanométricos e produzidos pela própria natureza). A nanotecnologia não vai impactar mais ainda no que já existe naturalmente, ela tem destino muito específico e deve ser utilizada e regulamentada especificamente dentro de suas áreas de aplicação como já são feitos com outros materiais que estejam ou não sendo produzidos em escala do nanômetro.'</p> <p>Resposta 2: 'Pois não tenho conhecimento específico nesta área a superficialmente me parece que pode ser inserida nas regulamentações já existentes'</p> <p>Resposta 3: 'Porque primeiramente esse trabalho não é feito por qualquer pessoa e segundo porque geralmente essas pessoas estão em algum centro de pesquisa com responsabilidades, seja em uma universidade ou em um laboratório extra-universidade.'</p> <p>Resposta 4: 'O mais importante para a regulação é a sua composição do que o tamanho de partícula.'</p> <p>Resposta 5: 'Por que o mercado já se regula. As próprias agências reguladoras do governo de cada uma das áreas de serviços e produtos já fazem isso. Não podemos criar amarras e impedir que o Brasil se desenvolva. Outros países já estão muito na frente nesta questão tecnológica.'</p>		
É importante, mas não nano	34	17,6	Questão 12: quais normas devem ser aplicadas (*)		
			<p>A questão 12 foi respondida por 26 pessoas que, em alguns casos, apontaram mais de uma norma, pelo que o número total de citações não é exatamente igual ao número de respondentes. As normas são apresentadas seguidas pelo número de citações entre parênteses em ordem decrescente.</p> <p>Normas não específicas (6); Normas setoriais - química, farmácia, alimentos, etc. – (5); Normas de SST gerais (5); Normas de SST em laboratório ou boas práticas (5); Normas da ANVISA (5); ABNT – GHS (2); ISO (1); FDA (1); OSHAS 18.001 (1).</p>		
É importante e deve ser nano	154	79,8	Questão 13: qual a forma da regulação?		
			Resposta	Nº de ocorrências	% sobre total de respostas
			Simple registro governamental	1	0,7
			Auto-regulação opcional	6	3,9
			Auto-regulação obrigatória	24	15,8
Regulação obrigatória	121	79,6			
			Total	152	100,0
Total	193	100	Total de respondentes da questão 10		

(*) A tabela apresenta o resumo das principais respostas oferecidas.

Questão 14: sobre a REGULAÇÃO de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) para nanotecnologias, qual resposta que melhor reflete a sua opinião? Resultados na Tabela 14.

Questão 15: sobre a ampla PARTICIPAÇÃO dos envolvidos (indústria, governo, seguradoras, comércio, academia, organizações de padronização, mídia, consumidores e público em geral) com as nanotecnologias nos encaminhamentos em relação a segurança e saúde, qual resposta que melhor reflete a sua opinião? Resultados na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultados das questões 14 e 15

Respostas da questão 14			Respostas da questão 15		
	Ocor	%		Ocor	%
Impede ou dificulta as pesquisas	19	10,2	Não é necessária a participação	8	4,2
Será observada só se for obrigatória	32	17,2	Apenas o pessoal técnico participa	50	26,3
Contribui com o desenvolvimento	135	72,6	Todos devem participar	132	69,5
Total de respondentes	186	100,0	Total de respondentes	190	100,0

Área D – A atividade de nanotecnologias frente aos riscos e saúde

Subárea D1 – Contextualização

Questão 16: qual o Estado onde você desenvolve suas atividades? Resultados na Tabela 15.

Tabela 15 – Distribuição dos respondentes por Unidade da Federação

UF	Ocor	%	UF	Ocor	%	UF	Ocor	%	UF	Ocor	%
SP	69	37,3	DF	12	6,5	CE	3	1,6	GO	2	1,1
RJ	26	14,1	MG	12	6,5	AL	2	1,1	SE	2	1,1
RS	26	14,1	PE	6	3,2	AM	2	1,1	MS	1	0,5
PR	13	7,0	SC	6	3,2	ES	2	1,1	PB	1	0,5
Total de respondentes da questão 16: 185											

Questão 17: você desenvolve atividades relacionadas às nanotecnologias MANIPULANDO NANOMATERIAIS? Resultados na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados da questão 17

Respostas	Ocor	%	Ação relacionada à resposta da questão 17
SIM	101	52,9	O respondente é direcionado para a próxima questão (questão 18).
NÃO	90	47,1	Passar para a questão número 45. Considerando o posicionamento do respondente por não manipular nanomateriais o sistema <i>on-line</i> passa diretamente para a questão 45 correspondente à área 5 (informações sobre o respondente).
Total	191	100,0	Total de respondentes da questão 17

Questão 18: suas atividades estão prioritariamente RELACIONADAS a que tipo de situação? Resultados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados da questão 18

Respostas	Ocor	%	Ação relacionada à resposta da questão 17
Laboratório de pesquisa em instituição pública	79	77,5	O respondente é direcionado para a questão 19
Laboratório de pesquisa em instituição privada	12	11,8	O respondente é direcionado para a questão 19
Produto industrial ou comercial no setor público	2	2,0	O respondente é direcionado para a questão 43
Produto industrial ou comercial no setor privado	7	6,9	O respondente é direcionado para a questão 43
Outro	2	2,0	O respondente é direcionado para a questão 46
Total	108	100,0	Total de respondentes da questão 18

Diante da possibilidade oferecida na questão 18 de o respondente especificar sua atividade, 18 pessoas o fizeram. O resultados são: desenvolvimento de nanomateriais (15); orientação de alunos (1); atividade ligada ao SESMT (1); atividade ligada à instituição de apoio ao desenvolvimento (1).

Subárea D2 – Laboratórios caracterização

Questão 19: em relação à VINCULAÇÃO do laboratório, qual das resposta melhor o descreve? Resultados na Tabela 18.

Questão 20: qual é o NÚMERO DE COLABORADORES DA INSTITUIÇÃO a qual o laboratório está vinculado? Resultados na Tabela 18.

Tabela 18 – Resultados das questões 19 e 20

Respostas da questão 19	Ocor	%	Respostas da questão 20	Ocor	%
O laboratório faz parte de instituição pública de ensino	61	70,1	A instituição tem entre 1 e 10 colaboradores	17	19,8
O laboratório faz parte de instituição privada de ensino	4	4,6	A instituição tem entre 11 e 50 colaboradores	13	15,1
O laboratório faz parte de empresa ou instituição pública	16	18,4	A instituição tem entre 51 e 100 colaboradores	6	7,0
O laboratório faz parte de empresa ou instituição privada	5	5,7	A instituição tem mais de 100 colaboradores	47	54,7
Outro tipo de instituição ou sem vinculação	1	1,1	O laboratório não possui vinculação	3	3,5
Total de respondentes	87	100,0	Total de respondentes	86	100,0

Questão 21: qual é o NÚMERO DE COLABORADORES DO LABORATÓRIO?

Questão 22: qual é o tempo de experiência na manipulação de nanomateriais?

Os resultados das questões 21 e 22 são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultados das questões 21 e 22

Respostas da questão 21	Ocor	%	Respostas da questão 22	Ocor	%
O laboratório tem entre 1 e 10 colaboradores	39	45,9	O laboratório trabalha com nanomateriais há menos de 2 anos	6	7,0
O laboratório tem entre 11 e 50 colaboradores	40	47,1	O laboratório trabalha com nanomateriais há mais de 2 anos e menos de 5 anos	27	31,4
O laboratório tem mais de 50 colaboradores	6	7,1	O laboratório trabalha com nanomateriais há mais de 5 anos e menos de 10 anos	25	29,1
			O laboratório trabalha com nanomateriais há mais de 10 anos	28	32,6
Total de respondentes	85	100,0	Total de respondentes	86	100,0

Questão 23: qual é a ORIGEM do nanomaterial mais importante (ou a maior parte) utilizado no laboratório? Resultados na Tabela 20.

Questão 24: qual é o TAMANHO DAS NANOPARTÍCULAS mais relevantes (maior parte)? Resultados na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados das questões 23 e 24

Respostas da questão 23	Ocor	%	Respostas da questão 24	Ocor	%
O nanomaterial é produzido no próprio laboratório	59	67,8	< 10 nm	18	20,7
O nanomaterial é comprado de terceiros	17	19,5	Entre 10 e 50 nm	27	31,0
Outras origens	11	12,6	Entre 51 e 100 nm	20	23,0
			> 100 nm	22	25,3
Total de respondentes	87	100,0	Total de respondentes	87	100,0

Em relação à origem dos nanomateriais, dentre as ‘outras origens’ citadas estão outros laboratórios de pesquisa que produzem materiais para pesquisa; nanomateriais fornecidos pelo cliente, materiais de fonte natural e fontes múltiplas (o laboratório tanto produz quanto compra ou recebe material de fontes externas). Outros respondentes especificaram o próprio nanomaterial utilizado, como nanotubos de carbono e nanopartículas metálicas.

Questão 25: quais os PRINCIPAIS NANOMATERIAIS manipulados nos laboratórios (por favor, indique os mais relevantes)? Resultados na Tabela 21.

Tabela 21 – Resultados da questão 25

Respostas da questão 25					
Respostas	Ocor	%	Respostas	Ocor	%
Polímeros	44	51,8	Nanopartículas de prata	21	24,7
Nanopós	36	42,4	Outros nanotubos ou nanofibras	19	22,4
Nanotubos de carbono	35	41,2	Outros (não listado)	17	20,0
Nanofilmes	29	34,1	Pontos quânticos	9	10,6
Dispersões coloidais	28	32,9	Negro de fumo	7	8,2
Nanocristais	28	32,9	Dendrímeros	5	5,9
Grafeno	25	29,4	Fulerenos (buckyballs)	5	5,9
Nanopartículas de titânio	25	29,4	*****	**	**
Total de respondentes				85	

A questão 25 admitia respostas múltiplas, desta forma o número de ocorrências dos nanomateriais listados é superior ao número de respondentes. A porcentagem foi calculada tomando-se o número de citações em relação ao número de respondentes.

Na especificação possível para esta questão, 23 respondentes indicaram outros nanomateriais. Nanopartículas lipídicas foram citadas em quatro ocasiões; nanopartículas de ouro, duas vezes; enquanto insumos farmacêuticos, revestimentos nanoestruturados, nanocápsulas e nanoemulsões, nanopartículas magnéticas, nanorods, nanocromo, nanocobre, complexos lantanídeos e nanopartículas de proteínas naturais foram citados uma vez cada.

Subárea D3 – Laboratórios regulação interna

Questão 26: no laboratório as atividades envolvendo nanomateriais obedecem alguma NORMA ESCRITA E FORMAL de segurança e saúde? Resultados na Tabela 22.

Questão 27: as normas aplicadas fazem parte de uma POLÍTICA FORMAL, mais abrangente, em relação à Segurança e Saúde no Trabalho (SST)? Resultados na Tabela 22.

Tabela 22 – Resultados das questões 26 e 27

Respostas da questão 26	Ocor	%	Respostas da questão 27	Ocor	%
Sim, existem normas nanoespecíficas	12	13,8	Sim	36	52,9
Sim, mas as normas são gerais para todos os produtos	55	63,2			
Não são aplicadas normas ou estas não estão formalmente descritas	20	23,0	Não	32	47,1
Total de respondentes	87	100,0	Total de respondentes	68	100,0

Questão 28: as normas aplicadas são discutidas (elaboradas e adotadas) com a PARTICIPAÇÃO e voz ativas de todos os envolvidos (pesquisadores, administradores, terceirizados, estudantes, etc.)? Resultados na Tabela 23.

Tabela 23 – Resultados da questão 28

Respostas da questão 28	Ocor	%
Sim, todos estão envolvidos e participam.	28	41,8
Não, apenas o pessoal técnico de SST discute as normas e as aplica a todos os demais.	31	46,3
Não, outro arranjo específico de pessoas discute as normas e as aplica a todos os demais.	8	11,9
Total de respondentes	67	100,0

Questão 29: as normas aplicadas estão ACESSÍVEIS para todos? Inclusive: terceirizados, prestadores de serviço e visitantes, por exemplo.

Questão 30: as normas e métodos referentes à segurança e saúde no trabalho são alvo de AUDITORIAS para melhoria contínua?

Os resultados das questões 29 e 30 são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 – Resultados das questões 29 e 30

Respostas da questão 29	Ocor	%	Respostas da questão 30	Ocor	%
Sim	44	64,7	Sim	25	37,3
Não	24	35,3	Não	42	62,7
Total de respondentes	68	100,0	Total de respondentes	67	100,0

Subárea D3 – Laboratórios saúde

Questão 31: você aplica informações de segurança ou TOXICOLÓGICAS do material em macroescala para as nanopartículas oriundas deste?

Questão 32: o laboratório (ou instituição) adota um sistema de VIGILÂNCIA EM SAÚDE para os envolvidos com nanomateriais?

Os resultados das questões 31 e 32 são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Resultados das questões 31 e 32

Respostas da questão 29	Ocor	%	Respostas da questão 30	Ocor	%
Sim	57	65,5	Sim, com vigilância nanoespecífica	1	1,1
Não	30	34,5	Sim, mas a vigilância não é nanoespecífica	41	46,6
			Não, não há sistema de vigilância em saúde	46	52,3
Total de respondentes	87	100,0	Total de respondentes	88	100,0

Em relação a questão 31, 10 respondentes ofereceram comentários, sendo que a falta de informações toxicológicas sobre os nanomateriais foi citada por cinco destes respondentes. A restrição no uso destas informações, na falta de outra opção, foi apontada por 3 pessoas. Previsibilidade dos riscos e semelhança entre normas de segurança para materiais não nanométricos completam os comentários desta questão.

No que tange a questão 32, e respondentes comentaram. Foi apontada a inexistência de um critério validado para a realização da vigilância em saúde nanoespecífica. Também foi levantada a questão da não aceitação desta vigilância pelo corpo diretivo da instituição. Há ainda a referência a um acompanhamento individual da saúde.

Subárea D4 - Laboratórios prevenção e proteção

Questão 33: você conhece e adota o PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO ao trabalhar com nanomateriais? Resultados na Tabela 26.

Tabela 26 – Resultados da questão 33

Respostas da questão 33	Ocor	%
Conheço o princípio da precaução e adoto	48	57,8
Conheço o princípio da precaução mas não adoto	5	6,0
Não conheço o princípio da precaução	30	36,1
Total de respondentes	83	100,0

Questão 34: qual o principal EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO COLETIVA, o laboratório possui? Resultados na Tabela 27.

Tabela 27 – Resultados da questão 34

Respostas da questão 34	Ocor	%
Capela de exaustão padrão	32	39,0
Caixa com luvas (<i>glovebox</i>)	14	17,1
Capela de exaustão equipada com filtro para nanopartículas (filtro HEPA - <i>High Efficiency Particulate Air</i>)	11	13,4
Exaustor local sobre a bancada de trabalho	9	11,0
Outro	8	9,8
Nenhum equipamento de proteção coletiva	3	3,7
Diferenciais de pressão	3	3,7
Sistema específico para nanomateriais	2	2,4
Total de respondentes	82	100,0

A questão 34 admitia a possibilidade de o respondente especificar informações sobre os equipamentos de proteção coletiva, doze pessoas o fizeram: duas apontaram serem desnecessários estes equipamentos, considerando que o material nanoparticulado é manipulado sob a forma de solução; os demais indicaram o uso de mais de um sistema dependendo do tipo de operação ou situação.

Questão 35: qual equipamento de PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA o laboratório adota para a manipulação de nanomateriais? Resultados na Tabela 28.

Tabela 28 – Resultados da questão 35

Respostas da questão 35	Ocor	%
Máscara semi facial com filtros	34	42,0
Não é usada nenhuma proteção respiratória	30	37,0
Máscara facial inteira com filtros	12	14,8
Outro	4	4,9
Equipamento de corpo inteiro com respiração autônoma	1	1,2
Máscara com adução de ar	0	0,0
Total de respondentes	81	100,0

Nos casos onde os nanomateriais são manipulados sob a forma de solução não é utilizada proteção respiratória.

Questão 36: em relação à PROTEÇÃO DAS MÃOS, qual das respostas melhor descreve a situação no laboratório? Resultados na Tabela 29.

Tabela 29 – Resultados da questão 36

Respostas da questão 36	Ocor	%
São utilizadas luvas convencionais	73	89,0
São utilizadas luvas específicas para nanomateriais	5	6,1
Luvas não são utilizadas	2	2,4
Outro	2	2,4
Total de respondentes	82	100,0

Luvas de nitrila foram apontadas por três respondentes enquanto luvas cirúrgicas e luvas de procedimento obtiveram uma indicação cada uma.

Questão 37: em relação à PROTEÇÃO DOS OLHOS, qual das respostas melhor descreve a situação no laboratório? Resultados na Tabela 30.

Tabela 30 – Resultados da questão 37

Respostas da questão 37	Ocor	%
Não é usada nenhuma proteção para os olhos	17	20,5
São utilizados óculos de segurança	56	67,5
São utilizados óculos vedados	9	10,8
Outro	1	1,2
Total de respondentes	83	100,0

Dois respondentes indicaram que o uso de proteção para os olhos depende do tipo de operação realizada.

Questão 38: é utilizado sistema de ROTULAGEM ou identificação que indique se tratar de nanomateriais?

Questão 39: as atividades de LIMPEZA dos equipamentos e locais em que são usados nanomateriais possuem regras específicas para serem executadas visando à segurança e à saúde dos que executam estas atividades?

Os resultados das questões 38 e 39 são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 – Resultados das questões 38 e 39

Respostas da questão 38	Ocor	%	Respostas da questão 39	Ocor	%
Sim	55	66,3	Sim	34	41,5
Não	28	33,7	Não	48	58,5
Total de respondentes	83	100,0	Total de respondentes	82	100,0

Questão 40: o DESCARTE dos resíduos contendo nanomateriais possui alguma orientação específica para ser realizado? Resultados na Tabela 32.

Tabela 32 – Resultados das questões 40

Respostas da questão 40	Ocor	%	Descrição das orientações onde a resposta foi 'sim'
Sim	35	42,7	As seguintes ações de descarte foram apontadas e estão acompanhadas do número de citações da mesma entre parênteses. Incineração (6); normas internas do laboratório (5); armazenagem ou estocagem (2); tratamento de efluentes com resíduo químico (2); quantidades pequenas não controladas (2); devolução ao local de origem (1); entrega para empresa especializada (1).
Não	47	57,3	***
Total de respondentes	82	100,0	***

Para os respondentes que marcaram a opção 'sim' foi solicitado a indicação de qual seria orientação para o descarte, 18 dentre os 35 responderam a este item, sendo que um deles apresentou duas metodologias. Estas respostas estão resumidas no quadro 33.

Questão 41: existe registro dos INCIDENTES (ou quaseacidentes)?

Questão 42: a ADMINISTRAÇÃO do laboratório envolve-se diretamente nas questões relativas à Segurança e Saúde no Trabalho (SST)?

Os resultados das questões 41 e 41 são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 – Resultados das questões 41 e 42

Respostas da questão 41	Ocor	%	Respostas da questão 42	Ocor	%
Sim	19	23,2	Sim	52	63,4
Não	63	76,8	Não	30	36,6
Total de respondentes	82	100,0	Total de respondentes	82	100,0

Subárea D1 – Contextualização (continuação)

As questões 43, 44 e 45 completam a subárea D1 (contextualização) como pode ser identificado tanto no quadro 8 quanto no fluxograma da *survey* apresentado no apêndice F.

Questão 43: os principais NANOMATERIAIS OU NANOPARTÍCULAS utilizados podem ser descritos como? (informe tantos quantos forem relevantes). Resultados na Tabela 34.

Tabela 34 – Resultados da questão 43

Respostas da questão 43					
Respostas	Ocor	%	Respostas	Ocor	%
Dispersões coloidais	5	55,6	Outros nanotubos ou nanofibras	3	33,3
Nanotubos de carbono	5	55,6	Dendrímeros	2	22,2
Polímeros	5	55,6	Fulerenos (buckyballs)	1	11,1
Nanofilmes	4	44,4	Nanopartículas de titânio	1	11,1
Nanopós	4	44,4	Pontos quânticos	1	11,1
Grafeno	3	33,3	Nanocristais	0	0,0
Nanopartículas de prata	3	33,3	Outro	0	0,0
Negro de fumo	3	33,3	*****	**	**
Total de respondentes				9	

A questão 43 admitia respostas múltiplas, desta forma o número de ocorrências dos nanomateriais listados é superior ao número de respondentes. A porcentagem foi calculada tomando-se o número de citações em relação ao número de respondentes.

Questão 44: por favor, indique as MEDIDAS DE PROTEÇÃO adotadas para manipulação/uso deste nanomaterial. Resultados na Tabela 35.

Tabela 35 – Resultados da questão 44

Respostas da questão 44	Ocor	%
Exaustor local sobre as bancadas de trabalho	7	77,8
Sistemas fechados (produção enclausurada)	3	33,3
Exaustão geral	2	22,2
Sistema específico para nanomateriais	2	22,2
Nenhum equipamento de proteção coletiva	0	0,0
Outro	0	0,0
Total de respondentes	9	***

As questão 44 admitia respostas múltiplas, desta forma o número de ocorrências das medidas de proteção listadas é superior ao número de respondentes. A porcentagem foi calculada tomando-se o número de citações em relação ao número de respondentes.

Questão 45: onde você desenvolve suas atividades (LOCAL)? Resultados na Tabela 36.

Tabela 36 – Resultados da questão 45

Respostas da questão 45	Ocor	%
Instituição pública de pesquisa e ensino	36	37,5
Instituição privada de pesquisa e ensino	11	11,5
Empresa pública	9	9,4
Empresa privada	19	19,8
Outra	21	21,9
Total de respondentes	96	***

Foi solicitado aos respondentes que indicassem ‘outra’ como resposta que especificassem seus locais de trabalho. Foram apontados os seguintes locais seguidos do número de citações entre parênteses: órgão público (7); associação ou entidade de classe (5); pesquisador vinculado a rede de pesquisa (3); agência reguladora (2); sistema S (1); ONG (1) e instituição de utilidade pública (1).

Área E – Sobre o respondente

Questão 46: como pode ser descrita sua ÁREA DE ATUAÇÃO básica predominante? Resultados na Tabela 37.

Tabela 37 – Resultados da questão 46

Respostas da questão 46	Ocor	%
Química	35	20,2
Física	21	12,1
Ciências sociais	20	11,6
Segurança e saúde ocupacional (médico do trabalho, engenheiro de segurança, higienista, ergonomista, técnico de segurança, etc.)	17	9,8
Farmácia	15	8,7
Tecnologia da informação	8	4,6
Biologia	6	3,5
Ciências ambientais	4	2,3
Biomedicina	3	1,7
Medicina (não ligada especificamente à saúde ocupacional)	3	1,7
Toxicologia	3	1,7
Outras	38	22,0
Total de respondentes	173	***

A questão 46 admitia que o respondente especificasse sua área de atuação, desta forma foram informadas as seguintes áreas: engenharia com 10 ocorrências (engenharia de materiais (5), militar, celular, civil e metalúrgica com uma (1) citação cada e a décima citação sem especificação da engenharia. A área de coordenação, gestão e administração foi citada 4 vezes, assim como a área jurídica com o mesmo número de citações. Tratamento de superfícies, nanobiotecnologia, desenvolvimento de políticas públicas, tecnologia dos materiais, regulação sanitária, alimentação e instrumentação todas com 2 citação cada. Com uma (1) citação apareceram as áreas de: nanotoxicologia, têxtil, cosméticos, análise teórica da nanotecnologia, economia da inovação, odontologia, microbiologia, metrologia, crítica da tecnologia, prospecção tecnológica, setor elétrico e eletrônico, sociologia do trabalho e nutrição.

Questão 47: basicamente como você SE CONSIDERA? Resultados na Tabela 38.

Tabela 38 – Resultados da questão 47

Respostas da questão 46	Ocor	%
Pesquisador(a) e/ou Professor(a)	136	75,6
Técnico(a)	15	8,3
Desenvolvedor(a) de políticas e normas	10	5,6
Administrador(a)	7	3,9
Ativista (representa um grupo/instituição ou posição em discussões que envolvem nanotecnologias)	3	1,7
Auditor(a)	0	0,0
Outro(a).	9	5,0
Total de respondentes	180	***

Além das opções referidas no quadro 40, foram apresentadas: estudante de pós-graduação com 3 citações; analista e consultor com 2 citações cada; servidor público, responsável pelo laboratório, médico e advogado com 1 citação cada.

5.3.2 Análises qualitativas

Área A – Percepção das nanotecnologias

A tabela 39 apresenta as 13 palavras sem repetição que constam do quadro 10. Elas foram ordenadas observando-se um escore de importância para a ordem de ocorrência da citação. Desta maneira, para a ocorrência de uma palavra na primeira opção atribui-se o escore 9, para ocorrência na segunda opção foi atribuído escore 3 e para a ocorrência na terceira opção foi atribuído o escore equivalente a 1.

Tabela 39 – Total das citações e dos escores obtidos por cada palavra citada na questão 1

Palavra	Citações em 1º	Escore (x9)	Citações em 2º	Escore (x3)	Citações em 3º	Escore (x1)	Total de citações	Total do escore
Inovação	26	234	15	45	6	6	47	285
Pequeno(a)	22	198	4	12	1	1	27	211
Tecnologia(s)	16	144	14	42	5	5	35	191
Nanopartícula	9	81	2	6	0	0	11	87
Novo(s)/Nova(s)	5	45	7	21	13	13	25	79
Materiais	8	72	1	3	0	0	9	75
Risco(s)	3	27	6	18	4	4	13	49
Escala	3	27	5	15	1	1	9	43
Nanotubo(s)	2	18	6	18	2	2	10	38
Futuro	2	18	3	9	9	9	14	36
Desenvolvimento	1	9	6	18	3	3	10	30
Melhor/melhoria	1	9	6	18	2	2	9	29
Novidade								20

As palavras e expressões oferecidas como resposta na questão 1 foram agrupadas de acordo com sua relação com uma ideia ou tema principal, neste processo foram identificados 8 grupos descritos no quadro 10.

Grupo	Ideia ou tema central seguidas de algumas das palavras ou expressões associadas a este
I	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo ao tamanho ou dimensão Exemplos de palavras deste grupo: pequeno(s,a,as) e expressões derivadas como: ‘muito pequeno’, ‘coisa pequena’, ‘tecnologia pequena’; pequenininha; escala atômica; escala celular; invisível; medida, micro; nano; miniaturização; dimensão; tamanho; tamanho diminuto; universo microscópico, minúsculo; redução; etc.
II	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo à ideia de novo Exemplos de palavras deste grupo: avanço; avançado; futuro; inovação; inovador; modernidade; novas tecnologias; novas abordagens; novas propriedades; novos materiais; revolução; etc.
III	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo ao conhecimento ou a falta dele Exemplos de palavras deste grupo: desconhecido; desconhecimento; alta tecnologia; fronteira do conhecimento, fronteira da ciência; incógnita; inteligência; pesquisa; pesquisa restrita; tecnologia; tecnologia avançada; tecnologia de ponta; novo paradigma; etc.
IV	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo à matéria ou material e suas propriedades Exemplos de palavras deste grupo: átomo, materiais, moléculas, nanomateriais; nanopartícula, partícula, nanofibras; nanotubos; pontos quânticos (<i>quantum-dots</i>); grafeno; etc.
V	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo ao campo de aplicação da nanotecnologia Exemplos de palavras deste grupo: cura do câncer; cura; telefone celular; cosméticos; saúde; indústria; energia; manipulação molecular; marcadores; medicamentos; tratamento de superfícies; vacina; aplicações; etc.
VI	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo ao risco e à segurança Exemplos de palavras deste grupo: risco(s); segurança; toxicidade; acidente; avanço da tecnologia que demanda cuidado; perigoso; atóxico ou passível de controle; prevenção; etc.
VII	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo à economia ou finanças (dinheiro) Exemplos de palavras deste grupo: negócios; agregação de valor; desenvolvimento; eficácia; eficiência; empresa; sustentabilidade; competitividade; oportunidade; importância econômica; menor consumo; barato; custo; mais com menos; riqueza; etc.
VIII	Palavras ou expressões cujo tema principal é relativo aos benefícios ou melhorias . Exemplos de palavras deste grupo: melhor; qualidade de vida; melhoria, etc.

Quadro 10 – Grupos de palavras e expressões

A tabela 40 apresenta a mesma metodologia antes mencionada aplicada ao número de citações obtidas por cada grupo.

Tabela 40 – Escores aplicados as citações de cada grupo

Grupo	Citações em 1º	Escore (x9)	Citações em 2º	Escore (x3)	Citações em 3º	Escore (x1)	Total de citações	Total do escore
I – tamanho ou dimensão	68	612	31	93	16	16	115	721
II – novo	42	378	31	93	38	38	111	509
III – conhecimento	24	216	31	93	28	28	83	337
IV – material e suas propriedades	32	288	23	69	23	23	78	380
V – campo de aplicação	20	180	29	87	25	25	74	292
VI – segurança / risco	6	54	15	45	12	12	33	111
VII – economia / dinheiro	7	63	14	42	21	21	42	126
VIII – benefícios / melhoria	0	0	6	18	8	8	14	26
Total de palavras agrupadas	199	***	180	***	171	***	550	***
Total de palavras não agrupadas	10	***	22	***	30	***	62	***
Quantidade total de respostas	209	***	202	***	201	***	612	***

A análise destes dados mostra que na pesquisa em questão há uma maior coesão de pensamento quando se trata da primeira palavra respondida, a dispersão aumenta para as palavras seguintes. Também se identifica que os dois conceitos mais citados são, em primeiro

lugar o ‘tamanho’ (o que não é uma surpresa considerando o nome dado a este conjunto de tecnologias está associado à dimensão – nano) e, em segundo, o conceito de novo o que indica a fase ainda emergente desta área de conhecimento.

Chama a atenção que conceitos ligados aos benefícios destas tecnologias sejam menos lembrados (ou percebidos) do que os potenciais riscos apresentados por elas, provavelmente em função das lacunas de conhecimento sobre estes aspectos como já apontadas neste trabalho.

Área B - Percepção das nanotecnologias frente aos riscos e à saúde

Do conjunto de respondentes pode-se afirmar que a maioria entende que os nanomateriais apresentam riscos de alta complexidade para a saúde. Na mesma linha, apontam haver a necessidade vigilância em saúde dos que manipulam nanomateriais. Os impactos destas tecnologias são percebidos como importantes e, portanto, merecedores de maior atenção e investimentos em estudos.

Área C – Regulação externa

Quase 80% dos respondentes indicam conhecer algum tipo de regulação de SST que envolva nanomateriais, entendendo que é importante a existência de uma regulação nanoespecífica de caráter obrigatório. Apontam que este tipo de regulação contribui para o desenvolvimento tecnológico (com destaque para a SST) sendo que todos deveriam se envolver nestas questões.

Área D – A atividade de nanotecnologias frente aos riscos e à saúde

Neste ponto os respondentes foram divididos em 2 grandes grupos: o primeiro daqueles que desenvolvem atividades diretamente com a manipulação de nanomateriais (101 respondentes) e o segundo com indivíduos ligados às nanotecnologias, mas sem estarem envolvidos com a manipulação direta (90 respondentes).

Aproximadamente 90% do primeiro grupo está ligado à laboratórios de pesquisa, enquanto 10% estão vinculados a empresas. Embora um terço dos respondentes indique o o laboratório manipula nanomateriais há mais de 10 anos a percepção de novidade em relação a

estas tecnologias ainda persiste. Quase 80% daqueles que trabalham em laboratório apontam a existência de normas de SST, embora somente 50% indiquem que estas normas façam parte de uma política formal de SST mais abrangente. A maioria indica que as normas são acessíveis a todos ainda que nem sempre sejam elaborados por todos, considerando que apenas 37% dos casos as normas são auditadas.

O princípio da precaução é conhecido por 57% dos pesquisados e a maioria aponta a existência de equipamentos de proteção coletiva, assim como o uso de equipamentos de proteção individual. Estes resultados parecem indicar uma importante preocupação com a SST. No entanto, aspectos importantes parecem ser negligenciados entre eles o fato de que em 58% dos casos não há normas específicas em relação as operações de limpeza; em 57% o descarte também não possui normas próprias; e em 76% das situações os incidentes não são registrados (ou investigados).

Em relação ao grupo que não trabalha diretamente na manipulação de nanomateriais, o maior grupo 37% está ligado à instituições públicas de pesquisa e ensino.

Área E – Sobre o respondente

O principal grupo de profissionais que repondeu a *survey* era composto por pesquisadores e/ou professores. A química foi a área de conhecimento mais citada mas sem uma prevalência significativa sobre as demais.

5.4 Considerações finais

Os resultados da *survey* estão de acordo com as ponderações colocadas na literatura de que há risco na manipulação de nanomateriais e de que há necessidade de regulação específica para estas tecnologias. Mesmo assim, esta regulação ainda não existe e é bastante controverso o ambiente de discussão destas circunstâncias. As lacunas de conhecimento, já evidenciadas neste documento, parecem contribuir para a dificuldade de se obter uma regulação mesmo que esta seja considerada importante.

Os resultados apontam que, mesmo que exista a preocupação (e ações) em relação às questões relacionadas à SST, alguns aspectos indicam que esta preocupação recai mais fortemente sobre as atividades técnicas consideradas centrais (as pesquisas), enquanto outras

atividades que podem ser consideradas de apoio (tais como limpeza e descarte) carecem de atenção.

Outro ponto que pode ser destacado é o fato de que atividades próprias da área de SST (como o registro e investigação de incidentes e acidentes) são pouco contempladas; o que pode indicar a não disponibilidade de profissionais especialistas nos laboratórios pesquisados.

Em relação aos locais onde os respondentes desenvolvem suas atividades, bem como no que diz respeito à localização geográfica (UF), os resultados colhidos pela *survey* estão alinhados àqueles obtidos no primeiro esforço deste trabalho (seção 2). As universidades públicas se destacam assim como as regiões mais desenvolvidas do país.

No que diz respeito à contribuição da *survey* para a evolução da sistemática de SST para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia, pode-se destacar a inclusão de itens referentes ao tratamento de emergências ou anormalidades, assim como o fortalecimento da sistemática em relação ao seu enfoque de SST. Detalhes e informações adicionais sobre a pesquisa *survey* são apresentados no apêndice F.

6. SISTEMÁTICA DE SST PARA LABORATÓRIOS COM NANOTECNOLOGIA (S-SST/LabNano)

6.1 Considerações iniciais sobre a Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano)

As nanotecnologias são caracterizadas por dois aspectos principais: o primeiro refere-se à escala de tamanho, que deve estar abaixo de 100 nanômetros; o segundo relaciona-se ao fato de que a nanoescala deve emprestar ao material novas características não presentes em escalas maiores. Estas novas características apresentam inúmeras incertezas quanto à segurança, saúde e meio ambiente.

A literatura sobre sistemas de gestão de SST é farta. Barreiros (2005) informa que não há convergência entre os diferentes autores sobre como conceber, implementar e manter um sistema de gestão para SST, ou seja, por corolário, não apontam qual seria o melhor modelo para esta implementação. O mesmo autor, no entanto, identifica que os diversos modelos são convergentes quanto ao fato de que as organizações devam incorporar uma política de SST, realizando um planejamento que permita a definição de planos de ação, possibilite a implementação desse planejamento e realizem uma verificação e ações corretivas sobre as ações que, eventualmente, tenham desvios em relação ao que foi originalmente planejado. E, por fim, não deixem de promover uma análise crítica sobre a eficácia do funcionamento do sistema.

Em se tratando de sistemas de gestão voltados às questões de segurança e saúde no trabalho (SST), ou segurança e saúde ocupacional (SSO), sobressaem-se dois documentos: o sistema de gestão OHSAS 18.001/2007 (Occupational Health and Safety Assessment Series) (ARAÚJO, 2008 a / b) e o sistema OIT SST/2001 (Diretrizes da Organização Internacional do Trabalho sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho, 2001). Ambos os documentos contemplam os elementos apontados por Barreiros (2005).

Uma análise simplificada destes sistemas (OHSAS 18.001 e OIT) mostra que os mesmos não diferem em sua essência (ARAÚJO, 2008a), apesar de possuírem algumas diferenças entre si, dentre as quais destacam-se três.

1) Quanto ao foco: o sistema preconizado pela OIT tem seu foco nos trabalhadores (trabalho), enquanto que o sistema OHSAS tem seu foco na organização (capital). Esta provavelmente é a maior diferença entre ambos os sistemas já que dela derivam as outras duas.

2) ‘Responsabilidade e prestação de contas’ previstos nas diretrizes da OIT não são contempladas no sistema OHSAS.

3) ‘Competência e treinamento’: enquanto as diretrizes da OIT preconizam que ‘convém que se forneça treinamento, sem qualquer custo, a todos os participantes e que o mesmo seja realizado, se possível, durante o horário de trabalho’, o sistema OHSAS não possui requisitos explícitos neste sentido.

Considerando este cenário, ainda são tímidas as ações empreendidas no sentido de compreender a dimensão dos impactos das nanotecnologias sobre o mundo do trabalho. Diante das ferramentas já existentes, este trabalho apresenta uma sistemática para estruturar e avaliar ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia, baseado nos elementos chave do documento OIT SST/2001 (ILO, 2001), tendo em conta que seu foco é essencialmente os trabalhadores.

Apoia-se ainda em algumas premissas apontadas por outros autores, como é o caso de Malchaire (2003) que indica três não-verdades em relação à gestão de riscos: (1) o que não é quantificado, não existe. Nem sempre a quantificação é possível ou mesmo desejável, entretanto, riscos não quantificáveis podem estar presentes; (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.

No caso específico dos nanomateriais no ambiente do trabalho e, portanto, em relação à S-SST/LabNano, não existem limites de tolerância definidos, da mesma forma como ainda não há consenso sobre os protocolos de avaliação. Entretanto, tal situação não afasta o risco e ignorá-la não é uma alternativa válida sob a ótica da prevenção.

Em nenhum momento a S-SST/LabNano pretende ser mandatória no todo ou em parte, nem pode garantir a total segurança dos envolvidos. Ela apenas se constitui em um conjunto de sugestões baseadas na literatura internacional com o objetivo é contribuir com a preservação da saúde e a segurança daqueles que manipulam nanomateriais, além de oferecer elementos de reflexão sobre o controle e mitigação dos possíveis riscos advindos dos nanomateriais.

6.2 Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento da sistemática foram analisadas as principais características de alguns sistemas de gestão (BARREIROS, 2005; ILO, 2001; e ARAÚJO, 2008 a /b), sistemas de gestão nanoespecíficos como aqueles abordados na seção 4 deste volume, regulamentações de SST nanoespecíficas (quando disponíveis), bem como as normas já existentes para laboratórios com atividades em nanotecnologia como *Massachusetts Institute of Technology* (2011), *Texas A&M Engineering* (2005) e *US Stanford Linear Accelerator Center* (2008).

A sistemática foi desenvolvida através da compilação dos documentos supramencionados, de maneira a ser mais abrangente e atender ao mesmo tempo a todos e a cada um deles. A sistemática incorpora um algoritmo de classificação dos riscos em três níveis para que medidas de controle mais rigorosas possam ser adotadas em função do risco potencial a ser controlado. Este algoritmo foi adaptado tendo como base o trabalho de Fronza, Guterres, Pohlmann e Teixeira (2007).

6.3 Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano)

6.3.1 Contextualização

A aplicação de procedimentos visando a segurança e saúde dos trabalhadores e a preservação do ambiente passa pela percepção dos riscos, ainda que não se limite à ela (US/NIOSH, 2009a).

As incertezas a respeito dos efeitos das nanopartículas sobre o organismo parecem ajudar a colocar a preocupação com os riscos potenciais destas partículas em segundo plano (US/DOE, 2008). Por vezes, se identificam observações de que determinado procedimento ou elemento é seguro, ainda que os mesmos sejam novos e não tenham sido testados a este respeito. Além disso, normas e regulamentos podem ser vistos como entraves ao desenvolvimento científico e não como uma forma de proteção.

A S-SST/LabNano oferece elementos de reflexão sobre a utilização das nanotecnologias, de maneira que se possa mitigar os riscos à segurança e à saúde daqueles que com elas trabalham nos laboratórios de pesquisa.

A sistemática é baseada no documento da OIT (2001) ao qual se incorpora o princípio da precaução. Seus principais elementos podem ser identificados na figura 4.

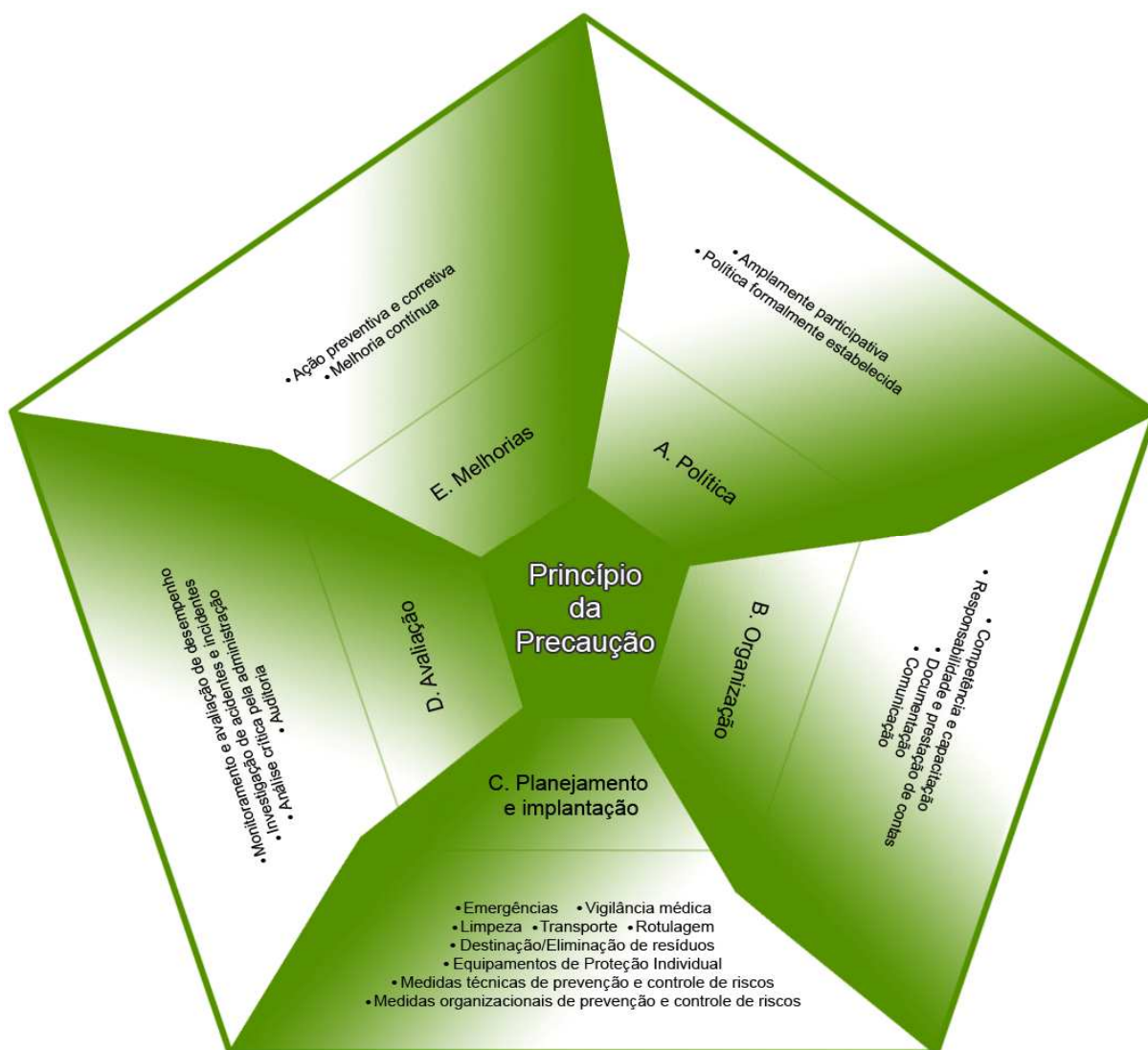


Figura 4 – Esquema da S-SST/LabNano

A mesma figura indica o caráter de continuidade das ações, ou ciclo contínuo, de maneira a funcionar sistemicamente, ou seja, com cada uma das ações, dependendo e influenciando as demais.

Para efeito da S-SST/LabNano entende-se como nanopartículas ou nanomaterial toda e qualquer partícula que possua 1 (uma) de suas dimensões abaixo de 100 nanômetros. As atividades ou processos envolvendo nanomateriais devem ser classificadas em grupos de risco como indicado no algoritmo de classificação de risco (item 6.3.3). O campo de aplicação da S-SST/LabNano são os laboratórios de pesquisa com manipulação de nanopartículas, especificamente, as atividades envolvendo estes materiais.

Outras ações não restritas aos nanomateriais devem ser adotadas para garantir o controle geral dos riscos. Estas ações gerais, no entanto, fogem ao escopo deste trabalho.

Como indicado na figura 4, o princípio da precaução deve ser adotado em todas as atividades envolvendo nanomateriais, onde estes devem ser considerados potencialmente perigosos e como tal devem ser tratados, até que haja evidências de que os mesmos sejam inócuos. Neste cenário, a adoção do princípio da precaução deve ser pela forma ativa.

6.3.2 Algoritmo de classificação de riscos

A S-SST/LabNano incorpora um algoritmo (quadros 11, 12 e 13) de classificação das atividades em função do perigo intrínseco das nanopartículas e da frequência com que as estas são manipuladas, permitindo uma avaliação qualitativa do grau de risco envolvido no trato destas nanopartículas. O algoritmo proposto (baseado em FRONZA, 2007) permite a classificação das atividades envolvendo as nanopartículas em três grupos distintos e crescentes em relação ao risco. O grupo I é considerado como de menor risco em relação ao grupo III.

Outras atividades são classificadas na descrição da sistemática de ações e, havendo mais de uma classificação possível para uma mesma atividade ou nanomaterial, devem ser adotadas as medidas preconizadas no grupo de maior risco.

Embora o princípio geral, assim como grande parte da sistemática de ações deva ser aplicada independente do grupo de risco específico, existem algumas ações mais ou menos rigorosas em relação à possibilidade de contaminação justamente ligadas ao grupo de risco.

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

Quadro 11 – Determinação do escore de perigo

Questão	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	
As quantidades usadas são grandes	SIM	+1	
	NÃO	0	
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1	
	NÃO	-1	
Os nanomateriais são manipulados na forma de nanopós	SIM	+1	
	NÃO	-1	
Há possibilidade de dispersão das nanopartículas no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	SIM	+1	
	NÃO	-1	
Soma dos resultados obtidos			

Quadro 12 – Determinação do escore de exposição

IMPORTANTE: sempre que houver dúvida entre as respostas disponíveis ou variabilidade da mesma, deve ser escolhida a situação mais desfavorável (maior risco), ou seja, a resposta deve ser considerada como **agravante (=somar 1)**.

Uma vez que tenha sido calculada a soma aritmética dos escores atribuídos nos quadros 11 e 12, estes resultados deverão ser usados para que seja definido o grupo de risco, conforme a matriz de risco apresentada no quadro 13.

Exposição \ Perigo		Escore de perigo		
		Atenuado (negativo)	Neutro (zero)	Agravado (positivo)
Escore de exposição	Atenuado (negativo)	Grupo de risco I	Grupo de risco I	Grupo de risco II
	Neutro (zero)	Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
	Agravado (positivo)	Grupo de risco II	Grupo de risco III	Grupo de risco III

Quadro 13 – Matriz de risco

Ao término desta operação (determinação do grupo de risco), será possível, com o auxílio do quadro 14, determinar quais as principais ações gerais deverão ser tomadas em relação ao controle de riscos. É importante destacar que as ações não devem se limitar ao que é apontado no quadro 14, este deve servir apenas para realçar o entendimento de risco maior ou menor sem prejuízo das demais ações descritas no item 6.3.3.

Grupo de risco I	Grupo de risco II	Grupo de risco III
<p>Capela de exaustão ou recirculação com filtragem HEPA (<i>High Efficiency Particulate Air</i>). 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.</p>	<p>Capela de exaustão com filtragem HEPA (<i>High Efficiency Particulate Air</i>). 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.</p>	<p>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.</p>

Quadro 14 – Ações gerais em função do grupo de risco

6.3.3 Descrição da Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano)

A. Política

A.1 Estabelecimento da política

A.1.1 Desenvolver por escrito, com a participação de todos os envolvidos, uma política de SST.

A.1.2 A política desenvolvida deve ser endossada pelos dirigentes, ser clara e concisa, ser acessível ao público interno e externo (transparência) e ser revisada periodicamente.

A.2. Participação de todos os envolvidos

A.2.1 Em todas as fases do processo (planejamento, implantação, execução, avaliação, adequação) é importante a participação de todo o pessoal envolvido, incluindo aqueles ligados à atividades de apoio, como limpeza, por exemplo.

B. Organização

B.1 Responsabilidade e obrigação de prestar contas

B.1.1 A SST é responsabilidade intrínseca do pessoal diretivo e isto deve ser comunicado a todos, assim como a destinação de recursos adequados a execução da política de SST.

B.1.2 A prestação de contas sobre as ações de SST insere-se no âmbito do direito básico à informação e deve ser garantida pela direção.

B.2 Competência e capacitação

B.2.1 Todos os envolvidos deverão ser capacitados, dentro de suas áreas de atuação, com relação à SST.

B.2.1.1 Laboratórios do grupo III (vermelho): a capacitação em SST deve ser atualizada anualmente.

B.3 Documentação

B.3.1 O sistema de gestão de SST deve ser acompanhado de ampla documentação.

B.3.2 A documentação deve incluir no mínimo: (a) a política de SST; (b) as funções e responsabilidades dos envolvidos; (c) os fatores de risco; (d) os planos, os procedimentos e as instruções do sistema de SST, tais como: plano de segurança, plano de higiene química; procedimentos operacionais padrões e fichas de dados de segurança dos materiais; (e.) registros de acompanhamento tais como incidentes, acidentes, lesões, degradações da saúde, exposições a agentes de risco, monitoração ambiental e vigilância médica.

B.3.3 A documentação deve incluir registros que permitam estabelecer a rastreabilidade dos nanomateriais, servindo esta de apoio às outras áreas, como a vigilância médica, visando estabelecer correlação entre eventuais agravos à saúde e a exposição aos nanomateriais.

B.4 Comunicação

B.4.1 Deve ser garantido o fluxo de informações de maneira a receber, documentar e responder questões, opiniões e sugestões sobre SST, tanto do público interno em todos os níveis quanto do público externo.

C. Planejamento e implantação

C.1 Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos

C.1.1 As medidas, de maneira geral, devem ser adotadas na seguinte ordem de prioridades: eliminação, redução, controle e por fim uso de equipamentos de proteção individual.

C.1.2 Substituição: sempre que possível (tecnicamente viável e economicamente aceitável) os nanopós devem ser substituídos por formas em dispersões, pastas, compostos/compósitos e dispersão em meio líquido ou sólido.

C.1.2.1 Uso de nanopós de maneira frequente: grupo III (vermelho)

C.1.2.2 Uso de nanopós de maneira esporádica: grupo II (laranja)

C.1.2.3 Não uso de nanopós: grupo I (amarelo)

C.1.3 A manipulação de nanomateriais deve ser realizada em sistemas fechados com pressão negativa em relação à zona de respiração da pessoa envolvida na operação.

C.1.3.1 Grupo III (vermelho): sistema fechado como de segurança biológica, caixas de luvas ou similares.

C.1.3.2 Grupo II (laranja): capela de exaustão com filtragem HEPA (*High Efficiency Particulate Air*).

C.1.3.3 Grupo I (amarelo): capela de exaustão ou recirculação com filtragem HEPA.

C.1.4 A ventilação e filtração são recomendadas para todos os grupos. Para nanomateriais devem ser utilizados filtros HEPA. Uma depressão estável de 6 mm de coluna de água deve ser mantida no laboratório onde não poderá haver recirculação de ventilação, sendo recomendado de 6 a 12 trocas de ar por hora sendo feita a filtração HEPA para o ar exaurido no caso do Grupo III (vermelho) (ELLENBECKER e TSAI, 2008).

C.1.5 Especial atenção deve ser dada à possibilidade de fogo ou explosão causadas pelas nanopartículas. Caso necessário, devem ser utilizados sistemas elétricos à prova de explosão e sistemas de alarme.

C.1.6 Laboratórios devem ser equipados com estação de lavagem de olhos, chuveiro de segurança, kit de primeiros socorros, extintor de incêndio adequado e saídas de emergência devidamente sinalizadas.

C.1.7 Sempre que disponíveis, as medidas de controle devem privilegiar aquelas indicadas pelo produtor/fabricante do produto, segundo os critérios estabelecidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS - *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*), da Organização das Nações Unidas (ONU).

C.2 Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos

C.2.1 Controle de acesso: as áreas onde são manipulados os nanomateriais deverão ter seu acesso controlado de maneira a minimizar o pessoal eventualmente exposto.

C.2.1.1 Grupo III (vermelho): pode ser adotado controle eletrônico.

C.2.1.2 Grupo II (laranja): acesso controlado por meio de documentação.

C.2.1.3 Grupo I (amarelo): acesso controlado por avisos e normas internas.

C.2.2 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.

C.2.1.1 Grupo III (vermelho): não será permitida fora do horário normal de trabalho.

C.2.1.2 Grupo II (laranja): poderá ser executada por no mínimo 2 pessoas

C.2.1.3 Grupo I (amarelo): poderá ser executada fora do horário por uma única pessoa desde que haja a comunicação do fato.

C.2.3 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.

C.2.4 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.

C.2.4.1 Laboratórios do grupo III (vermelho): devem fornecer serviços de lavanderia.

C.2.5 Gestão de mudanças: novos equipamentos e procedimentos só devem ser adotados após uma criteriosa análise dos impactos destes sobre a SST.

C.3 Rotulagem

C.3.1 Todo o nanomaterial deve ser convenientemente rotulado com informações sobre possíveis reações adversas e cuidados especiais na manipulação do mesmo.

C.3.2 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.

C.3.3 Todos os nanomateriais deverão ser classificados pelo fluxograma de classificação de perigo e rotulados como tal utilizando-se as cores vermelho (grupo III), laranja (grupo II) e amarelo (grupo I).

C.3.4 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*).

C.4 Limpeza

C.4.1 Os procedimentos de limpeza devem ser devidamente descritos e o pessoal encarregado capacitados para o desempenho seguro destas atividades.

C.4.2 A limpeza de superfícies potencialmente contaminadas com nanomateriais deve ser feita com uso de aspirador de pó com filtro HEPA. Aspiradores sem filtros são contra indicados, pois possuem a tendência de promover o espalhamento do material.

C.4.3 Não se recomenda a varrição a seco ou uso de ar comprimido para limpeza dos locais com nanomateriais.

C.4.4 Atividades de limpeza devem ser abordadas de maneira ampla e, para tal, devem incluir a limpeza dos equipamentos e instrumentos de pesquisa, do ambiente, dos equipamentos de proteção coletiva e individual e do vestuário usado em atividades envolvendo nanomateriais.

C.4.5 Algumas atividades de limpeza podem estar relacionadas a outros itens desta sistemática, como é o caso dos procedimentos para a limpeza de um derramamento acidental de produto contendo nanomateriais, que tanto pode ser incluída como “limpeza” como também como procedimentos para lidar com uma situação de emergência ou anormalidade, neste caso o derramamento acidental. Situação análoga ocorre com os procedimentos de limpeza dos equipamentos de proteção coletiva ou individual.

C.5 Vigilância médica

C.5.1 Deve ser realizada a vigilância médica da saúde de todas as pessoas potencialmente expostos aos nanomateriais.

C.5.2 A vigilância médica deve dar especial atenção para as funções pulmonares, hepáticas, renais e hematopoiéticas.

C.5.3 Todo e qualquer agravo à saúde deve ser registrado de maneira a permitir a precoce detecção de impactos dos nanomateriais sobre a saúde.

C.5.4 Há contra-indicação de manipulação de nanomateriais por mulheres grávidas.

C.6 Transporte

C.6.1 Os nanomateriais devem ser transportados como produtos químicos perigosos, ou seja, em contêineres fechados e rotulados.

C.6.2 Dependendo da via de transporte regulamentos específicos deverão ser observados.

C.7. Destinação/eliminação de resíduos

C.7.1 Os nanomateriais com baixa solubilidade em água (superior a faixa de miligrama) devem ser tratados como resíduos químicos.

C.7.2 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.

C.7.3 Para nanomateriais em solução devem ser utilizados os mesmos procedimentos adotados para solventes.

C.7.4 Dentre as formas de eliminação dos resíduos estão: incineração, tratamento químico e imobilização.

C.7.5 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.

C.7.6 Especial atenção deve ser dada ao descarte de produtos contaminados, como é o caso dos filtros tanto dos EPCs, EPIs e equipamentos de limpeza.

C.8. Equipamentos de proteção individual

C.8.1 A proteção respiratória deve ser adotada e, de maneira geral, recomenda-se máscaras descartáveis para manipulação de produtos do grupo I; máscaras semifaciais do tipo cartucho para o grupo II até aparelhos de respiração com ar mandado para o grupo III ou grandes concentrações. Independente das recomendações genéricas acima, as atividades envolvendo nanopartículas devem ser alvo de um programa específico de proteção respiratória.

C.8.2 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 e serem removidas dentro do sistema fechado, por exemplo, na capela.

C.8.3 Óculos de segurança ou protetores faciais devem ser usados sempre que houver qualquer tipo de manipulação de material.

C.8.4 Calçados fechados de baixa permeabilidade são os mais indicados.

C.8.5 Outros equipamentos 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.

C.8.6 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.

C.9 Emergências com nanomateriais

C.9.1 Situações de emergência envolvendo nanomateriais devem ser previstas. Para estes episódios deverá haver orientações claras de como proceder, acessíveis e de conhecimento de todos.

C.9.2 Situações de emergência podem incluir: incêndios, explosões, derramamentos de substâncias contendo nanopartículas, falta de energia elétrica, intoxicações, contato, ingestão ou inalação acidentais, etc.

C.9.3 Os procedimentos devem prever os responsáveis por coordenar as situações de emergência, quem deve ser acionado (ou avisado) na ocorrência de uma destas situações e quais as responsabilidades individuais nestes casos.

C.9.4 Quando uma situação de emergência possuir o potencial de afetar outros atores sociais externos à organização, estes devem ser envolvidos na discussão e construção dos procedimentos relativos a esta situação, assim como nos eventuais treinamentos sobre o tema.

D. Avaliação

D.1 Monitoração e medição do desempenho: recomenda-se que sejam estabelecidos indicadores de desempenho em relação à SST, que possam ser acompanhados de maneira a ser possível obter ou inferir os resultados dos controles e ações implementadas.

D.2 Investigação de lesões, degradações da saúde, doenças e incidentes relacionados ao trabalho e seus impactos no desempenho da SST: a avaliação deve interagir fortemente com a vigilância médica e com o sistema de documentação e comunicação, objetivando identificar de maneira precoce qualquer possível desvio ou não conformidade em relação à SST relacionada aos nanomateriais.

D.3 Auditoria: auditorias internas e externas devem ser efetuadas periodicamente com o objetivo maior de aprimorar o processo através da implementação de melhorias.

D.4 Análise crítica pela administração: a administração é a principal responsável pelo desempenho de SST.

E. Melhorias

E.1 Ação preventiva e corretiva

E.1.1 Acompanhamento dos avanços e estudos na área adequando o sistema sempre que isto seja necessário.

E.2 Melhoria contínua

E.2.1 Cada item do sistema deve ser periodicamente revisto a fim de garantir que o mesmo permaneça adequado ao fim a que se propõe.

6.3.4 Sugestões de implementação e responsabilidades

O quadro 15 apresenta um conjunto de sugestões de implementação das ações da S-SST/LabNano, da mesma forma como quais deveriam ser os responsáveis por cada uma destas ações.

A. Política		
O que deve ser feito	Sugestões de como pode ser feito	Responsabilidade
A.1 Estabelecimento da política	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer uma rede de cooperação nos mesmos moldes que são estabelecidas redes de pesquisa entre laboratórios • Contar com especialistas em SST da instituição onde o laboratório esta inserido • Incluir em projetos de pesquisa financiados a contratação de especialista na área de SST. • Assegurar-se que a política é compreendida por todos os níveis da organização. 	O início do processo deverá ocorrer por iniciativa da direção, mas, uma vez iniciado a participação do grupo é importante. Caberá à direção fomentar a criação de um ambiente de respeito e confiança propício para a participação.
A.2. Participação de todos os envolvidos	<ul style="list-style-type: none"> • Oferecer condições iniciais mínimas para o encaminhamento das discussões (embasamento). • Promoção de reuniões ou seminários para a condução das discussões de SST, em horário de trabalho. • Garantir a possibilidade de manifestação anônima sobre estas questões. • Promover a participação através de incentivos específicos. • Incentivar a participação externa (a família dos envolvidos, por exemplo) visando a ampliação da preocupação com as questões ligadas a SST. 	Todo o pessoal, incluindo os envolvidos diretamente nas operações com nanomateriais, a direção, a administração, áreas de apoio, etc.
B. Organização		
B.1 Responsabilidade e obrigação de prestar contas	<ul style="list-style-type: none"> • Publicação dos resultados e indicadores de SST de maneira periódica por um ou mais meios de divulgação (impressos, página na Internet, newsletter, etc.). • As informações devem incluir, se cabível, as ações empreendidas, os resultados e o montante de recursos destinados as ações de SST. 	Direção

Quadro 15 – Sugestões de implementação e responsabilidades

(continua)

B. Organização		
B.2 Competência e capacitação	<ul style="list-style-type: none"> • Organização de cursos de capacitação de maneira periódica, quando for o caso (alto risco ou mudança de atividades). • Uso de ferramentas de apoio tais como videoaulas, Internet, apostilas, DVD, etc. • Organização de Fóruns de Discussão sobre temas relacionados à SST e as atividades desenvolvidas no laboratório. 	Direção e pessoal técnico de SST, do próprio laboratório ou terceirizado.
B.3 Documentação	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção de arquivo específico sobre SST incluindo a gestão de riscos. • Observar os requisitos legais evitando duplicação de esforços. • Cada atividade deve ser detalhadamente descrita sob o ponto de vista técnico e de SST, sendo que esta descrição (orientação) poderá compor um Procedimento Operacional Padrão (POP) o qual deverá ser de conhecimento dos envolvidos e sempre adotado. 	Direção; pessoal técnico de SST e responsável por esta área ou administração.
B.4 Comunicação	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir o livre acesso às informações se SST observando o direito ao sigilo e a privacidade. • Permitir, sempre que possível e preferencialmente, o acesso à informação de maneira anônima. • Manter um sistema de comunicação interno, acessível e compreensível, sobre questões ligadas à SST (quadro de avisos, newsletter, página na Internet, etc.). • A comunicação deve ser bilateral, isto é, deve tanto receber quanto fornecer informações. O sistema deve permitir o registro e acompanhamento deste fluxo de informações. 	Direção; pessoal técnico de SST e responsável por esta área ou administração.

Quadro 15 – Sugestões de implementação e responsabilidades

(continuação)

C. Planejamento e implantação		
C.1 Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos	<ul style="list-style-type: none"> • A adoção de qualquer medida deve ser precedida de ampla participação na discussão e esclarecimento quanto à adequação, objetivo e necessidade da mesma. Os sistemas de comunicação devem ser utilizados para este fim. 	Direção; pessoal técnico de SST (orientação); todos os demais envolvidos (acolhimento).
C.2 Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos	<ul style="list-style-type: none"> • A adoção de qualquer medida deve ser precedida de ampla participação na discussão e esclarecimento quanto à adequação, objetivo e necessidade da mesma. Os sistemas de comunicação devem ser utilizados para este fim. 	Direção; pessoal técnico de SST (orientação); todos os demais envolvidos (acolhimento).
C.3 Rotulagem	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer, com simplicidade e clareza, através de um ou mais POP a forma de se fazer a rotulagem. • Todo o produto ou material deve estar sempre identificado. 	Direção; pessoal técnico de SST (orientação); responsável por esta área.
C.4 Limpeza	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer, com simplicidade e clareza, através de um ou mais POP a forma de se fazer a limpeza. • Cada local de trabalho ou equipamento poderá ser alvo de um POP específico de limpeza dependendo da necessidade. • Eventualmente as tarefas de limpeza são atribuídas a 'não técnicos' e, neste caso, é importante que a pessoa encarregada destas tarefas compreenda a importância de suas ações e da SST. 	Direção; pessoal técnico de SST (orientação); responsável por esta área
C.5 Vigilância médica	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar um sistema que possa garantir o sigilo médico e ao mesmo tempo oferecer subsídios para a detecção precoce de possíveis agravos à saúde provocados por nanomateriais. 	Direção; responsável por esta área (médico).

Quadro 15 – Sugestões de implementação e responsabilidades

(continuação)

C. Planejamento e implantação		
C.6 Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Considerando o escopo da S-SST/LabNano o transporte pode ser interpretado como o deslocamento do material entre prédios na mesma área ou entre salas de um mesmo prédio. • Estas operações devem ser alvo de um POP, observadas as características do material em uso. 	Direção; pessoal técnico de SST (orientação); responsável por esta área.
C.7. Destinação/eliminação de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer, com simplicidade e clareza, através de um ou mais POP a forma de fazer-se o descarte do material e/ou de suas embalagens. • Cada tipo (ou conjunto) de material(ais) manipulado(s) poderá ser alvo de um POP específico de descarte dependendo da necessidade. 	Direção; pessoal técnico de SST (orientação); responsável por esta área.
C.8. Equipamentos de proteção individual (EPI)	<ul style="list-style-type: none"> • Cada operação ou atividade deve estar detalhadamente descrita em um POP que contemple as questões técnicas envolvidas assim como as relativas à SST, incluindo a especificação dos EPI necessários a sua execução. • Os EPI devem estar disponíveis e mantidos em perfeitas condições de uso sendo substituídos sempre que necessário. • Cada usuário deve ser informado sobre o correto uso do EPI e, principalmente, o motivo pelo qual deve utilizá-lo. • Cada área deve estar sinalizada quanto à necessidade de uso de EPI, quando for o caso. 	Direção; pessoal técnico de SST (orientação); todos os demais envolvidos (acolhimento).
C.9 Emergências	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer as possíveis emergências e seu alcance. • Realizar treinamentos para estas situações de exceção. • Definir as responsabilidades e ações a serem tomadas nestes casos. • A atenção e rigor a possíveis emergências devem ser proporcionais aos danos projetados caso de sua ocorrência. 	Todo o pessoal, incluindo os envolvidos diretamente nas operações com nanomateriais, a direção, a administração, áreas de apoio e outros além de pessoal externo (visitantes, por exemplo).

Quadro 15 – Sugestões de implementação e responsabilidades

(continuação)

D. Avaliação		
D.1 Monitoração e medição do desempenho	<ul style="list-style-type: none"> Definir quais os indicadores de desempenho serão mensurados e com que frequência haverá esta monitoração. Manter um registro histórico deste acompanhamento incluindo sua contextualização. 	Direção; pessoal técnico de SST; outros interessados.
D.2 Investigação	<ul style="list-style-type: none"> Não só os acidentes mas todos os incidentes (qualquer anormalidade) devem ser alvo de investigação. A investigação deve ter por objetivo a identificação de falhas e não ter caráter punitivo. Caberá à direção a criação de um ambiente que permita este tipo de abordagem. 	Direção; pessoal técnico de SST
D.3 Auditoria	<ul style="list-style-type: none"> A auditoria (interna ou externa) deve estar concentrada na melhoria do processo e não na responsabilização de indivíduos ou equipes. 	Direção; pessoal técnico de SST
D.4 Análise crítica pela administração	<ul style="list-style-type: none"> A análise da administração não deve se ater aos aspectos técnicos, mas sim estar focada no caráter sistêmico da SST e suas implicações mais amplas (jurídicas, éticas, sociais, comerciais, etc.) 	Direção
E. Melhorias		
E.1 Ação preventiva e corretiva	<ul style="list-style-type: none"> As ações corretivas e preventivas pressupõem a implantação inicial de medidas que foram avaliadas e serão alteradas no que couber. Trata-se do resultado da análise dos resultados obtidos no passo anterior (4. Avaliação). 	Todos os envolvidos nas operações com nanomateriais, direção e pessoal técnico de SST.
E.2 Melhoria contínua	<ul style="list-style-type: none"> Toda a implementação de ações que vise o aprimoramento da SST. 	Todos os envolvidos nas operações com nanomateriais, inclusive a direção, administração e demais interessados.

Quadro 15 – Sugestões de implementação e responsabilidades

Uma vez que a política (item 1 da S-SST/LabNano) a ser estabelecida para SST conterà as diretrizes e princípios básicos, na teoria esta será o primeiro passo do processo. Nesta situação assume-se que exista uma base de conhecimentos sobre SST já estabelecida que permita a discussão e construção da política de SST. Na prática, no entanto, é provável que esta base de conhecimentos não exista, assim, será necessário antes de qualquer avanço na discussão (participação) que esta base de conhecimentos seja criada. Para tal, se faz necessário uma capacitação de ‘nivelamento’ cujo objetivo é oferecer a todos uma base comum de conhecimentos genéricos sobre SST (embasamento). A partir deste embasamento inicial de conhecimentos as demais etapas se sucederão, incluindo a revisão dos treinamentos seguintes, que poderão, a critério dos participantes, aprofundar questões não abordadas ou abordadas superficialmente na capacitação inicial de embasamento.

Neste contexto, sugere-se que o primeiro esforço para a implementação da S-SST/LabNano seja o ‘Passo 0 – Embasamento’, seguindo após este o Passo A - estabelecimento da política de SST; Passo B – Organização; Passo C – Planejamento e implantação técnica; Passo D – avaliação e Passo E – melhorias.

Passo 0 – Embasamento

O embasamento corresponde a etapa de sensibilização em que serão oferecidos as informações e conhecimentos básicos sobre as questões de SST, visando oferecer as ferramentas necessárias ao engajamento dos não especialistas nas discussões de SST considerando que estas discussões e as ações delas advindas terão impacto sobre todos os envolvidos. A prática no desenvolvimento diário de tarefas e a experiência adquirida, embora não formalmente estruturados, são conhecimentos preciosos muitas vezes negligenciados.

A valorização do indivíduo dado pelo respeito ao seu conhecimento poderá contribuir positivamente para a participação do mesmo no processo, bem como ajudará na aceitação de eventuais mudanças ou imposições em nome da SST.

Este primeiro passo, provavelmente, será o menos participativo dependendo da cultura e valores da instituição. Sua proposição é justamente para promover o engajamento e a discussão de ações de SST.

Passo A – Política

A construção formal da política de SST é importante porque ela deverá estabelecer um conjunto de princípios e diretrizes gerais, que sirvam de guia para as ações básicas da gestão de SST. Dentre os elementos que deverão compor este documento estão: o compromisso da direção com a SST; a consideração dos aspectos legais de SST como

requisitos mínimos e não como nível máximo a ser alcançado; o engajamento de todos os níveis nas questões de SST; o compromisso na alocação de recursos para sua implementação; a definição das responsabilidades e o compromisso de sua revisão e constante atualização (ARAÚJO, 2008b).

A política de SST deve ser considerada como um compromisso público a ser assumido e respeitado por todos e seu aspecto mais importante está na participação ativa de todos nas questões de SST.

Passo B – Organização

Partindo-se dos princípios e diretrizes estabelecidos para a política será importante que o processo além de participativo seja transparente, para tal será importante um sistema de documentação que permita a fácil localização das informações e seja periodicamente atualizado e readequado. A comunicação é, antes de tudo, uma exigência legal e ética na medida em que todos os trabalhadores têm o direito a conhecer os riscos aos quais podem estar expostos. Avançando além do direito fundamental à informação, a comunicação deve voltar-se a oferecer subsídios para a tomada de decisão e a melhora das condições ambientais em relação à SST sendo, portanto, bilateral.

A competência e capacitação serão as bases para o engajamento dos envolvidos na condução dos processos de SST, enquanto a comunicação será o meio para que isto possa ocorrer. A frequência, profundidade e enfoque da capacitação deverá ser pactuada entre os interessados. Para facilitar a participação, Araújo (2008b) indica a importância de alguns aspectos, entre eles: ter objetivos e metas realistas (realizáveis); estabelecer e monitorar a evolução dos indicadores; divulgar (comunicar) a informação para todos; promover espaços de participação (reuniões, encontros, concursos, etc.) e adotar incentivos tangíveis.

Passo C – Planejamento e implantação (técnica)

O planejamento e implantação das medidas técnicas passa, primeiramente, pela identificação das fontes de perigo e sua consequente probabilidade de provocar dano traduzido pelo entendimento de risco. O entendimento destes aspectos específicos determinará quais devam ser as ações a serem adotadas para a mitigação e controle dos riscos. Devido às lacunas de conhecimento à respeito dos possíveis riscos (há pouca informação sobre o perigo e sobre a exposição aos nanomateriais) o princípio da precaução (HALLOCK et al., 2009) e as análises participativas de cunho qualitativo são apontadas como enfoques viáveis para a gestão dos riscos envolvendo nanomateriais.

A implantação por sua vez deve ser pactuada com os envolvidos, de maneira que as medidas e ações sejam acolhidas por serem conhecidas e compreendidas por todos. É importante conhecer o motivo pelo qual cada ação é proposta e que tipo de resultado se espera de sua adoção.

Passo D – Avaliação

Para que se proceda a avaliação é necessário que seja definido o que deve ser avaliado, como por exemplo a situação, a mudança, o indicador, o sistema ou uma combinação de fatores. As avaliações são o primeiro passo da comparação e esta comparação levará a manutenção ou mudança da situação ou processo conforme o caso. As avaliações dizem respeito, inicialmente, ao levantamento de dados e informações que permitam identificar a eficácia e/ou eficiência da gestão de riscos proposta e implementada. A monitoração constante, a investigação e criação de uma base histórica de conhecimentos, a auditoria (visando identificar falhas e não culpados) e a análise crítica por parte da administração fornecerão as bases para que sejam sugeridas e tomadas as ações preventivas e de correção e, com isto seja possível a melhoria incremental e contínua.

Passo E – Melhorias

As ações preventivas e corretivas devem ser orientadas para a obtenção de ganhos ou melhoras, no sistema, processo ou ambiente, de maneira que este aprimoramento em ‘melhoria contínua’. O controle de riscos deve ser flexível e constantemente criticado para que sejam acrescentados novos controles ou procedimentos, enquanto outros serão extintos na medida em que o conhecimento avança e as tecnologias se alteram. Regras essencialmente prescritivas podem atender a quesitos legais mas são pouco eficientes no contexto proposto (SILVA, 2006).

6.3.5 Marcos legais

Considerando o escopo desta tese, a análise da existência de marco legal associado ao que é sugerido pela S-SST/LabNano focou-se no conteúdo das Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), instituídas pela Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, que alterou o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), relativo à Segurança e Medicina do Trabalho e aprovadas pela Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978 e alterações posteriores (Brasil, 1978). De caráter mais amplo, o Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), em seus artigos 154 a 201, também

trata da segurança e medicina do trabalho, mas tendo em conta que as NR, sob o ponto de vista técnico são mais detalhadas, optou-se por restringir a análise a este conjunto de Normas, como já referido.

É importante notar que a regulamentação da SST no Brasil é caracterizada por um misto de regulamentos horizontais, que atingem todas as empresas, como é o caso da NR-9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA), da NR-7 (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO), etc.; regulamentos verticais, que estão direcionados para um determinado segmento econômico, assim como a NR-18 (Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção), a NR-22 (Segurança e saúde ocupacional na mineração), entre outras; e regulamentos específicos para determinado agente ambiental, como a NR-10 (Segurança em instalações e serviços em eletricidade) ou voltado para determinado tipo de equipamento, como a NR-13 (Caldeiras e vasos de pressão), como apontado por Silva (2006). O mesmo autor indica outro aspecto em relação a este conjunto normativo que é o fato de que tais normas são prescritivas. Sendo assim, são também menos flexíveis e passíveis de rápida desatualização, além de, potencialmente, serem inibidoras de inovações tecnológicas no trato da SST.

Em que pesem as características antes apontadas, a S-SST/LabNano encontra respaldo legal nas normativas existentes, quer de maneira direta em alguns pontos, quer sob a forma indireta ou parcial em outros aspectos. A relação existente entre as sugestões oferecidas pela S-SST/LabNano e a legislação em vigor pode ser observada no quadro 16.

A. Política			
O que deve ser feito	Marco legal associado	Referência legal	
		Direta (total)	Indireta (parcial)
A.1 Estabelecimento da política	A NR 9 estabelece a obrigatoriedade de confeccionar o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) o qual poderá estar associado ao S-SST/LabNano. NR 9, item 9.1.1 NR 9, item 9.4, subitem 9.4.1, inciso I.	√	
	NR 1, item 1.2 NR 1, item 1.7, alínea a NR 4, item 4.1 e item 4.3.1		√
A.2. Participação de todos os envolvidos	NR 5, item 5.16 alínea a NR 9, item 9.1, subitem 9.1.2 NR 9, item 9.4, subitem 9.4.2, inciso I NR 9, item 9.6, subitem 9.6.2	√	
	NR 1, item 1.7, alínea d NR 1, item 1.8, alínea d		√
B. Organização			
B.1 Responsabilidade e obrigação de prestar contas	NR 1, item 1.7	√	
	No geral pelo conjunto da NR 9 e em particular pela NR 9, item 9.3, subitem 9.3.1, alínea f.		√
B.2 Competência e capacitação	NR 5, item 5.32 NR 12, item 12.135 NR 23, item 23.1 e subitem 23.1.1 NR 25, item 25.5 NR 26, item 26.2, subitem 26.2.4	√	
	NR 5, item 5.5 NR 9, item 9.3, subitem 9.3.5 subsubitem 9.3.5.3 NR 9, item 9.4, subitem 9.4.2, inciso I NR 9, item 9.5, subitem 9.5.1 e 9.5.2		√
B.3 Documentação	NR 9 item 9.2, subitem 9.2.1, alínea c NR 9, item 9.3.8, todos os subitens	√	
	NR 5, item 5.14 e subitens 5.14.1 e 5.14.2 NR 7, item 7.4, subitem 7.4.5.1		√
B.4 Comunicação	NR 1, item 1.7, alínea b e alínea c com seus incisos subsequentes NR 5, item 5.16 alínea f NR 9, item 9.5, subitem 9.5.1 e 9.5.2 NR 23, item 23.1 e subitem 23.1.1 NR 26, item 26.2, subitem 26.2.3, subsubitem 26.2.3.4	√	
	NR 5, item 5.14 e subitens 5.14.1 e 5.14.2		√

Quadro 16 – Marcos legais (Normas Regulamentadoras - NR) relacionados

(continua)

C. Planejamento e implantação			
C.1 Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos	NR 5, item 5.16 alínea c NR 12, item 12.106, alínea a	√	
	NR 9, item 9.3 (no seu conjunto) NR 12, item subitem 12.3 (e outros aplicáveis) NR 17, no que couber NR 24, no que couber		√
C.2 Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos	NR 5, item 5.16 alínea c	√	
	NR 9, item 9.3 (no seu conjunto) NR 12, item subitem 12.3 e item 12.8 NR 17, no que couber NR 23, no que couber NR 24, no que couber		√
C.3 Rotulagem	NR 26, item 26.2	√	
	NR 11, item 11.3, subitem 11.3.5 NR 26 no conjunto		√
C.4 Limpeza	NR 24, item 24.7, subitem 24.7.5		√
C.5 Vigilância médica	NR 9, item 9.3.5.1 alínea d NR 7, item, 7.2, subitem 7.2.3 NR 7, item 7.4, subitens 7.4.2.2 e 7.4.2.3	√	
	NR 1, item 1.8, alínea c		√
C.6 Transporte	NR 25, item 25.5		√
C.7. Destinação/eliminação de resíduos	NR 25	√	
C.8. Equipamentos de proteção individual	NR 9 item 9.3.5.4 alínea b NR 1, item 1.8, alínea b NR 6 no seu conjunto	√	
C.9 Emergências com nanomateriais	NR 10 – item 10.2.5 e item 10.12 NR 13 – item 13.3.1 alínea c; item 13.8.1 alínea c NR 23 – item 23.2 NR 26 – item 26.2.4 alínea b (estes itens indicam a necessidade de haver procedimentos específicos para situações de emergência nas situações foco destas NR).		√

Quadro 16 – Marcos legais (Normas Regulamentadoras - NR) relacionados (continuação)

D. Avaliação			
D.1 Monitoração e medição do desempenho	NR 9, item 9.3.7, subitem 9.3.7.1	√	
D.2 Investigação	NR 5, item 5.16 alínea l	√	
D.3 Auditoria	NR 5, item 5.16 alínea d		√
D.4 Análise crítica pela administração	NR 9 item 9.2, sub item 9.2.1, alínea d e subsubitem 9.2.1.1		√
E. Melhorias			
E.1 Ação preventiva e corretiva	NR 9 item 9.2, sub item 9.2.1, alínea d e subsubitem 9.2.1.1	√	
E.2 Melhoria contínua	NR 9 item 9.2, sub item 9.2.1, alínea d e subsubitem 9.2.1.1		√

Quadro 16 – Marcos legais (Normas Regulamentadoras - NR) relacionados

A lista apresentada no quadro 17 contém as normas que guardam relação com as sugestões da S-SST/LabNano.

Norma Regulamentadora	Título da Norma
NR 1	Disposições gerais
NR 4	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT)
NR 5	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
NR 6	Equipamentos de Proteção Individual (EPI)
NR 7	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
NR 9	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
NR-10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
NR 12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
NR 13	Caldeiras e Vasos de Pressão
NR 17	Ergonomia
NR 23	Proteção Contra Incêndio
NR 24	Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho
NR 25	Resíduos Industriais
NR 26	Sinalização de Segurança

Quadro 17 – Lista das Normas Regulamentadoras citadas no quadro 16

6.3.6 Sistemática de SST para Laboratórios com Nanotecnologia (S-SST/LabNano) *versus survey*

A construção e evolução da S-SST/LabNano levou em consideração aspectos presentes na literatura especializada, da mesma forma como procurou aproximar-se da prática, tomando por base a realidade dos laboratórios de pesquisa no Brasil explicitada pelos resultados obtidos pela pesquisa *survey*.

A título ilustrativo, o quadro 18 apresenta as referências feitas pelas questões que compuseram a pesquisa *survey* (seção 5) aos itens da S-SST/LabNano.

O que deve ser feito	Área e questão na <i>survey</i>	Tipo de referência	
		Direta (total)	Indireta (parcial)
A. Política			
A.1 Estabelecimento da política	Área A – questão 1		X
	Área B – questão 2 (derivação 3, 4 ou 5) e questão 7		X
	Área B – questão 8 (derivação 9), questão 10 (derivação 11, 12 e 13), questão 14		X
	Área D – questão 26 e 27	X	
A.2. Participação de todos os envolvidos	Área C – questão 15	X	
	Área D – questão 28 e 29		X
B. Organização			
B.1 Responsabilidade e obrigação de prestar contas	Área B – questão 2 (derivação 3, 4 ou 5) e questão 7		X
	Área C – questão 8 (derivação 9), questão 10 (derivação 11, 12 e 13), questão 14		X
	Área D – questão 27 e 29	X	
B.2 Competência e capacitação	Área C – questão 15		X
	Área D – questão 28 e 29		X
B.3 Documentação	Área D – questão 26	X	
	Área D – questão 27		X
B.4 Comunicação	Área D – questão 26		X
	Área B – questão 2 (derivação 3, 4 ou 5) e questão 7		X
C. Planejamento e implantação			
C.1 Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos	Área D – questão 34, 35, 36, 37	X	
	Área D – questão 31, 33, 38, 39, 40		X
C.2 Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos	Área D – questão 31, 33, 38, 39, 40, 41, 42		X
C.3 Rotulagem	Área D – questão 38	X	
C.4 Limpeza	Área D – questão 39	X	
C.5 Vigilância médica	Área D – questão 6	X	
	Área D – questão 31		X
	Área D – questão 32	X	
C.6 Transporte	Área D – questão 38, 40		X
C.7. Destinação/eliminação de resíduos	Área D – questão 40	X	
C.8. Equipamentos de proteção individual	Área D – questão 35	X	
	Área D – questão 36	X	
	Área D – questão 37	X	
C.9 Emergências	Não abrangido pela <i>survey</i>		
D. Avaliação			
D.1 Monitoração e medição do desempenho	Área D – questão 41		X
D.2 Investigação	Área D – questão 41	X	
D.3 Auditoria	Área D – questão 30	X	
D.4 Análise crítica pela administração	Área D – questão 42	X	
E. Melhorias			
E.1 Ação preventiva e corretiva	Área D – questão 33		X
E.2 Melhoria contínua	Área D – questão 30	X	

Quadro 18 - S-SST/LabNano *versus survey*

É possível evidenciar no quadro 18 que apenas o item C.9 da S-SST/LabNano não foi referido na *survey*. Isto se deve ao fato deste item ter sido incluído na S-SST/LabNano após a realização da pesquisa.

6.4 Discussão e conclusão

Para as nanotecnologias, o princípio da precaução parece ser a abordagem mais apropriada (HALLOCK et al., 2009). No entanto, é necessário dispor-se de um sistema pragmático de controle de riscos que incorpore este princípio. Uma ferramenta de gestão de riscos provavelmente carecerá de outros aportes como sistemas de gestão de pessoas e de gestão do conhecimento (OSTEGUY, et al., 2009b). Neste sentido, a S-SST/LabNano está baseada em três aspectos principais e a adoção do princípio da precaução é o primeiro aspecto.

Os riscos associados às nanopartículas dependem de várias características físicas (tamanho, forma, morfologia da superfície, área superficial, carga superficial, reologia, porosidade, cristalinidade, etc.) e químicas (composição, química de superfície, estequiometria, cinética de dissolução e solubilidade, hidrofiliicidade e hidrofobicidade além da presença de impurezas (FRONZA et al., 2007). Todas as análises acima mencionadas trazem dados sobre as partículas, mas não fornecem informações sobre suas interações com o organismo humano, nem quais são e como funcionam os processos de absorção dérmica, inalação, ingestão e contato ocular. Assim, as lacunas de conhecimento apontam para a adoção de técnicas qualitativas na avaliação ambiental e este é o segundo aspecto que caracteriza a S-SST/LabNano.

Do exposto, é possível concluir a importância da necessidade de acreditar no risco e agir sobre a incerteza, tal qual o princípio da precaução preconiza. Embora a literatura aponte indícios de riscos na manipulação de nanomateriais (ELLENBECKER, 2008; FRONZA, 2007; HALLOCK, 2009; MARCHANT, 2008; MIT, 2011; OSTEGUY, 2009; SECO, 2010; TEXAS, 2005; US/DOE, 2008; NIOSH, 2009), apenas aproximadamente 10% dos pesquisadores que trabalham com nanomateriais utilizam capuzes de proteção nanoespecífica (*nano-enabled hoods*) por exemplo. Além disso, um em quatro pesquisadores não usa qualquer tipo de proteção coletiva no laboratório (BALAS et al., 2010). Na mesma linha, Noorden (2013) aponta falhas na adoção de medidas de controle de riscos na manipulação de

nanomateriais em laboratórios de pesquisa. Considerando o exposto, evidencia-se a necessidade da ampla participação dos envolvidos, uma vez que ninguém melhor que os operadores para entender e discutir seu trabalho (MALCHAIRE, 2003; OIT, 2001; NAGAMACHI, 1995; IMADA e NORO, 1991; KOGI, 2002). Este é o terceiro aspecto que caracteriza a S-SST/LabNano.

Neste contexto Balas et al. (2010) sugerem que as revistas científicas passem a exigir uma descrição detalhada dos cuidados e ações de segurança na manipulação de nanomateriais, como forma de forçar a adoção destas medidas por parte dos pesquisadores/autores. Em que pese a provável não aceitação desta sugestão parece ser evidente a afirmação de que a preocupação no trato dos nanomateriais é legítima e preocupante, tendo em conta que são os pesquisadores os primeiros a terem contato com as novas substâncias potencialmente perigosas.

Em resumo, como citado, a S-SST/LabNano está baseada em três aspectos principais: (1) a adoção do princípio da precaução; (2) o uso de abordagens qualitativas de avaliação ambiental de riscos e; (3) a ampla participação dos envolvidos.

Com o cenário desenhado, a S-SST/LabNano se constitui em uma alternativa pragmática plausível para a gestão de riscos envolvendo nanomateriais em laboratórios de pesquisa. Dependendo do porte do laboratório e da instituição ao qual este esteja vinculado (se for o caso), as sugestões da S-SST/LabNano poderão ser tomadas com maior ou menor rigor formal. Entretanto, mesmo o pessoal não especialista poderá fazer uso deste conjunto de orientações visando a precaução diante do risco, muitas vezes, desconhecido pela adoção de medidas de prevenção.

Como já mencionado, a primeira versão conceitual da S-SST/LabNano foi publicada sob a forma de artigo apresentado em Congresso, sendo que este artigo compõe o apêndice G.

7. AVALIAÇÃO DA S-SST/LabNano EM RELAÇÃO À PRÁTICA EM LABORATÓRIO

7.1 Considerações iniciais sobre a avaliação da S-SST/LabNano com relação à prática em laboratório

As dificuldades já evidenciadas na caracterização dos riscos potenciais dos nanomateriais apresentam um desafio para a condução da avaliação e gestão dos riscos nos ambientes de trabalho, incluindo os laboratórios de pesquisa. Considerando a natureza das atividades ali desenvolvidas, normalmente investigações cujos procedimentos e resultados devem ser preservados, encontrou-se dificuldades para o acesso a estes estabelecimentos. Acrescenta-se a este aspecto o fato de haver, neste momento, intensa discussão internacional sobre a necessidade de regulação das atividades envolvendo nanomateriais como pôde ser observado no EuroNanoForum (2013), sem que haja clareza sob qual a melhor maneira de desenvolver este tipo de regulação. Da mesma forma como o panorama europeu, o Brasil, através da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia – IBN (BRASIL, 2013) aponta na mesma direção.

Neste cenário, há um temor (expressado em algumas ocasiões nas reuniões do Comitê Interministerial de Nanotecnologia – CIN), de que eventuais legislações sobre estas questões possam ser restritivas ao desenvolvimento das pesquisas e ao avanço tecnológico.

Este contexto apoia a proposta de ampla participação, preconizada pela S-SST/LabNano, como uma estratégia desejável para avaliação e gestão do risco no ambiente laboral. Adaptações específicas para procedimentos ou nanomateriais específicos podem servir de inspiração para a criação de enfoques e legislações adaptáveis às exigências impostas por esta tecnologia emergente.

7.2 Procedimentos metodológicos

Para a avaliação da S-SST/LabNano com em relação às práticas e equipamentos de SST encontradas em laboratório, foram feitos contatos com alguns laboratórios de pesquisa que desenvolvem atividades envolvendo nanomateriais solicitando aos mesmos a possibilidade de realização de uma visita técnica para coleta de dados.

Em função de várias dificuldades já apontadas além da disponibilidade de agenda dos laboratórios, foi possível a realização da observação em apenas um laboratório. Para a

coleta de dados foi desenvolvido uma planilha de campo que permitiu a sistematização das informações obtidas (Apêndice H). A visita ocorreu em outubro de 2013 e foi acompanhada pelo responsável do laboratório. O laboratório em questão está ligado a uma instituição de ensino superior, servindo ao desenvolvimento de pesquisas de pós-graduação envolvendo nanomateriais na área de biologia, em especial a nanotoxicologia.

A coleta de dados se deu em duas etapas: (1) a primeira etapa constitui-se de uma entrevista com o professor doutor responsável pelo laboratório. Nesta ocasião foi possível entender quais as atividades e processos desenvolvidos, bem como obter informações específicas sobre procedimentos e equipamentos ligados à segurança e a saúde ocupacional; (2) a segunda etapa foi a visita *in loco* do laboratório, com foco nas questões relacionadas com a segurança e saúde no trabalho.

O instituto ao qual o laboratório está ligado possui aproximadamente 200 pessoas (entre colaboradores, professores e alunos de todos os níveis), destes 16 pessoas estão diretamente envolvidos com as pesquisas envolvendo nanomateriais. É importante frisar que o laboratório possui mais de cinco anos de trabalhos na área.

7.3 Resultados e discussão

O conjunto das informações obtidas permitiu uma avaliação destes resultados com aquilo que é teoricamente indicado pela S-SST/LabNano.

Descrição resumida das atividades e processos

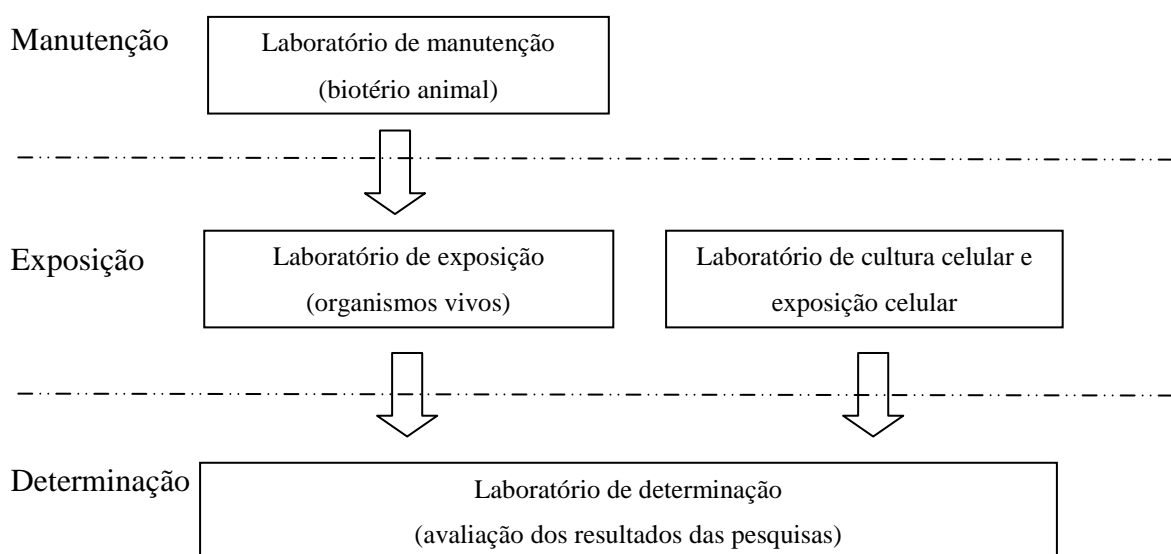
Os laboratórios se dedicam, não exclusivamente, a investigação da toxicidade de nanopartículas (nanotoxicidade) em meio aquoso. Duas grandes áreas são trabalhadas: (1) nanotoxicidade em organismos vivos (utilizando peixes (*zebra fish*) e pequenos invertebrados) e, (2) nanotoxicidade celular (utilizando cultura de células). As principais nanopartículas estudadas são aquelas derivadas do Carbono (grafeno, fulereno e nanotubos). Além destas, também são realizados testes envolvendo dióxido de titânio e nanopartículas de prata.

Sob o ponto de vista do fluxo das pesquisas, quatro laboratórios devem ser destacados. (1) laboratório de manutenção (biotério animal): corresponde aos tanques onde são mantidos os animais que serão expostos e estudados. Alguns animais são adquiridos de fornecedores externos, enquanto outros são criados no próprio biotério do instituto; (2)

laboratório de exposição (condução das pesquisas): local onde os animais serão expostos aos nanomateriais. A exposição aos nanomateriais se dá pela colocação dos peixes ou invertebrados em meio aquoso contendo as nanopartículas dispersas ou pela injeção direta de soluções com as nanopartículas no corpo de peixe; (3) Laboratório de cultura celular e exposição celular: local onde as culturas de células são desenvolvidas e expostas aos nanomateriais; (4) laboratório de determinação (avaliação de resultados): corresponde ao local onde as cobaias são mortas e estudadas em relação aos efeitos do nanomateriais administrados em seus organismos, assim como as culturas de células. Existem ainda áreas de apoio como a sala de limpeza, informática e preparo de aulas, por exemplo.

Os nanomateriais utilizados nas pesquisas não são fabricados no local e são fornecidos por outros laboratórios que os produzem e eventualmente alguns nanomateriais são adquiridos de fabricantes externos. O esquema representado na figura 5 apresenta as três operações básicas executadas no laboratório.

Figura 5 – Esquema resumido do fluxo de pesquisa no laboratório



Em relação aos EPC, as capelas utilizadas não possuem filtros sendo o ar exaurido do ambiente colocado diretamente no ambiente externo (céu aberto). A temperatura dos laboratórios é controlada com o uso de condicionadores de ar do tipo *split*. Quanto aos EPI, basicamente são utilizadas luvas de procedimento, máscara convencional (filtragem mecânica para poeiras) e jalecos.

Tendo em conta que as nanopartículas de carbono não são solúveis em água, para o desenvolvimento das pesquisas em meio aquoso é necessária a utilização de detergente (surfactante) de maneira a permitir a dispersão das nanopartículas de carbono (grafeno, fulereno ou nanotubos) em água. Este cenário introduz um obstáculo à pesquisa porque é necessário separar a toxicidade inerente às nanopartículas estudadas daquela introduzida pelo surfactante.

Com base nas observações realizadas no laboratório foram atribuídos escores para o perigo e para a exposição, sendo os resultados destes escores são apresentados nos quadros 19 e 20.

Questão	Resposta	Ação	Resultado parcial	Resultados final
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial?	SIM	0	+1	-2
	NÃO	+1		
Os nano-objetos são fibrosos ou contêm 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		

Quadro 19 – Determinação do escore de perigo (por operação ou processo)

Questão	Resposta	Ação	Resultado parcial	Resultado final
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	-2
	MÉDIA	0		
	BAIXA	-1		
As quantidades usadas são grandes	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		

Quadro 20 – Determinação do escore de exposição (por operação ou processo)

Os escores alcançados (quadros 19 e 20) indicam que as atividades desenvolvidas podem ser enquadradas no grupo de risco I (quadro 15 – seção 6). Informalmente as recomendações propostas no quadro 16 (seção 6) são seguidas exceto o uso de filtros HEPA nas capelas.

O quadro 21 apresenta os resultados das observações feitas no laboratório em relação aos itens previstos pela sistemática desenvolvida.

A. POLÍTICA		
A.1 Estabelecimento da política	Por escrito, acessível e com aval da administração ou direção	Resultado NÃO
<p><u>Observações:</u> Não há uma política formal escrita e acessível. As ações de SST são realizadas localmente no laboratório com o apoio do setor de segurança geral de toda a Instituição. O setor de segurança está atuando a pouco mais de quatro anos, contando com quatro colaboradores a Instituição (laboratório e demais unidades). A cultura de segurança ainda não está consolidada embora seja uma preocupação.</p>		
A.2. Participação de todos os envolvidos	Todas as pessoas que desenvolvem atividades no laboratório tem espaço para discutir SST	Resultado PARCIAL
<p><u>Observações:</u> Não havendo uma política geral de SST, estas ações são executadas de maneira não integrada, sendo desenvolvidas no âmbito de cada prédio ou unidade organizacional. Em relação aos laboratórios de nanotoxicologia, integrante do complexo, as ações de SST são discutidas com a maioria dos envolvidos; no entanto, este processo não é formalizado nem documentado.</p>		
B. ORGANIZAÇÃO		
B.1 Responsabilidade e obrigação de prestar contas	Deve ser encarado como responsabilidade da direção e direito intrínseco dos trabalhadores obterem acesso à informação sobre riscos ocupacionais	Resultado PARCIAL
<p><u>Observações:</u> não há uma prestação de contas específica para os aspectos relacionados à SST, não só em relação aos nanomateriais, mas a todas as questões envolvendo a segurança e saúde ocupacional. Entretanto, a Instituição como um todo, emite anualmente, um relatório de resultados no qual constam alguns enfoques de SST.</p>		
B.2 Competência e capacitação	Para a participação é imprescindível a capacitação em SST para todos os envolvidos.	Resultado SIM
<p><u>Observações:</u> existem treinamentos específicos relativos às questões de SST especialmente para os novos integrantes da equipe, ou seja, o treinamento é oferecido àqueles que iniciam suas atividades nos laboratórios. Este treinamento não é formalizado ou documentado e é oferecido pelos próprios membros mais experientes da equipe, ou seja, há um grau de informalidade nestas ações que, no entanto indicam a preocupação do pessoal envolvido com as questões de SST.</p> <p>Desta maneira, não há um programa de capacitação em SST formalmente estabelecido. Ocorrências específicas (um princípio de incêndio) desencadearam solicitações à administração da Instituição de treinamentos específicos, neste caso, de combate a incêndio (a solicitação foi atendida).</p>		
B.3 Documentação	O sistema de SST deve ser amplamente documentado de maneira organizada permitindo fácil acesso às informações.	Resultado NÃO
<p><u>Observações:</u> Não existe um sistema de documentação em relação às ações de SST.</p>		

Quadro 21 – Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório (continua)

B.4 Comunicação	Deve existir um sistema de comunicação bilateral que garanta a possibilidade de troca de informações entre o corpo diretivo e os demais trabalhadores assim como o público externo. Preferencialmente com opção de manifestação anônima.	Resultado
		SIM
<p><u>Observações:</u> não existe um sistema formal para o estabelecimento das comunicações referentes as questões de SST, sendo utilizados os expedientes administrativos já presentes na estrutura organizacional da Instituição. Foi reportado que a troca de informações com o setor de SST é fácil, havendo receptividade por parte daquele setor das eventuais demandas oferecidas pelos técnicos do laboratório. Da mesma forma, foi destacado o fato de que o setor de SST da Instituição responde de pronto as dúvidas técnicas a eles encaminhadas.</p>		
C. PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO		
C.1. Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos	Medidas técnicas adotadas de maneira geral considerando que as medidas específicas de um processo ou operação serão descritas no mesmo.	Resultado
		SIM
<p><u>Observações:</u> cada laboratório envolvido no processo adota suas próprias medidas de controle em função das características das atividades ali desenvolvidas. Há, no entanto, dúvidas sobre a eficácia destas medidas. As dúvidas advêm, principalmente, de dois aspectos: (1) as atuais lacunas de conhecimento à respeito dos riscos apresentados pelos nanomateriais e, (2) a dificuldade de acesso à especialistas na área de SST (como já colocado, o setor de SST atende ao conjunto da Instituição, sendo modesto em tamanho para esta empreitada).</p>		
C.2 Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos	Controle de acesso; restrição de horário para desenvolvimento de atividades de risco; proibição de alimentar-se nas áreas de trabalho; controle de uso e manutenção de EPC, EPI e uniformes; gestão de mudanças, etc.	Resultado
		PARCIAL
<p><u>Observações:</u> as medidas de controle não são muito rígidas. O controle de acesso (a principal delas) se dá por norma de manter portas chaveadas limitando com isto o acesso às áreas de pesquisa. Embora haja a recomendação pelo uso dos EPC (capelas, por exemplo) e EPI (luvas e jalecos, por exemplo) o controle é informal e exercido pela própria equipe. De forma geral, as atividades não são formalmente classificadas quanto ao seu risco havendo, no entanto, uma classificação empírica das mesmas em relação aos seus riscos.</p>		
C.3 Rotulagem	Todo o nanomaterial deve ser rotulado de maneira a ser facilmente identificado	Resultado
		PARCIAL
<p><u>Observações:</u> os reagentes são rotulados embora esta rotulagem não siga um protocolo padrão. O mesmo ocorre com os resíduos que não são rotulados segundo um padrão especificado. Em relação aos resíduos há que se apontar o fato de que existe um passivo de resíduos armazenados (a espera do descarte apropriado) que não foram (e não estão rotulados). Em breve uma empresa especializada será contratada para dar destino a estes resíduos e, nesta ocasião, a empresa em questão fará a rotulagem e retirada deste material. Estima-se que até o final do presente ano o passivo de materiais estocados para descarte alcance aproximadamente cinco toneladas. Para o futuro é esperado a contratação de uma empresa especializada no descarte de resíduos e, para o conjunto de laboratórios do complexo espera-se um volume de uma tonelada por ano.</p>		

Quadro 21 – Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório (continuação)

C.4 Limpeza	As operações de limpeza envolvendo nanomateriais, independentemente de quem as realize, devem estar formalmente descritas em relação aos procedimentos de segurança que deverão ser adotados.	Resultado
		PARCIAL
<p><u>Observações:</u> não existem Procedimentos Operacionais Padrão (POP) para as operações de limpeza ainda que os mesmos estejam, em alguns casos, descritos. De maneira geral, as instruções são passadas de maneira direta, pelos mais experientes e/ou professores a todos os alunos ou técnicos que eventualmente se envolvam nestas atividades. Como as nanopartículas de carbono (grafeno, fulereno e nanotubos de carbono) usadas nos laboratórios não são solúveis em água utiliza-se tolueno como solvente destas partículas. O resíduo é tratado como resíduo de solvente ou compostos de hidrocarbonetos. Não há um procedimento formalmente descrito para lidar com a limpeza de produtos contendo nanopartículas em caso de situações imprevistas como derramamentos, queda de frascos, etc.</p>		
C.5. Vigilância médica (em saúde)	Processo de acompanhamento da saúde do pessoal potencialmente exposto à nanopartículas	Resultado
		PARCIAL
<p><u>Observações:</u> não há uma vigilância médica específica para o pessoal potencialmente exposto aos nanomateriais. Há um controle médico geral, para questões genéricas de saúde, que prevê e executa controles médicos convencionais com frequência anual (assistência médica geral).</p>		
C.6 Transporte	Atividades de transporte (transferência) de nanomateriais mesmo que entre salas de um mesmo prédio.	Resultado
		SIM
<p><u>Observações:</u> o transporte dos nanomateriais (em solução aquosa) é feito de maneira convencional.</p>		
C.7 Destinação e/ou eliminação de resíduos	Existência de regras formalmente estabelecidas para a destinação (eliminação) de resíduos.	Resultado
		PARCIAL
<p><u>Observações:</u> os resíduos são armazenados para futura remoção por empresa especializada. No momento a Instituição não conta com este tipo de serviço, motivo pelo qual os resíduos estão sendo armazenados. Resíduos mais antigos não estão identificados, enquanto os produzidos atualmente são armazenados com identificação, ainda que não de maneira padronizada e registrada. Existe a norma de armazenar e não colocar nenhum resíduo diretamente no meio ambiente.</p>		
C.8 Equipamento de proteção individual	Eventuais equipamentos de proteção individual utilizados de forma independente de um processo ou operação específica.	Resultado
		SIM
<p><u>Observações:</u> os equipamentos de proteção individual (luvas, máscaras e jalecos) são fornecidos e usados regularmente, embora não haja um controle efetivo sobre os mesmos. Da mesma maneira não há normas específicas para higienização dos equipamentos, sendo esta tarefa realizada sempre que julgado necessário pelo usuário (especialmente no caso dos jalecos). Restam dúvidas quanto à eficácia destes equipamentos e não são usadas máscaras com filtros HEPA. No entanto, seu uso poderia ser questionado tendo em conta o fato de que os nanomateriais são sempre utilizados em solução aquosa.</p>		

Quadro 21 – Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório (continuação)

C.9 Emergências com nanomateriais	Existência de regras formalmente estabelecidas para enfrentar situações de emergência, acidentes ou incidentes, independente de sua extensão.	Resultado
		NÃO
<p><u>Observações:</u> não existem normas específicas para tratar com situações de exceção, ainda que estas situações possam ser de pequeno porte, como é o caso de um derramamento acidental de reagente, por exemplo. Como já apontado, um princípio de incêndio evidenciou a falta de capacitação para tratar com este tipo de situação, pois as pessoas não sabiam que tipo de extintor de incêndio deveria ser usado embora soubessem que havia tipos distintos para diferentes tipos de fogo.</p>		
D. AVALIAÇÃO		
D.1 Monitoração e medição do desempenho	Existem indicadores de desempenho em SST e outras estratégias de monitoração	Resultado
		NÃO
<p><u>Observações:</u> os laboratórios não dispõem de um sistema de monitoração e avaliação de desempenho em relação aos aspectos de SST. Alguns dados gerais de toda a Instituição são tratados pelo departamento de SST (não específico para o laboratório). De maneira empírica e informal os procedimentos são avaliados com objetivo de identificar se são ou não seguidos e não com vistas a uma possível ação de correção.</p>		
D.2. Investigação	Investigação de qualquer tipo de agravo à saúde, incidente ou desvio da normalidade com possíveis efeitos sobre a segurança e saúde.	Resultado
		NÃO
<p><u>Observações:</u> não são realizadas investigações (nem registros) formais de acidentes ou incidentes. Cabe salientar que a ocorrência de um princípio de incêndio desencadeou o pedido por treinamento específico nesta área.</p>		
D.3. Auditoria	Sistema de auditoria (interna ou externa) cujo objetivo principal é a avaliação e não a crítica	Resultado
		NÃO
<p><u>Observações:</u> não há um sistema de auditoria objetivando a análise do sistema ou controles de risco. O setor de SST da Instituição avaliou os laboratórios e procedimentos com objetivo de concessão de adicional de insalubridade.</p>		
D.4. Análise crítica pela administração	Indicação de que a administração (direção) está comprometida com as questões de SST	Resultado
		PARCIAL
<p><u>Observações:</u> Ainda que não exista um sistema formal de SST, o setor responsável pelo complexo da Instituição apoia e conduz atividades neste sentido que encontram respaldo por parte do corpo diretivo da instituição.</p>		

Quadro 21 – Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório (continuação)

E. MELHORIAS		
E.1 Ação preventiva e corretiva	Existe um movimento no sentido de alterar o que eventualmente não esteja adequado.	Resultado
		NÃO
<u>Observações:</u> as ações não fazem parte de um processo mais amplo. Quando ocorrem são pontuais embora exista a preocupação em garantir a segurança e a saúde daqueles que trabalham nos laboratórios.		
E.2 Melhoria contínua	Há a preocupação em rever o sistema de forma à constantemente aprimorá-lo de maneira contínua e incremental.	Resultado
		PARCIAL
<u>Observações:</u> melhoria ocorre de maneira não formalizada e sem reflexão, mas acontece, ou seja, existem melhorias, mas não se pode afirmar que as mesmas sejam contínuas e fruto de um processo específico para este fim. Recentemente foi instalado um lava-olhos próximo aos laboratórios, que se constituía em uma antiga reivindicação.		

Quadro 21 – Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório (continuação)

Os resultados das observações realizadas no laboratório permitiram identificar que a S-SST/LabNano atende ao conjunto de atividades desenvolvidas no laboratório e reforça a característica de abrangência da sistemática, tendo em conta que as sugestões apresentadas por ela são mais amplas que as medidas adotadas na prática. Não foi identificada nenhuma prática no laboratório que não estivesse prevista na S-SST/LabNano. Ao contrário, muitas das sugestões apontadas pela S-SST/LabNano não estavam presentes, ou existiam apenas parcialmente, como é possível identificar pela descrição das observações resumidas no quadro 21.

Uma diferença importante entre o previsto pela S-SST/LabNano e a prática encontrada no laboratório recai sobre a formalidade com que as questões de SST são conduzidas. A falta de formalização (documentação e registro) dos processos e atividades de SST restringe a obtenção de dados ao relato do(s) respondente(s), o que dificulta ou mesmo inviabiliza um acompanhamento ao longo do tempo. Este aspecto compromete pontos como as auditorias, as avaliações e a melhoria contínua, entre outros.

Neste cenário a S-SST/LabNano se mostrou útil e importante, inclusive para os não especialistas, que podem, com base nesta sistemática, implantar ou ampliar processos e controles visando a gestão dos riscos laborais oriundos da manipulação de nanomateriais em laboratórios de pesquisa.

7.4 Considerações finais

No contato com as pessoas envolvidas com nanomateriais no laboratório foi possível identificar a preocupação com as questões de SST no desenvolvimento das atividades de pesquisa. Apesar desta preocupação, o setor de SST da Instituição não consegue atuar mais diretamente sobre estas questões específicas do laboratório, assim como encontra dificuldades para adotar um sistema de gestão pelo reduzido número de profissionais envolvidos para todo o complexo da Instituição.

Como outras áreas profissionais, também a SST precisa ser conduzida por profissionais da área ainda que estes necessitem da participação de todos na condução do processo. A falta deste acompanhamento especializado compromete a profundidade com que as questões ligadas ao assunto são tratadas, fazendo com que, normalmente, as ações fiquem restritas ao nível básico em termos de prevenção (uso de alguns EPC e EPI). Poucos ou inexistentes são os controles e indicadores, de maneira que não se dispõe de um histórico ou acompanhamento que permita a construção de planejamento e atingimento de metas objetivas. Da mesma forma, a melhoria contínua fica prejudicada e, embora haja melhorias (mencionadas em conversas informais) estas se dão de maneira não planejada ou integrada, fruto de necessidades imediatas e não de um esforço focado de reflexão sobre a questão.

A realidade observada vai ao encontro dos dados anteriormente obtidos pela pesquisa *survey*, cujas conclusões gerais podem ser descritas como: existência de preocupação (portanto certo grau de conhecimento) com a questão da SST, mas por falta de acompanhamento especializado as ações acabam por serem superficiais.

Em relação ao foco desta tese (S-SST/LabNano), foi possível identificar, para o caso em particular estudado, que sistemática proposta é mais rigorosa e abrangente que a realidade encontrada. Em que pese o maior rigor indicado pela S-SST/LabNano, cabe destaque para o fato de que o algoritmo proposto para a classificação tanto do perigo quanto da exposição aos nanomateriais se mostrou adequado. Da mesma forma, o conjunto das sugestões apresentadas são pertinentes, no entendimento dos próprios envolvidos mesmo que a disponibilidade de recursos (técnicos, financeiros e de pessoal) não permita sua completa implementação.

A planilha de campo utilizada para coleta de dados junto ao laboratório visitado é apresentada no apêndice H.

8. CONCLUSÕES GERAIS

Como já colocado, o desenvolvimento desta tese ocorreu por meio de seis etapas, concatenadas entre si que, no seu conjunto, buscaram oferecer elementos para uma melhor compreensão das relações existentes entre o universo das nanotecnologias e os desafios deste em relação às questões de segurança e saúde no trabalho. No entanto, muitas são as abordagens possíveis para um tema tão amplo e complexo. Desta maneira, os esforços foram orientados no sentido de focar as atividades com nanomateriais em laboratórios de pesquisa e desenvolver para estes uma sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho.

Da exploração inicial do tema (seção 2) foi possível identificar a referência ampla do termo nanotecnologia em universidades brasileiras, destacando-se as principais universidades públicas localizadas nos estados mais desenvolvidos do país.

A contextualização do tema (seção 3) indicou a existência de evidências dos riscos que os nanomateriais podem apresentar para a segurança e saúde e, ao mesmo tempo, aponta para a falta de conhecimentos específicos sobre os efeitos destes nanomateriais. Além disso, o exame da literatura revela que as nanotecnologias têm o potencial para serem tecnologias disruptivas, com amplo espectro de influência sobre vários aspectos da sociedade.

Considerando o exposto, empreendeu-se uma comparação teórica entre algumas propostas para gestão dos riscos advindos dos nanomateriais presentes na literatura especializada (seção 4), que registra que, diante das incertezas destas tecnologias emergentes, o princípio da precaução, as técnicas de controle de bandas (*Control banding approaches*), isto é, avaliação qualitativa do ambiente de trabalho e a ampla participação dos envolvidos são os caminhos mais plausíveis para a condução de ações que visem garantir a segurança e a saúde daqueles que manipulam nanomateriais. Apesar disso, nenhuma das propostas dos demais autores abrange de forma tão ampla e pragmática estas questões, residindo neste aspecto um ponto de ineditismo da S-SST/LabNano.

A etapa seguinte foi composta por uma pesquisa *survey* (seção 5), cujo objetivo foi obter informações sobre como as questões relativas à segurança e saúde no trabalho são tratadas nos laboratórios de pesquisa com atividades envolvendo nanomateriais e, subsidiariamente, como estas questões são abordadas por outros pesquisadores da área que não manipulam diretamente os nanomateriais. Os resultados deste esforço, registraram que, embora haja uma percepção sobre os riscos relacionados com a manipulação de nanomateriais parece haver um tratamento relativamente superficial destes riscos.

Diante das informações obtidas nas etapas anteriores, foi desenvolvida uma sistemática de ações de segurança e saúde do trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia (S-SST/LabNano), apresentada na seção 6, que guarda relação direta com os princípios e técnicas aceitos internacionalmente, mas que avança na incorporação da participação dos envolvidos na condução dos processos de gestão e controle de riscos, como parte essencial da introdução e incorporação de novas tecnologias no mundo do trabalho. Neste mesmo sentido, a centralização da sistemática no princípio da precaução e o uso de técnicas exclusivamente qualitativas para avaliação do ambiente do trabalho, completam a base teórica da sistemática apresentada.

De maneira complementar, a S-SST/LabNano foi avaliada em relação à prática de SST em laboratório de pesquisa (seção 7). A observação no laboratório permitiu então identificar a pertinência das recomendações apresentadas pela S-SST/LabNano.

Como colocado no início desta tese, as questões de pesquisa que embasaram seu desenvolvimento foram:

(1) Quais são os possíveis impactos das nanotecnologias e da manipulação dos nanomateriais para a segurança e saúde no trabalho?

Já existem estudos que indicam que as nanopartículas podem provocar agravos à saúde (STERN e MCNEIL, 2008; BA μ A, 2007; MURASHOV e HOWARD, 2007; entre outros), Hallock et al. (2009) indica inflamação pulmonar, granulomas e fibrose como alguns dos possíveis efeitos. Embora até o momento não haja limites de tolerância para a exposição aos nanomateriais, nem protocolos para avaliações quantitativas destes contaminantes no ambiente de trabalho formalmente estabelecidos, há a necessidade de preocupação com possíveis contaminações (VOOGD, 2010).

(2) Quais as características que deveriam ser consideradas ao se fazer a gestão de riscos advindos dos nanomateriais?

Considerando a incerteza (falta de informação) sobre os impactos dos nanomateriais sobre a segurança e saúde daqueles que os manipulam (LINKOV et al., 2009; MARCHANT et al. 2008), as principais características que devem ser consideradas na gestão são: (a) o uso do princípio da precaução; (b) a ampla participação dos envolvidos e; (c) a adoção de enfoques qualitativos que dispensem a necessidade de avaliações ambientais quantitativas, no caso específico deste trabalho, foi utilizado o *control banding*.

(3) Existe uma abordagem para a gestão de riscos que contemple as principais características apontadas como importantes para esta gestão?

Ao iniciar este trabalho a resposta para esta questão era ‘não’. A S-SST/LabNano oferece uma opção para que a resposta passe a ser ‘sim’. Isto considerando os objetivos propostos e seu respectivo alcance. Em relação aos dois objetivos secundários desta tese, pode-se afirmar que:

(1) a elaboração de um retrato abrangente da segurança e saúde no trabalho de alguns laboratórios de pesquisa no Brasil que trabalham com nanotecnologia. As seções 2 e 5, exploração inicial do tema e a *survey* sobre SST em laboratórios de pesquisa, respectivamente, oferecem os elementos para que este objetivo seja atingido.

(2) O fomento à discussão com o desenvolvimento de um arcabouço teórico-prático sobre os possíveis impactos das nanotecnologias sobre a SST em laboratórios, baseado em fatos e dados. As seções 3 (contextualização do tema), 4 (comparação entre propostas) e, especialmente a seção 6 (construção da sistemática) são os elementos que contribuíram para que este objetivo tenha sido alcançado.

Quando do início desta tese, as discussões e as publicações científicas disponíveis na literatura nacional e internacional eram menos frequentes. Atualmente, as discussões a respeito do tema e do problema tratado ganharam espaço. Porém, sem mostrar o que esta tese se propõe em termos de sistematização de ações de gestão de riscos em atividades com nanomateriais. Especialmente, no que concerne a participação dos envolvidos na gestão da SST, na adoção do princípio da precaução e no uso de avaliações qualitativas do ambiente laboral. Assim, o segundo objetivo poderá ser melhor alcançado na medida em que os envolvidos com as nanotecnologias, em todos os níveis, demonstrem interesse por conhecer os impactos destas nanotecnologias sobre a SST, neste contexto esta tese oferece informações que podem apoiar estas discussões.

O objetivo principal desta tese, de propor uma sistemática participativa para estruturar ações para a gestão da segurança e saúde no trabalho em laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia foi atingido pela S-SST/LabNano (seção 6). Neste ponto, discorda-se de Sargent (2008) que indica que o corpo de conhecimentos sobre os impactos das nanotecnologias sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente seja insuficiente para a gestão destes riscos. Entende-se que, com o uso de ferramentas adequadas, como a S-SST/LabNano, mesmo diante da incerteza será possível mitigar e controlar os riscos.

A S-SST/LabNano diferencia-se de outras propostas entre elas a abordagem do *Health and Safety Executive* (HSE, 2013), a proposta do Quebec (Osteguy et al., 2009), a abordagem do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH, 2012), entre

outras, por ser mais abrangente que estas. A atual sistemática consolida em um único documento, orientações pragmáticas para a gestão dos riscos na manipulação de nanomateriais em laboratório em todas as suas atividades. No mesmo sentido, avança ao incorporar a participação dos envolvidos, o uso do princípio da precaução e a adoção de técnicas qualitativas como pontos chave para sua implementação.

Além disso, ao oferecer orientações sobre a gestão de riscos permite seu uso por pessoal não especialista, senão na implantação do processo, ao menos na orientação sobre quais ações e controles devem ser exigidos dos técnicos da área de segurança e saúde no trabalho.

Uma vez aceito que o desenvolvimento das nanotecnologias impactará a sociedade, quais e como serão estes impactos? No que tange aos riscos para os trabalhadores, esta tese pretendeu contribuir para uma melhor compreensão desta questão e, diante do conhecimento disponível, oferecer uma sistemática para a mitigação destes riscos. Ainda que a utilização da S-SST/LabNano não possa dar garantia total da preservação da saúde, é o que melhor pode ser disponibilizado atualmente para isso.

Trabalhos futuros e a continuidade da pesquisa

O principal desafio imediato para a continuidade da pesquisa será a confrontação da S-SST/LabNano com outros laboratórios de pesquisa, estratificando-os em termos de foco, área de atuação e porte. O avanço das pesquisas e novos achados relacionados à nanotoxicologia devem nortear a constante revisão e adequação da S-SST/LabNano. Considerando que a melhoria contínua faz parte das orientações da S-SST/LabNano, também ela própria deve buscar continuamente esta melhoria através da constante revisão e adequação aos avanços do conhecimento. Sua construção observou esta diretriz, assim sua primeira versão (apresentada no apêndice G), embora já publicada, foi comparada com outras presentes na literatura e, desta comparação e de novos esforços de pesquisa, sofreu alterações até assumir a forma e o conteúdo apresentados como resultado desta tese (seção 6). Assim, estes resultados não devem ser considerados como definitivos, mas tão somente o estado da arte para o momento presente.

Tendo em conta que a Organização Mundial da Saúde está desenvolvendo uma guia de orientação para a manipulação segura dos nanomateriais, a S-SST/LabNano pode ser oferecida como contribuição do Brasil a este esforço internacional.

No Brasil, a promulgação da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) em agosto de 2013 aponta para um campo fértil de estudos, sendo que a S-SST/LabNano pode ser tomada em conta quando da discussão de possíveis regulações sobre as nanotecnologias. Esforços no sentido da regulação dos nanomateriais são fonte de preocupação em outras instâncias, como é o caso do *EuroNanoForum*, ocorrido em Dublin em maio de 2013.

Restam ainda muitas perguntas sem resposta e, provavelmente, para cada nova resposta encontrada outras questões poderão ainda serem formuladas. Os novos materiais, bem como as novas propriedades daqueles já conhecidos, explorados em escala nanométrica, promoverão alterações na engenharia, na medicina e medicamentos, no meio ambiente, na produção de energia, na indústria da alimentação, entre tantas outras. Assim, parece acertado afirmar que as nanotecnologias impactarão a sociedade, de tal forma que estarão presentes no cotidiano de todos afetando os valores sociais e caracterizando uma época.

REFERÊNCIAS

ABDI-Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – **Panorama da nanotecnologia no mundo e no Brasil**, 2009, disponível em <http://www.abdi.com.br/?q=system/files/Panorama_INI_Nanotecnologia_0.pdf>. Acessado em 03/08/2010.

AGUAR, P. e HÖCK, J. European Commission, 2008. **Proceedings of the workshop on research projects on the safety of nanomaterials**: reviewing the knowledge gaps. Bruxelas, 17 e 18 de abril de 2008.

AMOABEDINY, Gh. et al., **Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles**. International Conference on safe production and use of nanomaterials – Nanosafe 2008. Journal of Physics: Conference Series 170 (2009). DOI: 10.1088/1742-6596/170/1/012037.

ANDRADE, L.R. e AMARAL, F. G. **Proposals for risk management in nanotechnology activities**. In: Occupational Safety and Hygiene - SHO 2013, CRC Press.

ANDRADE, L.R. e AMARAL, F.G. **Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities**. (2012). Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 2012. v.41, supplement 1/3174-3180

ANTON, J.M.N, 2009. **La Nanotoxicología y la Evaluación del Riesgo de las nanopartículas artificiales y la Salud. Seguridad y Medio Ambiente**, no. 114, 6-16.

ARAÚJO, G. M. de. **Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OHSAS 18.001/2007 e ISM Code Comentados**. 1ª Edição 2008a, Gerenciamento Verde Editora, Rio de Janeiro

ARAÚJO, G. M. de). **Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OHSAS 18.001/2007 e OIT SSO/2001**, 2ª Edição 2008b. Volume 2, Gerenciamento Verde Editora, Rio de Janeiro.

ARCH, F. E., 2009. **Nanorisk Insider Report**, Public Opinion, edição 1, volume 4, Fev/Mar, 1-8

AUPLAT, C. A. **The Challenges of Nanotechnology Policy Making PART 1**. Discussing Mandatory Frameworks. Global Policy Journal, 2012. Volume 3, Issue 4, pages 492–500.

AUPLAT, C. A. **The Challenges of Nanotechnology Policy Making PART 2**. Discussing Voluntary Frameworks and Options. Global Policy Journal, 2013. Volume 4, Issue 1, pages 101–107.

BALAS,F. et al., **Reported nanosafety practices in research laboratories worldwide**, Nature Nanotechnology, 2010. vol 5, 93-96.

BARREIROS, D. e RICHERS, R. S. **Fatores organizacionais críticos como parâmetros para conceber, implementar e manter um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho.** 2005. Dissertação mestrado SENAC/SP, São Paulo

BERGER FILHO, A. G., **Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco.** In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, 72, 01/01/2010 [Internet]. Disponível em <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084>. Acesso em 10/04/2012.

BORBA, Julian. **Ciência Política.** Florianópolis. SEad/UFSC. 2006. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/35966106/11/Tipos-de-participacao>>. Acessado em: 9 mai. 2013.

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

BOUWMEESTER, H. et al., 2009. **Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production.** Regulatory toxicology and pharmacology: RTP 53, 52-62.

BOWMAN, D. e HODGE, G., 2006. **Nanotechnology: Mapping the wild regulatory frontier.** Futures 38, 1060-1073.

BOWMAN, D. M. e LUDLOW, K., 2009. **Filling the Information Void:** Using Public Registries as a Tool in Nanotechnologies Regulation. Journal of Bioethical Inquiry 6, 25-36.

BOWMAN, D. M., 2008. **Governing Nanotechnologies:** Weaving New Regulatory Webs or Patching Up the Old? NanoEthics 2, 179-181.

BOWMAN, D. M., e HODGE, G. A., 2008. **A Big Regulatory Tool-Box for a Small Technology.** NanoEthics 2, 193-207.

BOWMAN, D.M. e HODGE, G.A., 2007. **A small matter of regulation: an international review of nanotechnology regulation.** The Columbia Science and Technology Law Review (www.stlr.org).

BRASIL, **Lei nº 6.514** de 22 de dezembro de 1977.

BRASIL, **Portaria nº 3.214** de 08 de junho de 1978, disponível <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> acessado 29 de junho de 2013.

BRASIL, **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN).** Lançada em agosto de 2013, disponível em < <http://nano.mct.gov.br/>>. Acessada em 10 de outubro de 2013.

BRITISH STANDARDS. PD6699-2:2007. Part 2: **Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials.** ISBN 978 0 580 60832 2.

BROUWER, D. H., GIJSBERS, J. H. e LURVINK, M. W., 2004. **Personal exposure to ultrafine particles in the workplace: exploring sampling techniques and strategies**. The Annals of occupational hygiene 48, 439-53.

BROUWER, D. H. **Control Banding Approaches for Nanomaterials**. British Occupational Hygiene Society. Ann. Occup. Hyg. 2012. vol. 56, n. 5, 506–514.
DOI:10.1093/anhg/mes039.

CASTRANOVA, V., 2009. **The Nanotoxicology Research Program in NIOSH**. Journal of Nanoparticle Research 11, 5-13.

CHOI, J., RAMACHANDRAN, G. e KANDLIKAR, M., 2009. **The Impact of Toxicity Testing Costs on Nanomaterial Regulation**. Environmental Science & Technology. DOI: 10.1021/es802388s; Disponível em: <<http://pubs.acs.org>>. Acessado em 08/04/2009.

CIENTIFICA, 2008. **The Nanotechnology Opportunity Report (NOR)**, 3th Edition, June 2008, London, Cientifica Ltd.

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**, disponível em <<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>>, acessado em 28/07/2010.

CONTI, J. A. et al., 2008. **Health and Safety Practices in the Nanomaterials Workplace: Results from an International Survey**. Environmental Science & Technology 42, 3155-3162.

CURRAL, S.C. et al., **What drives public acceptance of nanotechnology?** Nature Nanotechnology, 2006, vol. 1, Commentary.

DUPONT e Environmental Defense, 2007. **Nano Risk Framework**.

DUUREN-STUURMAN, B.V. et al., **Stoffenmanager Nano Version 1.0: A Web-Based Tool for Risk Prioritization of Airborne Manufactured Nano Objects**. British Occupational Hygiene Society. Ann. Occup. Hyg. 2012. vol. 56, no. 5, pp. 525–541. DOI:10.1093/annhyg/mer113.

EH&S **Nano News**, 2008. Vol 3, no. 01, 1-5. Bech, B.D (editor). Disponível em : <<http://www.ehsnanonews.com>>. Acessado em 05/05/2009.

ELLENBECKER, M., TSAI, S. **Interim best practices for working with nanoparticles**. Center for High-Rate Nanomanufacturing. 2008. Revision 1

EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work. **Workplace exposure to nanoparticles**. European Risk Observatory, 2009a.

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

EU-OSHA- European Agency for Safety and Health at Work. **Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace**. European Risk Observatory – Literature Review, 2011.

EU-OSHA- European Agency for Safety and Health at Work. **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.

EURO NANOFORUM. Realizado em Dublin - Irlanda entre os dias 18 e 20 de julho de 2013. Disponível em <www.euronanoforum2013.eu>. Acessado em 10 de outubro de 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **Report on the Public Online Consultation: Towards a Strategic Nanotechnology Action Plan (SNAP) 2010-2015**, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. **Risk Assessment of Products of Nanotechnologies**. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), 2009.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000**. Environmental issue report n° 22, 2001. ISBN 92-9167-323-4

FRAMINGNANO PROJECT, 2009. **A multistakeholder dialogue platform framing the responsible development of Nanosciences & Nanotechnologies**. Mapping study on Regulation and governance of nanotechnologies.

FRANCE/French agency for food, environmental and occupational health & safety (ANSES). **Development of a specific Control Banding Tool for Nanomaterials - Report**. 2010. Disponível em: <<http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407RaEN.pdf>>. Acessado em: 5 set. 2012.

FREITAS, H., JANISSEK, R. e MOSCAROLA, J. **Dinâmica do processo de coleta e análise de dados via web**. CIBRAPEQ - Congresso Internacional de Pesquisa Qualitativa, 24 a 27 de março, Taubaté/SP, 2004. 12 p.

FRONZA, T. et al., **Nanocosméticos em direção ao estabelecimento de marcos regulatórios**. 2007. Gráfica da UFRGS, Porto Alegre, Brazil

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – Ministério do Trabalho e Emprego, disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/index.asp?D=NANO>>, acessado em 17/08/2010.

GERMANY/Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). **Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace**. 2007.

GOODNANOGUIDE. 2009. Disponível em: <www.goodnanoguide.org>. Acessado em: 25 set. 2012.

GROSSI, M.G., 2009. **Abordagem para um sistema de vigilância epidemiológica para trabalhadores brasileiros expostos aos nanomateriais manufaturados**. Simpósio internacional Impactos das nanotecnologias sobre a Saúde dos trabalhadores e sobre o meio ambiente, FUNDACENTRO, São Paulo, Brasil.

HALLOCK, M., et al., 2009. **Potential risks of nanomaterials and how to safely handle materials of uncertain toxicity**. Journal of Chemical Health and Safety 16, 16-23.

HANDY, R.D. et al., 2012. **Ecotoxicity Test Methods for Engineered Nanomaterials: Practical Experiences and Recommendations from the Bench**. Environmental Toxicology and Chemistry, vol. 31, No. 1, 15-31. DOI 10.1002/etc.706.

HANSEN, S. F., 2009. **Regulation and Risk Assessment of Nanomaterials**. Environmental Science & Policy, PhD Thesis Technical University of Denmark.

HELLAND, A. et al., 2008. **Risk Assessment of Engineered Nanomaterials: A Survey of Industrial Approaches**. Environmental Science & Technology 42, 640-646.

HÖCK J. et al., 2011. **Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials**. Federal Office of Public Health and Federal Office for the Environment, Berne(Swiss). Version 2.1. Disponível em:
<http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/12175/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1ad1IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCHd3x9g2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A> acessado em 5 de Setembro, 2012.

HSE – Health and Safety Executive, 2013. **Using nanomaterials at work**. HSG272.

HUTCHISON, J. E.. **Greener nanoscience: a proactive approach to advancing applications and reducing implications of nanotechnology**. 2008. ACS nano 2, 395-402.

IMADA, A.S. e NORO, K. **Participatory Ergonomics**. 1991. Taylor & Francis; 1 edition.

INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT (ICTA). **Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials**. 2007. Disponível em:
<http://www.cleanproduction.org/library/Principles_Nano_finaldesign.pdf/>. Acessado em: 2 out. 2012.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO) **Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems – ILO-OHS 2001**. Tradução de Gilmar da Cunha Trivelato, Diretrizes sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. São Paulo: FUNDACENTRO, 2005

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

INVERNIZZI, N., 2008. **Visions of Brazilian Scientists on Nanosciences and Nanotechnologies**. NanoEthics 2, 133-148.

ISO-International Organization for Standardization, **ISO/TC 229 – Nanotechnologies**. Disponível em:
<<http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=229&sort=rel&type=simple&published=on>>. Acessado em 2 de agosto de 2010.

KANERVA, M. 2009. **Assessing risk discourses: Nano S&T in the Global South**. United Nations University - Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology, Master Thesis, Working Paper Series 2009-063.

KAY, L. e SHAPIRA, P. 2009. **Developing nanotechnology in Latin America**. Journal of Nanoparticle Research 11, 259-278.

KIM, S. C., HARRINGTON, M. S., and PUI, D. Y., 2006. **Experimental study of nanoparticles penetration through commercial filter media**. Journal of Nanoparticle Research 9, 117-125.

KOGI, K., 2002. **Work Improvement and Occupational Safety and Health Management Systems: Common Features and Research Needs**. Journal of Industrial Health , 40, 121–133

KOSTOFF, R. N., KOYTSCHEFF, R. G. e LAU, C. G. 2007b. **Technical structure of the global nanoscience and nanotechnology literature**. Journal of Nanoparticle Research 9, 701-724.

KOSTOFF, R. N., KOYTSCHEFF, R. G. e LAU, C. G., 2007a. **Global nanotechnology research metrics**. Scientometrics 70, 565-601. Vol 3. DOI: 10.1007/s11192-007-0303-5.

LI, et al, 2008. **A longitudinal analysis of nanotechnology literature: 1976–2004**, Journal of Nanoparticle Research 10, 3-22.

LINKOV, I. et al., 2009a. **Nano Risk Governance: Current Developments and Future Perspectives**. Nanotechnology Law & Business 203, 203-220.

LINKOV, I. et al., 2009b. **Emerging methods and tools for environmental risk assessment, decision-making, and policy for nanomaterials: summary of NATO Advanced Research Workshop**, Journal of Nanoparticle Research 11, 513-527.

LINKOV, I., SATTERSTROM, F. K., and COREY, L. M., 2008. **Nanotoxicology and nanomedicine: making hard decisions**. Nanomedicine , nanotechnology, biology, and medicine 4, 167-71.

MALCHAIRE, J. **Estratégia geral de gestão dos riscos profissionais – SOBANE**. Método de diagnóstico preliminar participativo dos riscos – DEPARIS. Universidade Católica de Louvain, 2003. Bruxelas.

MARCHANT, G. E., SYLVESTER, D. J., e ABBOTT, K. W., 2008. **Risk Management Principles for Nanotechnology**, NanoEthics 2, 43-60.

MARK, D., 2007. **Occupational Exposure to Nanoparticles and Nanotubes**. Issues in Environmental Science and Technology 24, 50-80.

MATTHIEU, J., 2008. **Nanoparticles: Aspects of Safety and Risk Management**. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 3, 308-311.

MAYNARD, A. D., 2007. **Nanotechnology: the next big thing, or much ado about nothing?** The Annals of occupational hygiene 51, 1-12.

MAYNARD, A.D., 2006. **A Research Strategy for Addressing Risk.** Woodrow Wilson Institute. Project on Emerging Nanotechnologies.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/77609.html>>, acessado em 18 de agosto de 2010.

MEC - Ministério da Educação e Cultura. Disponível em <www.mec.gov.br>, acessado em 28 de julho de 2010.

MIT – Massachusetts Institute of Technology. **University Best Practice.** Disponível em: <http://ehs.mit.edu/site/sites/default/files/University_Best_Practices.pdf>. Acessado em: 7 abr. 2011.

MOOR, J. H., 2005. **Why We Need Better Ethics for Emerging Technologies.** Ethics and Information Technology 7, 111-119.

MURASHOV, V. e HOWARD, J., 2007., **Biosafety, Occupational Health and Nanotechnology.** Applied Biosafety, vol.12, no. 3. 158-167.

MURASHOV, V., 2009. **Occupational exposure to nanomedical applications.** Safety and Health 1, 203-213.

NAGAMACHI, M. 1995. **Requisites and practices of participatory ergonomics.** International Journal of Industrial Ergonomics. Volume 15, Issue 5, Pages 371–377

NANOACTION, 2007. **Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials.**

NANOSAFER, 2011. Disponível em: <<http://nanosafer.i-bar.dk/>>. Acessado em: 5 de setembro de 2012.

MASTERLACK, M., ZOBEL, A. e OBERLINNER, C. 2008. **Considerations on occupational medical surveillance in employees handling nanoparticles.** International archives of occupational and environmental health 81, 721-6.

NNI - National Nanotechnology Initiative. Disponível em <http://www.nano.gov/about-nni/what/funding>. Acessado em 22 mai. 2013.

NOORDEN, R. Van, 2013. **Safety survey reveals lab risks.** Nature, volume 493, 3 de Janeiro de 2013, Editorial.

OK, Z. D., ISAACS, J. A. e BENNEYAN, J. C., 2008. **Probabilistic and Monte Carlo Risk Models for Carbon Nanomaterial Production Processes.** Chemical Vapor Deposition.

Organização da Nações Unidas (ONU), **Declaração do Rio – 1992**. Disponível em <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acessado em 16 de setembro de 2013.

OSMAN, T. M., 2008. **Environmental, Health and Safety Considerations for Producing Nanomaterials**. Environmental Health. JOM 14-7.

OSTIGUY, C. et al., 2009a. **A good practice guide for safe work with nanoparticles: The Quebec approach**. Journal of Physics: Conference Series 151, 012037.

OSTIGUY, C. et al., 2009b. **Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management – Report R-599**. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Québec, Canada.

OSTROWSKI, A. D. et al., 2009. **Nanotoxicology: characterizing the scientific literature, 2000–2007**. Journal of Nanoparticle Research 11, 251-257.

PALMA-OLIVEIRA, J. et al., **Saber muito sem saber nada: percepção de risco da nanotecnologia e implicações para a avaliação e comunicações de risco**. Universidade de Lisboa, 2009.

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

PETERSEN, A. e ANDERSON, A., 2007. **A Question of Balance or Blind Faith?: Scientists' and Science Policymakers' Representations of the Benefits and Risks of Nanotechnologies**. NanoEthics 1, 243-256.

PETERSEN, A., 2009. **Introduction: The Ethical Challenges of Nanotechnologies**. Journal of Bioethical Inquiry 6, 9-12.

POWELL, M. C., GRIFFIN, M. P. e TAI, S., 2008. **Bottom-up risk regulation? How nanotechnology risk knowledge gaps challenge federal and state environmental agencies**. Environmental management 42, 426-43.

RICHARDSON, Roberto J. et al., **Pesquisa Social - Métodos e Técnicas**. São Paulo Atlas, 1999

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>. Acessado em: 9 de maio de 2013.

SAMPAIO, R.F. e MANCINI, M.C., 2007. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica**. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 11, n. 1, p. 83-89.

- SANTOS, Josivaldo C. dos. **Processo de participação como alternativa política para a transformação social**. Série Sociedade Solidária - Vol. 1-2004. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/35332609/PROCESSO-DE-PARTICIPACAO-COMO-ALTERNATIVA-POLITICA-PARA-A-TRANSFORMACAO-SOCIAL>>. Acessado em 9 de maio de 2013.
- SARGENT, J. F., 2008. **Nanotechnology and Environmental, Health and Safety: Issues for Consideration**. CRS Report for Congress Order Code RL34614.
- SATTERSTROM, F.K et al. **Manufactured Nanomaterial Policy and Governance**. NATO Advanced Research Workshop on Nanomaterials: Environmental Risks and Benefits. Faro, Portugal on 27-30 April 2008.
- SCHEUFELE, D. A. e LEWENSTEIN, B. V. 2005. **The Public and Nanotechnology: How Citizens Make Sense of Emerging Technologies**. Journal of Nanoparticle Research 7, 659-667.
- SCHULTE, P. A. e SALAMANCA-BUENTELLO, F. 2006. **Ethical and Scientific Issues of Nanotechnology in the Workplace**. Environmental Health Perspectives 12(5), 1319-1332.
- SCHULTE, P. et al., 2008. **Occupational Risk Management of Engineered Nanoparticles**. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 5, 239-249.
- SCHUMMER, J., e PARIOTTI, E. 2008. **Regulating Nanotechnologies: Risk Management Models and Nanomedicine**. NanoEthics 2, 39-42.
- SECO - State Secretariat for Economic Affairs. **Guideline for synthetic nanomaterials**. Safety data sheet (SDS). 2010. Swiss.
- SIEGRIST, M. et al., 2007. **Laypeople's and experts' perception of nanotechnology hazards**. Risk analysis 27, 59-69.
- SILVA, R.G. 2006. **Incentivos governamentais para promoção da segurança e saúde no trabalho: estudo nas companhias de terminais marítimos para graneis líquidos**. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP).
- SIMONET, B. M. e VALCARCEL, M. 2009. **Monitoring nanoparticles in the environment**. Analytical and bioanalytical chemistry 393, 17-21.
- SPARROW, R., 2009. **The Social Impacts of Nanotechnology: an Ethical and Political Analysis**. Journal of Bioethical Inquiry 6, 13-23.
- 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.
- STERN, S. T. e MCNEIL, S. E. 2008. **Nanotechnology safety concerns revisited**. Toxicological sciences 101, 4-21.

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.

TEXAS A&M ENGINEERING, 2005. **Interim Guideline for Working Safely with Nanotechnology**, 1-11. Disponível em: <http://engineering.tamu.edu/safety/guidelines/Nanotechnology/NANO_SafeGuideline.pdf>. Acessado em 04 de abril de 2009.

TSAI, C. e PUI, D. Y. 2009. **Recent advances and new challenges of occupational and environmental health of nanotechnology**. Editorial. Journal of Nanoparticle Research 11, 1-4.

TSUJI, J. S. et al., FORUM SERIES **Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials**, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles. Toxicological sciences 2006; 89(1), 42–50.

TYSHENCO, M. G. e KREWSKI, D. **A risk management framework for the regulation of nanomaterials**. International Journal Nanotechnology 2008, vol 5, issue 1, 143-160.

UNIÃO EUROPEIA (EU). **Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts - A Guide for Employers and Employees**. (versão 4.2). Disponível em <http://www.rpaltd.co.uk/documents/J771_NanoWorkSafetyGuidancev4.2_publ.pdf>. Acessado em 4 de setembro de 2012.

US/DOE, 2008a. **Approach to Nanomaterial ES&H, revision 3a**. Disponível em: <http://www.sc.doe.gov/bes/doe_nsre_approach_to_nanomaterial_esh.pdf>. Acessado em 04 de abril de 2009.

US/DOE/Stanford Linear Accelerator Center. **Nanomaterial Safety Plan 4**. 2008.

US/ NIOSH, 2009a. **Approaches to Safe Nanotechnology**. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh>>. Acessado em 04 de abril de 2009.

US/NIOSH, 2009b. Current Intelligence Bulletin 60, **Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles**. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh>>. Acessado em 04 de abril de 2009.

US/ NIOSH. **General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories**. 2012. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/pdfs/2012-147.pdf>>. Acessado em: 24 de setembro de 2012.

VOOGD, E. 2010. **Nano particles: Surface area as the metric in risk assessment**. Utrecht University, Faculty of Medicine Theses, Master thesis.

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

WARDAK, A. et al., 2008. **Identification of Risks in the Life Cycle of Nanotechnology-Based Products**. *Journal of Industrial Ecology* 12, 435-448.

WARHEIT, D. B. 2008. **Health effects related to nanoparticle exposures**: environmental, health and safety considerations for assessing hazards and risks. *Pharmacology & therapeutics* 120, 35-42.

APÊNDICE A – Pôster de artigo**Título do artigo**

Citações do termo ‘nanotecnologia’ em sítios de universidades brasileiras

Dados da publicação

Aceito para apresentação como pôster no

7º Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente;

Rio de Janeiro/RJ - Novembro/2010

Citações do termo “nanotecnologia” em sítios de universidades brasileiras



Msc. Eng. Luís Renato Balbão Andrade
luis.andrade@fundacentro.gov.br
Ministério do Trabalho e Emprego - FUNDACENTRO/RS
Porto Alegre, RS, Brasil

Prof. Dr. Eng. Fernando Gonçalves Amaral
amaral@producao.ufrgs.br
Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre, RS, Brasil

Justificativa

As nanotecnologias são uma das tecnologias chaves para o século 21, apesar desta importância os riscos potenciais destas tecnologias para a segurança e saúde no trabalho ainda são relativamente desconhecidos.

Kostoff [*], usando como fonte a Science Citation Index/Social Science Citation Index (SCI/SSCI) identificou um enorme crescimento das publicações relacionadas à nanotecnologia. Em 1991 foram indexados na base citada, 11.265 artigos contendo o termo “nano” sendo que este número subiu para 64.737 em 2005.

Objetivo

O presente artigo tem por objetivo contribuir para o entendimento do alcance e distribuição das nanotecnologias entre as universidades brasileiras cadastradas pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC).

Método

Os sítios na Internet das 197 universidades brasileiras listadas em fevereiro de 2010 através do sítio do Ministério da Educação e Cultura foram pesquisados quanto à ocorrência de citação do termo “nanotecnologia”, utilizando-se as ferramentas disponibilizadas pelo Google.

Resultados

Este levantamento totalizou 18.452 citações do termo em questão. As citações mostram uma prevalência das instituições federais já que ocorreram em 96% destas instituições e em apenas 77% das universidades estaduais e/ou privadas. Estes resultados sinalizam uma ampla difusão do tema no meio acadêmico brasileiro. As citações concentram-se em universidades da região sudeste e sul com especial destaque para o estado de São Paulo que responde por 49,2% do número de citações de todo o país acompanhando o índice de desenvolvimento destas regiões numa relação direta. Abaixo são apresentadas duas tabelas com o agrupamento de alguns dos resultados obtidos.

Conclusões

Outras fontes corroboram a percepção de ampla difusão do tema como é o caso da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, que aponta mais de 450 grupos de pesquisa no Brasil ligados às nanotecnologias envolvendo aproximadamente 3.500 pesquisadores identificados junto ao Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq. Mesmo que simples o levantamento contribui, juntamente com outras iniciativas no mesmo sentido, para uma compreensão mais clara e quantitativa do fenômeno da disseminação das nanotecnologias no Brasil e aponta igualmente para a relevância do tema o que justifica as iniciativas e preocupações de vários pesquisadores e instituições com os possíveis impactos das nanotecnologias sobre a saúde dos envolvidos e sobre o meio ambiente.

Região	Estado	Universidades Federais		Universidades Estaduais e Privadas		Totais e média	
		Quantidade de universidades	Média de citações	Quantidade de universidades	Média de citações	Quantidade de universidades	Média de citações
Centro Oeste	GO	1	109	3	151	4	260
	MT	1	28	2	29	3	57
	MS	2	85	3	69	5	154
Totais região Centro Oeste		4	222	8	249	12	471
DF	DF	2	259	1	36	3	295
Totais DF		2	259	1	36	3	295
Nordeste	AL	1	15	2	0	3	15
	BA	3	14	4	46	7	60
	CE	1	100	4	202	5	302
	MA	1	32	2	6	3	38
	PB	2	262	2	13	4	275
	PE	2	208	2	99	4	307
	PI	1	116	1	20	2	136
	RN	2	99	2	3	4	102
SE	1	174	1	9	2	183	
Totais região Nordeste		14	1.020	20	368	34	1.418
Norte	AC	1	8	0	0	1	8
	AM	1	33	1	40	2	73
	AP	1	2	1	1	2	3
	PA	2	207	2	14	4	221
	RO	1	9	0	0	1	9
	RR	1	18	1	5	2	23
Totais Norte		8	294	7	62	15	356
Sudeste	ES	1	52	0	0	1	52
	MG	11	866	9	68	20	934
	RJ	4	1.755	15	500	19	2.255
	SP	3	492	43	8.609	46	9.101
Totais região Sudeste		19	3.165	67	9.177	86	12.342
Sul	PR	2	300	11	300	13	600
	RS	6	1.212	16	874	22	2.086
	SC	1	479	11	405	12	884
Totais região Sul		9	1.991	38	1.579	47	3.570
Totais do país		56	6.951	141	11.501	197	18.452

Tabela 1: número de universidades e citações por estado e região

[*] A lista completa das referências usadas neste trabalho podem ser obtidas com os autores.

Ordem	Universidade	Sigla	UF	Número de citações	% de citações acumuladas	Região	Tipo de universidade
1	Universidade do Estado de São Paulo	USP	SP	3520	21,24	Sudeste	Est./Priv.
2	Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP	SP	3180	39,48	Sudeste	Est./Priv.
3	Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ	RJ	1520	47,26	Sudeste	Federal
4	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS	RS	949	52,40	Sul	Federal
5	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	UNESP	SP	671	56,04	Sudeste	Est./Priv.
6	Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC	SC	479	59,83	Sul	Federal
7	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	UNISINOS	RS	483	61,14	Sul	Est./Priv.
8	Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG	MG	417	63,40	Sudeste	Federal
9	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	PUC-RJ	RJ	295	65,00	Sudeste	Est./Priv.
10	Universidade do Estado de Santa Catarina	UESC	SC	289	66,57	Sul	Est./Priv.
				Total de citações das 10 universidades com mais citações	12.283		
				Demais universidades	6169		
				Total geral de citações	18452		

Tabela 2: As 10 universidades brasileiras com maior número de citações

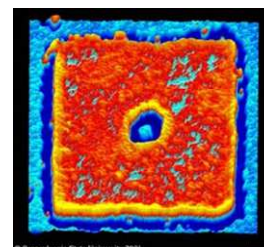
UM POUCO DE ARTE

Não só na ciência e tecnologia encontramos as nanotecnologias. Atualmente já existe um novo ramo da arte denominado NANOARTE. A imagem ao lado é um exemplo desta nova arte.

Através de um microscópio de varredura de campo por emissão de elétrons a imagem ao lado mostra um “ponto” de ouro sobre um substrato de silício oxidado.

Essa nanoestrutura foi fabricada por um processo denominado “héguas molecular” desenvolvido para ampliar o leque de técnicas de nanolitografia convencionais. Imagem: A. Hatzor & B. Mantooth A.

Fonte: Nanotechnology Art Gallery – Weiss Group em http://www.nanotech-now.com/Art_Gallery/Weiss-Group.htm



© Femmy/Beats State University 2011

APÊNDICE B – Outros documentos consultados

BAINBRIDGE, W. S., 2004. **Sociocultural meanings of nanotechnology: research methodologies**. Journal of Nanoparticle Research 6, 285-299.

BALBUS, J. M. et al., 2007. Meeting report: hazard assessment for nanoparticles - report from an interdisciplinary workshop. Environmental health perspectives 115, 1654-9.

BALSHAW, D. M., PHILBERT, M., and SUK, W. A., 2005 Forum series Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part III: Nanoscale Technologies for Assessing Risk and Improving Public Health. Toxicological Sciences 88(2), 298-306. DOI: 10.1093/toxsci/kfi312.

BIJKER, W. E. et al., 2007. **A response to ‘Nanotechnology and the need for risk governance’**, O. Renn & M.C. Roco, 2006. J. Nanoparticle Research 8(2): 153–191, Journal of Nanoparticle Research 9, 1217-1220.

BOCCUNI, F. et al., 2008. **Potential occupational exposure to manufactured nanoparticles in Italy**. Journal of Cleaner Production 16, 949-956.

BURRI, R. V., and Bellucci, S., 2008. **Public perception of nanotechnology**. Journal of Nanoparticle Research 10, 387-391.

BYKO, M., 2004. Preparing for the Unknown: Anticipating the Consequences of Nanotechnology. JOM, outubro 2004, End Notes.

CALSTER, G., 2008. Risk Regulation, EU Law and Emerging Technologies: Smother or Smooth? NanoEthics 2, 61-71.

CHIARI, G. et al., 2007. Pre-columbian nanotechnology: reconciling the mysteries of the maya blue pigment. Applied Physics A 90, 3-7.

COBB, M. D. e MACOUBRIE, J., 2004. **Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust**. Journal of Nanoparticle Research 6, 395-405.

CRANE, M. et al., 2008. **Ecotoxicity test methods and environmental hazard assessment for engineered nanoparticles**. Ecotoxicology (London, England) 17, 421-37. DOI: 10.1007/s10646-008-0215-z.

DAVIES, J. C., 2008. **Managing the Effects of Nanotechnology**. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Project on Emerging Nanotechnologies.

DEMAJOROVIC, J., 2007. Sociedade de risco e a evolução das abordagens de gestão socioambiental. Faculdade SENAC, São Paulo, Brasil.

DORBECK-JUNG, B. R., 2007. What can Prudent Public Regulators Learn from the United Kingdom Government’s Nanotechnological Regulatory Activities? NanoEthics 1, 257-270.

EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work, 2009. Report Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health.

ETUC - European Trade Union Confederation, 2008. **Resolution on nanotechnologies and nanomaterials.**

FERNANDES, M.F. e FILGUEIRAS, C.A., 2008. **Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios)**, Química Nova 31, no. 08, 2205-2213.

FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OCCUPATIONAL HEALTH IMPLICATIONS OF NANOMATERIALS, 2004. **Nanomaterials – a risk to health at work?** Derbyshire, UK, 12 a 14 de outubro de 2004.

FRIEDRICH, S., and SCHULTE, J., 2007. Environmental, health and safety aspects of nanotechnology—implications for the R&D in (small) companies. Science and Technology of Advanced Materials 8, 12-18.

GEIBLER, J. et al., 2005. **Governing new technologies towards sustainability: international organisations and social indicators.** Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change ‘International Organizations and Global Environmental Governance’, Berlim, Alemanha, 2 e 3 de dezembro de 2005.

GIBBONS, M., 2006. How to identify research groups using publication analysis: an example in the field of nanotechnology. Scientometrics 66, 365-376.

GOULD, P., 2008. Nanomaterials face control measures. Nanotoday 1, 34-39.

GROSSMAN, J., 2008. **Nanotechnology: Risks, Ethics and Law.** London: Earthscan, 2006. 296 pp. and NanoEthics 2, 99-100.

GRUNWALD, A., 2005. **Nanotechnology – A New Field of Ethical Inquiry?** Science and Engineering Ethics 11, 187-201.

HELLAND, A. et al., 2006. Nanoparticulate materials and regulatory policy in Europe: An analysis of stakeholder perspectives. Journal of Nanoparticle Research 8, 709-719.

HELLAND, A. et al., 2007. Reviewing the environmental and human health knowledge base of carbon nanotubes. Environmental health perspectives 115, 1125-31.

HOLSAPPLE, M. P. et al., 2005. Forum Series Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part II: Toxicological and Safety Evaluation of Nanomaterials. Current Challenges and Data Needs. Toxicological Sciences 88, 12-17.

HOYT, V. e MASON, E. 2008. **Nanotechnology Emerging health issues.** Journal of Chemical Health and Safety 15, 10-15.

ICON - International Council on Nanotechnology, 2006. **A Review of Current Practices in the Nanotechnology Industry** (phase two report: survey of current practices in the nanotechnology workplace). 13/11/2006.

KAHAN, D. M. et al., 2008. Report: Biased Assimilation, Polarization, and Cultural Credibility: An Experimental Study of Nanotechnology Risk Perceptions. University of Chicago Law Review.

KATAO, K. 2006. Nanomaterials may call for a reconsideration of the present Japanese chemical regulatory system. *Clean Technologies and Environmental Policy* 8, 251-259.

KELLER, K. H., 2006. **Nanotechnology and society**. *Journal of Nanoparticle Research* 9, 5-10.

KLAINÉ, S.J. et al., 2012. **Paradigms to Assess the Environmental Impact of Manufactured Nanomaterials**. *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol 31, ed 1, 3-14. DOI: 10.1002/etc.733.

KLIMONSKII, S. O., 2006. Nanomeeting-2005: Key issues in nanotechnology and nanomaterials. *Inorganic Materials* 42, 456-457.

KUZMA, J., 2006. Moving forward responsibly: Oversight for the nanotechnology-biology interface. *Journal of Nanoparticle Research* 9, 165-182.

KUZMA, J. eBESLEY, J. C., 2008. Ethics of Risk Analysis and Regulatory Review: From Bio- to Nanotechnology. *NanoEthics* 2, 149-162.

KUZMA, J. et al., 2008. An integrated approach to oversight assessment for emerging technologies. *Risk analysis* 28, 1197-220.

LINDBERG, J.E. eQUINN, M.M., 2007. Research brief – A survey of environmental, health and safety risk management information needs and practices among nanotechnology firms in the Massachusetts region. Woodrow Wilson International Center for Scholars.

LUDLOW, K., 2008. Nanoregulation—Filtering Out the Small Stuff. *NanoEthics* 2, 183-191.

MACOUBRIE, J. 2005. **Informed public perceptions of nanotechnology and trust in government**. Woodrow Wilson International Center for Scholars.

MAYNARD, A. D., 2006. **Nanotechnology: assessing the risks**. *Nanotoday* 1, no. 2, 22-33.

MAYNARD, A. D. e KUEMPEL, E. D. 2005. **Airborne Nanostructured Particles and Occupational Health**. *Journal of Nanoparticle Research* 7, 587-614.

MAYNARD, A. D. ePUI, D. Y. 2006. **Nanotechnology and occupational health: New technologies – new challenges**. *Journal of Nanoparticle Research* 9, 1-3.

MATSUI, Y. et al., 2009. **Visualization of nano risk research field to clarify domains year by year**. *Journal of Physics: Conference Series* 170. DOI 10.1088/1742-6596/170/1/012033.

MEILI, C., 2006. Nano Regulation. Report A multi-stakeholder-dialogue-approach towards a sustainable regulatory framework for nanotechnologies and nanosciences. The Innovation Society.

MORACHEVSKII, A. G. eBELOGLAZOV, I. N., / Poole, C.P., Jr. and Owens, F.J., 2006. **Introduction to Nanotechnology**. Russian Journal of Applied Chemistry 79, 1213-1214.

FAUSS, M.K., Risk analysis of nanotechnology through expert elicitation: a silver nanotechnology case study. Master Thesis, University of Virginia, Charlottesville/VA, US, agosto/2008.

NORDMANN, A., 2004. Converging Technologies (Nano-Bio-Info-Cogno-Socio-Anthro-Philo-Geo-Eco-Urbo-Orbo-Macro-Micro-Nano) – Shaping the Future of European Societies. European Commission Research.

OBERDÖRSTER, E., LARKIN, P. eROGERS, J., 2006. Rapid Environmental Impact Screening For Engineered Nanomaterials: A Case Study Using Microarray Technology. Woodrow Wilson International Center for Scholars.

OK, Z. D., BENNEYAN, J. C. eISAACS, J. A., 2008. Risk Analysis Modeling of Production Costs and Occupational Health Exposure of Single-Wall Carbon Nanotube Manufacturing. Journal of Industrial Ecology 12, 411-434.

OSTEGUY, C. eLUC, M., 2006. **Report R-470 - Actual Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures**. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). Quebec, Canada.

OSTERTAG, K.eHUSING, B. 2008. Identification of starting points for exposure assessment in the post-use phase of nanomaterial-containing products. Journal of Cleaner Production 16, 938-948.

OWEN, R., e DEPLEDGE, M., 2005. **Nanotechnology and the environment: risks and rewards**. Marine pollution bulletin 50, 609-12.

PADDOCK, L.C., 2008. **Green governance: building the competencies necessary for effective Environmental management**. The George Washington University Law School Public Law and Legal Theory. Working-paper no. 441.

POWELL, M. C. eKANAREK, M. S., 2006. Nanomaterial Health Effects—Part 2: Uncertainties and Recommendations for the Future. Wisconsin Medical Journal 105, issue 3, 18-24.

POWELL, M. C. eKANAREK, M. S., 2006. **Nanomaterial Health Effects—Part 1: Background and Current Knowledge**. Wisconsin Medical Journal 105, issue 2, 16-20.

PRIESTLY, B. G., HARFORD, A. J. eSIM, M. R., 2007. **Nanotechnology: a promising new technology — but how safe?** Nano Today 186, 187-188.

PUI, D. Y. et al., 2008. Recirculating air filtration significantly reduces exposure to airborne nanoparticles. *Environmental health perspectives* 116, 863-866.

RENN, O. e ROCO, M. C., 2006. **Nanotechnology and the need for risk governance.** *Journal of Nanoparticle Research* 8, 153-191.

ROLLER, M., 2009. **Carcinogenicity of inhaled nanoparticles.** *Inhalation Toxicology*, 21, 144-157.

SEATON, A., 2006. **Nanotechnology and the occupational physician.** *Occupational medicine (Oxford, England)* 56, 312-6.

SHINOHARA, N., KOBAYASHI, N. e OGURA, I. 2010. **Development of Risk Assessment Documents of Manufactured Nanomaterials.** *Science and Technology* 1-4.

SILVA, G.F., 2008. Nanotecnologia: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Brasil.

SNG, J. e KOH, D., 2008. Nanocommentary: Occupational and environmental health and nanotechnology-what's new? *Occupational medicine (Oxford, England)* 58, 454-5.

SWEENEY, A. E., 2006. Social and Ethical Dimensions of Nanoscale Science and Engineering Research. *Science and Engineering Ethics* 12, 435-464.

TAKEMURA, M., 2008. Japan's engagement in health, environmental and societal aspects of nanotechnology. *Journal of Cleaner Production* 16, 1003-1005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2009. **Review of Federal Strategy for Nanotechnology-Related Environmental, Health and Safety Research.** Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog/12559.html>. Acessado em 12/07/2010.

THOMAS, K. e SAYRE, P., 2005. Forum Series Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part I: evaluating the human health implications of exposure to nanoscale materials. *Toxicological sciences* 87, 316-321.

THOMAS, K. et al., 2006. Forum Series Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part VIII: international efforts to develop risk-based safety evaluations for nanomaterials. *Toxicological sciences* 92, 23-32.

WALSH, S. et al., 2008. **Nanotechnology: getting it right the first time.** *Journal of Cleaner Production* 16, 1018-1020.

WARDAK, A. et al., 2007. **Environmental Regulation of Nanotechnology and the TSCA.** *IEEE Technology And Society Magazine*, summer 2007, 48-56.

WARHEIT, D. B. 2004. **Emerging Technology (Nanomaterials)**. Presentation at DuPont Haskell Laboratory, November 17, 2004.

APÊNDICE C – Alguns sítios na Internet relacionados aos impactos das nanotecnologias sobre a SST

Fonte: European Commission (Agar, 2008)	
Nome e/ou descrição	Endereço do sítio na Internet
IMPART: Improving the understanding of the impact of nanoparticles on human health and the environment	http://www.impart-nanotox.org/
CANAPE: Carbon Nanotubes for Applications in Electronics, Catalysis, Composites and Nano-Biology	http://www.canapeweb.com/
Particle-Risk: Risk Assessment for Particle Exposure	http://www.iom-world.org/research/particle_risk.php
NANOTRANSPORT: Comportamento de aerossóis dispersos na atmosfera pela manufatura de nanopartículas (estudo pré-normativo)	http://research.dnv.com/nanotransport/
NanoCap	http://www.nanocap.eu/
Dipna: Development of an integrated platform for nanoparticle analysis to verify their possible toxicity and eco-toxicity	http://dipna.eu/
NanoInteract	http://www.nanointeract.net/
NANOSH: Inflammatory and genotoxic effects of engineered nanomaterials	http://www.ttl.fi/Internet/partner/Nanosh
CellNanoTox: Cellular Interaction and Toxicology with Engineered Nanoparticles	http://www.fp6-cellnanotox.net/index.html
NANOSAFE	http://www.nanosafe.org/
NanoImpactNet: The European Network on the Health and Environmental Impact of Nanomaterials	http://www.nanoimpactnet.eu/
NanoTEST: Development of methodology for alternative testing strategies for the assessment of the toxicological profile of nanoparticles used in medical diagnostics	http://www.nanotest-fp7.eu/
Nanowerk (repositório de artigos)	http://www.nanowerk.com/
Germany's strategy on chances and risks in nanotechnology	http://www.nanopartikel.info
INOS: Evaluation of health risks of nanoparticles	http://www.nanotox.de
TRACER: Toxicology and Health Risk Assessment of Carbon Nanomaterials	http://www.nano-tracer.de
Fonte: Hallock (Hallock, et al., 2009; Castranova, 2009)	
Nome e/ou descrição	Endereço
International Council on Nanotechnology	http://icon.rice.edu
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Nanotechnology Page	http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/
National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN)	http://www.nnin.org/
National Center for Biotechnology Information (NCBI)	http://www.ncbi.nlm.gov/entrez
Woodrow Wilson International Center for Scholars. Project on Emerging Nanotechnologies	http://www.nanotechproject.org
Fonte: FramingNano Report (2009)	
Nome e/ou descrição	Endereço
US - National Nanotechnology Initiative (NNI)	http://www.nano.gov/
The European Project NanoCode: a multistakeholder dialogue providing inputs to implement the European Code of Conduct for Responsible Nanosciences & Nanotechnologies Research	http://www.nanocode.eu

OECD: Safety of Manufactured Nanomaterials	http://www.oecd.org
US - Centre for Responsible Nanotechnology	http://www.crnano.org/
US - National Science Foundation – Nanotechnology	http://www.nsf.gov/eng/general/publicdoc/nanotechnology.jsp
Outros sítios sem fonte específica (acessados em set. 2010)	
Nome e/ou descrição	Endereço
Nanorisk - A constructive contribution to the responsible development and use of engineered nanomaterials	http://www.nanorisk.org
Nano Archive – The Nano Archive is an open access repository of nanoscience publications and aims to facilitate nano research in different world regions. Publications about “Risk > Environment, health and safety aspects of nanotechnology”	http://www.nanoarchive.org/view/subjects/HA.html
Austrália nanosfe	http://www.rmit.edu.au/NANOSAFE
Nanosafe Inc	http://www.nanosafeinc.com
Rede de pesquisa em nanotecnologia, sociedade e meio ambiente (RENANOSOMA)	http://nanotecnologia.iv.org.br/portal
FUNDACENTRO (Ministério do Trabalho e Emprego) – Nanotecnologia: Impactos na saúde dos trabalhadores e meio ambiente	www.fundacentro.gov.br/index.asp?D=NANO
EH&S Nano News (Gradient Corporation)	http://www.ehsnanonews.com
Nanoaction – A Project of the International Center for Thechnology Assessment	http://www.nanoaction.org
ACS Nano Publications	http://www.acsnano.org
Nanotecnologia, Sociedade & Desenvolvimento	www.nanosociedade.com.br
Good Nano Guide	http://goodnanoguide.org
CB Nanotool	http://controlbanding.net/Services.html

APÊNDICE D - Versão de submissão em inglês de artigo**Título do artigo**

A review on the current status of nanotechnology and occupational safety and health (OSH)

Dados da publicação

Submetido para publicação

Recent Paterns on Nanotechnology

Julho / 2012

1. Covering Letter

ITS/04/PD-01, Rev. 01, Issue. 01

**Recent Patents on Nanotechnology****Covering Letter****Bentham Science Publishers**www.benthamscience.com/nanotec

Ms. / Ref. No: _____

**FILL IN THE FORM IN CAPITALS
AND RETURN TO:**

Director Publications
Bentham Science Publishers
Executive Suite Y-2
P.O. Box 7917, Saif Zone
Sharjah, U.A.E.

Fax Nos: +215-3109757 (USA)
+310-2954646 (USA)
+0207-0787656 (UK)
+18772963803 (Toll Free)
+971-6-5571134 (UAE)

E-mail: nanotec@benthamscience.org

Principal/Corresponding Author: Name: <u>Luis Renato Balbão Andrade</u>
Address/Affiliation: <u>Av. Borges de Medeiros, 669 / 10º andar - ZIP 90020-023 - City: Porto Alegre - State: Rio Grande do Sul - Country: Brazil</u>
<u>FUNDACENTRO - Ministry of Labor and Employment</u>
Fax: <u>55 51 3225-6688</u>
Tel: <u>55 51 9177-5909</u>
E-mail 1: <u>luis.andrade@fundacentro.gov.br</u>
E-mail 2: <u>amaral@producao.ufrgs.br</u>

Title of Manuscript: A review on the current status of nanotechnology and occupational safety and health (OSH)Author(s): Msc. Luis Renato Balbão AndradeDr. Fernando Gonçalves Amaral

1- This is to confirm that:

- * Financial contributions to the work being reported are clearly acknowledged below, as are any potential conflicts of interest. Please complete below section.

Acknowledgement of funding: FUNDACENTRO and UFRGSAny conflicts of interest: NONE

a) The manuscript submitted has been prepared according to the journal's "Aims & Scope" and "Instructions for Authors", and checked for all possible inconsistencies and typographical errors.

b) On submission of the manuscript, the authors agree not to withdraw the manuscript at any stage prior to publication.

2- The names and affiliations of four referees which *Bentham Science Publishers (BSP in short)* may decide to consult for the evaluation of the manuscript are listed below.

(Any suggested peer reviewers should not have published with any of the authors of the manuscript within the past five years and should not be members of the same research institution. Suggested reviewers will be considered alongside potential reviewers identified by their publication record or recommended by Editorial Board members).

Referee 1

Name: _____
Address/Affiliation: _____
Email: _____

Referee 2

Name: _____
Address/Affiliation: _____
Email: _____

Referee 3

Name: _____
Address/Affiliation: _____
Email: _____

Referee 4

Name: _____
Address/Affiliation: _____
Email: _____

3- Copyright and License Agreement

For the submission of an 'article' to '*Recent Patents on Nanotechnology*', I hereby certify that:

1. I have been granted authorization by my co-authors to enter into these arrangements.
2. I hereby declare, on behalf of myself and my co-authors, that:
 - a. The article submitted is an original work and has neither been published in any other peer-reviewed journal nor is under consideration for publication by any other journal. More so, the work has been carried out in the authors' lab and the article does not contravene any existing copyright or any other third party rights.
 - b. I am/we are the sole author(s) of the article and maintain the authority to enter into this agreement and the granting of rights to *BSP* does not infringe any clause of this agreement.
 - c. The article contains no such material that may be unlawful, defamatory, or which would, if published, in any way whatsoever, violate the terms and conditions as laid down in the agreement.
 - d. I/we have taken due care that the scientific knowledge and all other statements contained in the article conform to true facts and authentic formulae and will not, if followed precisely, be detrimental to the user.
 - e. I/we permit the adaptation, preparation of derivative works, oral presentation or distribution, along with the commercial application of the work.
 - f. No responsibility is assumed by *BSP*, its staff or members of the editorial board for any injury and/or damage to persons or property as a matter of products liability, negligence or otherwise, or from any use or operation of any methods, products instruction, advertisements or ideas contained in a publication by *BSP*.

Copyright:

Authors who publish in any *BSP* print & online journal will transfer copyright to their work to *BSP*. Submission of a manuscript to the respective journals implies that all authors have read and agreed to the content of the Covering Letter or the Terms and Conditions. It is a condition of publication that manuscripts submitted to this journal have not been published and will not be simultaneously submitted or published elsewhere. Plagiarism is strictly forbidden, and by submitting the article for publication the authors agree that the publishers have the legal right to take appropriate action against the authors, if plagiarism or fabricated information is discovered. By submitting a manuscript the authors agree that the copyright of their article is transferred to the publishers if and when the article is accepted for publication. Once submitted to the journal, the author will not withdraw their manuscript at any stage prior to publication.

License Grant:

Copyright to the above work (including without limitation, the right to publish the work in whole, or in part, in any and all forms) is hereby transferred to *BSP*, to ensure widest dissemination and protection against infringement. No proprietary right other than copyright is proclaimed by *BSP*.

Under the Following Conditions: Attribution:

- The services of the original author must be acknowledged;
- In case of reuse or distribution, the license conditions must be clarified to the user of this work;
- Any of these conditions can be ignored on the consent of the author.

CERTIFICATION AS A WORK OF THE US GOVERNMENT

I certify that this work is a "work of the US Government" prepared by the authors who are or were bona fide officers or employees of the US Government at the time of preparation of this document; therefore, it is not subject to US copyright. (This section should not be signed if the work was prepared under a government control or coauthored by a non-US Government employee).

INDIVIDUAL AUTHOR OR AGENCY REPRESENTATIVE

Print Authors' Name

Print Agency Representatives' Name and Title

Original Signature of Author
(in ink or electronic)

Original Signature of Agency Representative
(in ink or electronic)

Date

SIGN HERE FOR COPYRIGHT TRANSFER: I hereby certify that I am authorized to sign this document either in my own right or as an agent of my employer, and have made no changes to the current valid document supplied by *BSP*.

Msc Luís Renato Balbão Andrade

Print Authorized Name(s) and Title(s)

1th August, 2012

Original Signature(s) (in ink or electronic)

Date

Please scan your signed copy of this covering letter and submit it along with your manuscript to the publisher.

2. Title

A review on the current status of nanotechnology and occupational safety and health (OSH)

3. Short Running Title

Nanotech & OSH – Review

4. Authors' Names and Affiliations

ANDRADE, Luis Renato Balbão

FUNDACENTRO - Ministry of Labor and Employment, Porto Alegre, RS, Brasil

luis.andrade@fundacentro.gov.br

AMARAL, Fernando Gonçalves

Department of Production and Transport Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul (Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil

amaral@producao.ufrgs.br

5. Abstract

The objectives of this review are, in light of the available scientific literature, to (1) identify the main features of this new branch of knowledge, emphasising its potential risks, (2) identify the tools available and proposals to mitigate risks and their limitations, (3) characterise the current state of knowledge of nanotechnologies, examining their impact on occupational safety and health and (4) provide a comprehensive and ranked bibliography about the impact of nanotechnology in the workplace. Many questions remain about the impact of nanotechnology on workers, the general public and the environment. There is no clarity in the most appropriate strategies to address or minimise the possible adverse consequences of nanotechnology on the social actors involved. While some prospects present great benefits, who can benefit from or accept the corresponding burden remains unclear. Despite the gaps in understanding the technologies and emerging knowledge, nanotechnologies may provide a unique opportunity to develop new approaches related to health and labour relations and introduce new technologies into the social fabric.

Keywords: Contamination forms, Economic aspects, Environment, Ethic, Governance, Health, Legal framework, Nanomaterial, Nanoparticle, Nanotechnology, Occupational safety and health (OSH), Review, Risk, Risk management systems, Risk perception, Safety.

1. Introduction

Nanotechnology is the latest in a long series of technologies that, according to various authors, should converge and interact among themselves to define what is conventionally called the “Little BANG” (as opposed to the “Big Bang” theory for the formation of the universe). The Bits (information technology), Atoms (in nanotechnology), Neurons (in neuroscience) and Genes (in biotechnology) comprise this “Little BANG”, which promises immense social and environmental benefits as well as increased economic development and employment, improved materials with fewer resources, environmental recovery and new forms of medical diagnosis and treatment [24].

Nanotechnology is a key technology for the 21st century [16]. Despite its importance, the potential risks of this technology for safety and health in the workplace remain relatively unknown [17]. In a recent publication [17], the European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) included nanotechnology as a major emerging risk in the workplace for which studies and research about its effects are needed.

Although the term nanotechnology is used in the singular form, the plural form would be most appropriate, as this is not a single technology but a series of technologies that vary depending on the type of material being handled. Their common feature is the scale at which they work: the nano-scale.

Kostoff [31], drawing on the Science Citation Index/Social Science Citation Index (SCI/SSCI), identified a significant increase in publications related to nanotechnology. In 1991, 11,265 total articles indexed in the cited database contained the term “nano*”, and this number rose to 64,737 in 2005. These data indicate a growing trend in two ways: the number of studies, embodied in the published articles, and the breadth of new areas of knowledge beginning to incorporate nanotechnologies. Kostoff [32] further indicated that Brazil occupied the 20th position worldwide in articles published on nanotechnology in 2005, with 932 articles. The U.S. leads the list with 14,750 articles in the same year. Ostrowski [50] also showed the U.S. published nearly four times more nano-toxicology articles than China, which appeared in second place. Brazil led Latin America in nanotechnology publications [29].

Both the potential benefits and dangers of some manufactured nanomaterials have recently been the subject of debate, as evident from the publications in the area. Linkov, quoted by Hansen, used many search terms applied to the Science Citation Index database, available through the Web of Science, and found that the number of articles on nanotechnology grew from approximately 3,000 in 1995 to over 52,000 in 2008. In this scenario, fewer than 10 studies mentioned risk in 2003, increasing to approximately 100 in 2008 [24].

Nanotechnology, probably more than any other emerging technology, has been characterised by discussion of its risks while still in its infancy. This constitutes a unique opportunity to avoid repeating mistakes made in the past [24, 4, 2].

Based on the scientific literature available, this paper intends to (1) identify the main characteristics of this new branch of knowledge, emphasising its potential risks, especially in the workplace, (2) identify the tools available and proposals for mitigating risks and their limitations, (3) characterise the current state of knowledge on nanotechnologies and their impact on occupational safety and health and (4) provide a comprehensive and ranked bibliography on the impact of nanotechnologies in the workplace.

2. Methodology

Utilising a systematic literature review [55] on the scientific basis of technical articles available on the internet, data were collected on the available documents addressing nanotechnologies and their impact and influence on safety and health in the workplace as well as the implications of this new branch of science for the work environment. The following

key words and phrases were used for searches: nanotechnologies, nanomaterials, occupational safety and health.

Accounting for the considerable number of documents obtained, a panoramic reading of these works was initiated, creating a small form for systemising the papers to identify their main focus and other areas addressed by each article. During this process, some areas of knowledge were identified as recurring in several articles, and thus, the record for each study, initially generic, began to incorporate references to the areas addressed in the work, also permitting for better volume systematisation and organisation.

This first analysis allowed for the identification of 9 areas of knowledge most relevant to ranking these documents. The authors did not simply select the areas described below, but the areas emerged from the analysed documents themselves as a means of ranking them.

Areas of knowledge about nanotechnologies identified were (1) technical and/or physical characterisations, (2) economic aspects, (3) uses and applications, (4) occupational safety and health (OSH), (5) possible health problems and forms of contamination, (6) potential ethical issues, (7) risk perception, (8) characterising the legal framework specific to nanotechnologies and (9) their relationship with the environment and community.

After identifying the 9 areas above, it was possible to develop a form to apply specifically to the set of documents collected, assigning a score for a record with considering each area of knowledge. The authors defined the scores given using the approach on each area in 4 levels. For a superficial approach, a score of 1 was assigned. When the area of knowledge was part of the document but not the main focus, a score of 2 was given. When the area of knowledge was analysed as the main focus of the document, a score of 3 was assigned. When the area of knowledge was not addressed, the document in question received a score of 0, shown in the results table (Section 8) as a blank space. As stated above, this review focused on the impact of nanotechnologies (or the risks they may have) on occupational safety and health, i.e., especially documents with a score of 3 for areas (4) and (5) and consequently area (7).

The present review did not cite all collected and ranked documents. Using the double approach hypothesis, the authors decided to directly cite the most recent document. This decision resulted in 2 large groups of documents. The first group contained documents directly cited in the present review (Section 8, references), which were selected because they focus on the subject of the present review, with an emphasis on the most recent studies.

The second group contained the studies analysed and ranked using the methodology previously described but not directly cited in the present review. These documents (Appendix A) were mentioned and included in the results to make the review more comprehensive, as the articles were actually analysed but simply not directly cited in the text. This decision did not represent any judgment about the documents in question, but it represented a choice to not directly cite all documents and their authors. For both relations (Section 8 - References and Appendix A), a number in brackets was added to the end of each citation to allow the reader to relate the document to the tables of scores shown in section 4 (results).

Because the references were ranked according to the above scores, the scores were summed to identify areas that are more prevalent than others, for both the group of documents cited in the present review and the group that was only consulted. The results section presents the document and analysis rankings.

3. Nanotechnologies and OSH

Nanotechnologies can be understood as an emerging multi-disciplinary set of techniques and knowledge involving manipulating materials on the nano-scale, i.e., material whose dimensions are measured in nanometers (nm), specifically particles smaller than 100 nm [72, 68, 66]. A nanometer is one billionth of a meter (10^{-9} m). For a comparison, a red blood cell

(erythrocyte) has an average diameter of 7,000 nm (or 7 micrometers) [72], while a strand of human hair has a thickness that can range between 10,000 and 50,000 nm [66].

The main novelty of working at the nano-scale is that materials behave differently there than at the macro scale [63]. According to ISO TC/229 [27], nanotechnology (in an open translation) is defined as one or both of the following situations.

1. Understanding and controlling material and processes on the nanoscale typically, but not exclusively, under 100 nm in one or more dimensions, where size-dependent phenomena permit new applications;
2. Utilising material properties on the nanoscale that differ from properties of individual atoms, molecules or macro-sized material to create improved materials, devices and systems that exploit these new properties.

Several other terms are associated with nanotechnology, including nanoparticles, nanomaterials, nanorisk, nanoscale, nanotoxicology, nanomedicine, nano-specific, nano-safety and nanoethics. Besides the multidisciplinary aspects, these terms indicate the basic characteristic that binds the full set: the size or scale for handling the materials.

That nanotechnology cuts across several areas of knowledge allows for many approaches for investigation. Given the focus on the impact of nanotechnology on OSH, some nanotechnology and nanomaterial characteristics are reviewed.

3.1 Technical and/or physical nanoparticle characterisation

Nanoparticles can occur [65] (1) naturally, such as those resulting from natural processes like volcanic activity, (2) incidental or anthropogenic particles created unintentionally as a by-product of human activity, such as welding fumes and particles from engine exhaust, or (3) engineered particles produced intentionally by man, which are the main subject of nanotechnology and the focus for issues involving OSH (US/DOE, 2008) and controlling the risks associated with their handling.

The main engineered nanoparticles [48] are carbon nanotubes, which are cylindrical structures formed by carbon atoms and have a diameter of 1-3 nm and length of 1,000 nm. This is probably the most widely produced and best studied nanoparticle. Nanotubes are 100,000 times thinner than a human hair and can be 60 times stronger than steel while weighing 6 times less. The Japanese researcher Sumio Iijima discovered them in the early 1990s. Fullerenes are pure carbon spheres of 60 carbon atoms (C₆₀) with a diameter of approximately 1 nm. The carbon atoms are arranged as 20 hexagons and 12 pentagons, similar to a soccer ball. Dendrimers are spherical polymeric molecules formed in a hierarchical self-organisation process. Quantum Dots are nanoparticles arranged on a semiconductor that behave like an artificial atom and may hold an electric charge. Other nanoparticles include many organic and inorganic nanoparticles, including the most relevant metallic nanoparticles (silver and gold) and oxides like TiO₂ and ZNO that are used in sunscreens and SiO₂, which is used in the plastic and rubber industries.

A previous publication [48] lists the main methods of nanoparticle synthesis and divides them into three basic categories: chemical (e.g., vapour phase reaction, sol-gel techniques, reaction by chemical co-precipitation and hydrolysis), physical (e.g., evaporation/condensation under partial pressure of inert or reactive gases, laser pyrolysis, ion irradiation, thermal plasma, and mechanical methods (e.g., mechanical activation, friction, rolling). For the present focus, the nanoparticle production method may be important, as it can impart specific characteristics related to the health risks of those who perform these processes.

3.2 Economic aspects of nanotechnologies.

The overall economic impact resulting from nanotechnology is estimated to be US\$1 trillion

annually by 2012 [49]. In 2008, the global market of products containing nanoparticles was predicted to surpass US\$150 billion dollars [48]. Another estimate puts the global value of manufactured goods incorporating nanotechnology at US\$ 2.6 trillion by 2014 [24].

Nanotechnologies are increasingly present in various segments of society [33]. According to data from Cientifica [12], the chemical sector today occupies 53% of the global market in nanotechnology, followed by semiconductors (34%), electronics (7%), defence and aerospace (3%), pharmaceuticals and health (2%) and automotives (1%). The same source estimates the global market for nanotechnology to be US\$17 billion, excluding the markets of fine chemicals and semiconductors (segments already using nanotechnology without making an explicit reference to it). However, if the sectors above are included, the value would rise to US\$135 billion. Despite difficulties in evaluating the real economic scale of nanotechnology, there is some consensus about its importance today with a trend for strong growth in the future [1].

3.3 Characterisation related to use and applications.

Nanoparticles have many applications, and new applications are discovered daily. The main application areas currently include medicine, environment, energy and consumer products [35].

In medicine, these applications are known as nanomedicine and include advances in diagnosing and treating diseases, including cardiovascular disorders, cancer, diabetes, neurodegenerative diseases and musculoskeletal disorders. Developing nanotransporters for drugs allows them to act only on affected areas, and this feature has proven particularly effective in cancer treatments [35, 42].

For the environment, nanotechnology has acted on two fronts: (1) pollution prevention using green production, green chemistry and green design and (2) environmental recovery using a group of nanomaterials applied for soil and water decontamination due to their chemical reactivity and large surface area relative to the particle volume [35].

Several studies [36, 5, 8] have been developed using nanotechnology to help build alternative energy sources. The studies' objectives include producing hydrogen from sunlight and water, cheaper and more efficient solar cells, more affordable solid-state lights and production of stronger and lighter materials to allow for constructing more economical vehicles even if they continue to use fossil fuels.

For consumer products, according to an inventory conducted in May 2008 and cited by Linkov et al. [35], 322 companies located in 22 countries manufacture 610 products that use nanomaterials. These products range from washing machines to food products.

Using nanotechnology in food products is becoming increasingly common, as observed from publications on the subject [3]. Bouwmeester et al. [3] warn of gaps in knowledge about the impact of nanoparticles on the human body. Likewise, they highlight difficulties in characterising nanoparticles known to be present and obtaining data about using these nanoparticles in food production.

3.4 Risk characterisation based on OSH issues

Nanotechnologies provide an unprecedented challenge and a unique opportunity to control risks [71]. In this context, risk assessment is based on the risk of causing harm (e.g., the toxicity or safety of the product or situation) and the likelihood of this occurring (e.g., exposure level or frequency of occurrence) [40]. A product's risk to health is thus associated with its toxicity, which depends on intrinsic characteristics of the material, the magnitude and duration of exposure, the persistence of the material in the human body and the individual susceptibility of a specific employee [49, 34]. The contamination route (e.g., respiratory, skin,

ingestion) is also an important factor for characterising materials based on OSH issues [69]. For security, the National Institute for Occupational Safety and Health [69] cites fire and explosions as major concerns when utilising nanoparticles as well as the possibility of catalytic reactions.

The problem for nanoparticles is that the risks cannot be effectively quantified in many cases, if not all [49, 47]. This uncertainty about toxicity is an important subject among scholars [23, 68, 66, 35, 71]. However, other knowledge gaps hamper risk assessment, including (1) exposure limits, (2) lack of standardised tests and methodologies for evaluation and (3) uncertainties about the mechanical characteristics of nanoparticles [35, 19].

Given the uncertainties about the impacts of nanotechnologies and nanoparticles, Linkov et al. [35] list three strategic areas to meet the needs of identifying and assessing risks: (1) evaluating external exposure (e.g., the concentration and characteristics of nanomaterials suspended in the air or liquids), (2) internal dose or concentration and its characteristics and (3) screening potential strategies. Characterising nanomaterials is important to define the risk associated with exposure. New technologies should thus be able to sustain the effort needed to generate this knowledge; however, as mentioned above, few studies consider this subject [24]. According to Wang [76], OSH studies with nanomaterials require data from many other research areas, including techniques for measurement and characterisation, emissions, exposure and toxicity, as well as controlling and reducing exposure. The same author identifies techniques and equipments to measure levels of exposure to nanomaterials in the workplace. Studies in this area still pose other unanswered questions: Are the measured levels safe? What is the best metric, if it exists, to determine exposure to nanomaterials?

The risks associated with nanotechnology are generally similar to chemical risks in their characterisations and how to control and mitigate these risks. However, nanotechnologies pose new challenges for the metrics used in their characterisation [37]. Mark [37] cited the mass, number of particles and surface area of particles as the main metrics for which equipment and methodologies are already available. Each can be measured using direct or indirect calculations.

For nanoparticle metrics, Voogd [77] argues that although there is no consensus, the nanoparticle surface area is the most important factor for dose-response studies and that this should be the factor considered to establish exposure limits.

3.5 Characterising the potential health problems and contamination forms

Exposure to nanomaterials can occur at any stage of their lifecycle, from development, manufacture and use until disposal. Currently, there are many gaps in studies on exposure to nanomaterials [65, 21]. In general, the literature available [65, 43] refers to the contamination forms described below.

3.5.1 Exposure by inhalation: Because nanoparticles are breathable and, depending on their size, can travel long distances by Brownian diffusion, inhalation is the most important contamination mechanism [16]. Epidemiological studies suggest that these particles can cause lung diseases [9] because the mechanisms for alveolar deposition and removing ultrafine particles (less than 100 nm) differ from those used for larger particles. However, there is evidence that high-efficiency commercial filters available today can provide protection [30].

3.5.2 Systematic translocation from the lung: Although not all studies are conclusive, some indicate that nanoparticles may translocate from the lungs to other organs. This becomes more critical when handling higher concentrations of these particles during manufacturing operations.

3.5.3 Neural translocation: Several studies directly support the ability of inhaled

nanoparticles to translocate through the nasal epithelium to the olfactory bulb. These nanoparticles can supposedly directly reach the brain from the olfactory bulb [23].

3.5.4 Dermal Exposure: The interaction of nanoparticles with the skin has recently received significant attention due to the increasing use of these materials in clothing, cosmetics and sunscreens. In addition to these specific uses, nanoparticles dispersed in the air tend to agglomerate, and these agglomerates tend to deposit on surfaces, which may be the skin.

3.5.5 Gastrointestinal (ingestion) exposure: Some studies have referred to absorbing nanoparticles from the gastrointestinal tract after oral exposure. As in dermal exposure, oral exposure may be an important route from the occupational and environmental perspectives. Ingesting nanoparticles may occur through contaminated food or water, swallowing inhaled particles or transfer to the mouth by the hands. In biomedical applications, nanoparticles used in medicines ingested orally can be absorbed, though the real effects of this absorption are unknown. Some effects of nanoparticle toxicity have been reported [23].

3.5.5.1 Nanoparticles can be toxic to cells *in vitro*.

3.5.5.2 Nanoparticles can be more toxic than micro-scale particles of the same material in short-term tests in animals. However, it is not a rule that nanoparticles are more toxic than similar materials of larger size [65].

3.5.5.3 Nanoparticles can translocate to other organs in the body.

3.5.5.4 Nanoparticles can enter the brain through the olfactory neurons of the nasal epithelium and olfactory bulb.

3.5.5.5 Nanoparticles can cause lung inflammation, granulomas and fibrosis in short-term tests in animals.

3.5.5.6 Nanoparticles can penetrate the skin in isolated skin trials.

As with fullerenes, TiO₂ nanoparticles have produced conflicting results in carcinogenicity tests: *in vitro* studies with nanoparticles have demonstrated TiO₂ photogenotoxicity, while *in vivo* studies have shown protection against photo-induced carcinogenesis in rats.

Another important point about the potential health risks is the health surveillance for exposed workers. There are conflicting views on the feasibility or advisability of establishing a “nano-specific” medical surveillance [45]. To implement such an action, certain factors must be considered: (1) the burden of suffering, (2) the accuracy and reliability of the analysis method(s), (3) early detection effectiveness, (4) possible harm arising from the selection and (5) whether the benefits outweigh eventual costs [45].

For nanotechnology, there are no concrete positions on any of these points to support specific nano-monitoring. However, one can argue for including nano-specific aspects in current worker medical surveillance models [45, 22, 70].

3.6 Characterisation in relation to ethical questions

Technologies, particularly revolutionary technologies, generate many ethical problems, some simple and others more complex and comprehensive [41]. Technological revolutions tend to occur in three stages: (1) introduction when its social impact is marginal and its applications and concepts are small or limited, (2) permeation when amplifying the impacts and understanding of this new area and (3) dominance when its social impact is large and widespread by its massive utilisation [41].

The revolution in information technology illustrates these phases. Computers were initially limited to research centres; in a second movement, they were acquired as oddities or toys of little use. They are finally commonplace such that, through digital inclusion, children have access to the Internet without having housing or food consistent with this situation.

With a certain frequency, the ethical issues raised by nanotechnology are compared with those arising from genetic manipulation, especially for transgenic foods [53, 41]. Some questions in

this scenario may be the following: (1) where is the boundary between the right to information and the need to preserve the trade secret? (2) who defines or establishes this limit? (3) how are the potential benefits and harms from nanotechnology distributed or supported? (4) to what point can or should people unfamiliar with the subject (general community) opine on research directions and technology applications? (5) what weight can these opinions have? (6) who fits these definitions? (7) what kind of information is offered to the public and (8) in what way? (9) how should using public resources devoted to research in emerging technologies be defined? [60, 20, 63, 52]. The ethical issue involves the unbiased determination of risks, non-maleficence, autonomy, justice, privacy and promoting respect for people [58].

In workplaces, other issues arise on the same subject [58], including (1) identifying and communicating risks by scientists, authorities and employers, (2) the freedom to accept or reject the risks by workers, (3) selecting and implementing controls, (4) establishing early detection programs and (5) investing in toxicological and vigilance studies.

3.7 Characterisation in relation to risk perception

Decades of research on risk perception has identified a series of cognitive and emotional responses that influence how individuals perceive risks. Unlike previous models of human cognition, such as logical and rational calculation, research has revealed that individuals employ mental models based on experience and emotion to assess potential risks and benefits. Although these models function well in many cases, they are particularly vulnerable when there is much uncertainty and are prone to systematic and predictable errors in this case [36].

The unknown or incomprehensible always causes concern. This is no different for nanotechnologies. This statement is confirmed in the findings of Siegrist [61], who shows that lay people understand that there is more risk in nanotechnology than experts, indicating that one should not overly trust the authorities on the subject. For the benefits of nanotechnologies, lay people and experts indicate similar perceptions.

Although there is near-consensus on the risks of nanotechnologies [53], there appears to be no effective effort to control or even understand these risks [24]. The limited knowledge about nanotechnology among the general public is generally restricted to the potential benefits and economic gains promised by these technologies. There is no clear perception of possible risks associated with the new technologies, even by some scientists [57, 28].

The concept and perception of risk inverts the currently accepted relationship between past, present and future. The past loses its power to determine the present. Until now, analyses of the causes and effects have determined actions. Society has begun to discuss and argue about facts or possibilities without historical precedent, something that has previously not happened but can occur if the direction of present actions does not change [73].

There are differences in the ways that each society (or country) perceives and understands risks [79] and the actions that each government or community adopts.

3.8 Characterising the legal framework

All governments bear, either directly or indirectly, responsibility for protecting their citizens against risks (of any kind). For nanotechnology, the knowledge gaps do not indicate the adequate regulatory frameworks. The visions of how to regulate nanomaterials vary substantially, ranging from “laissez-faire” attitudes to a total moratorium on nanoparticle research, development and commercialisation [24].

Science has been able to provide responsible authorities with regulatory information that has allowed for developing rules and regulations as well as their public justifications. However, the complexity of the risks in general and for nanomaterials makes it difficult for science to immediately provide clear answers (if it can in the future) [24].

The following questions thus arise: (1) whether nanotechnology is safe, (2) whether there is appropriate regulation in the short and long terms and (3) how much (and what) is being done to learn more about protecting the public and workers against potential environmental, health and safety risks related to nanotechnology and nanomaterials. The answers are currently the following: (1) “we do not know”, (2) “probably not” and (3) “not enough”.

Schummer [60] pose three questions: (1) is there something new about nanotechnologies that affects the regulations that exist today? (2) what is the risk management model that best fits nanotechnologies? (3) how can regulation prevent the adverse effects of nanotechnologies if we do not have enough information about these possible effects?

To address these questions, the authors provide a flexible legislation model that can walk “hand-in-hand” with technological development to adapt to the accumulating information, a challenge that opposes the current model of “permanent law”.

Hansen [24] cites some regulatory structures relevant to nanomaterials in the European Union. These include (1) REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals), (2) medical and pharmaceutical regulations, (3) food legislation and (4) guidelines for occupational safety and environmental legislation (or guidelines for trash or waste). REACH is usually not applied to nanomaterials due to the product mass required for it to be subjected to this legislation.

Some countries, including the U.K., Switzerland and the U.S., have adopted a method of voluntary reporting by companies that use nanotechnology. The response to these systems has been reluctant, with companies alleging the need to preserve trade secrets and market access [38, 36].

The European Union, the U.K., the U.S., Japan and Australia lead the discussions creating specific legislation to control nanotechnologies [5]. As the regulation in the workplace is increasingly tripartite (Convention 144 of the OIT of 1976), some authors [36, 56, 53, 54] suggest that disseminating information is the first step towards building regulatory frameworks for nanotechnologies and other emerging technologies.

This view implies constructing or developing a four-step legislation: (1) disseminating information and voluntary self-regulation, (2) enforced self-regulation, (3) mandatory regulation with discretionary punishment and (4) mandatory regulation with non-discretionary punishment [36, 7]. There is an apparent obstacle to public engagement in discussing nanotechnology regulations. It includes the absence or incapacity of the perception of the risks involved, even by the scientific community involved [54]. Other less linear models add socio-ethical questions and market interest, international standards and many other laws (e.g., OSH, health, environment, public policy) to drive creating regulatory frameworks necessary for nanotechnologies [36, 8].

3.9 Characterisation in relation to the environment and community

According to Simonet [62], nanoparticles can impact the environment by (a) a direct effect on the biota (toxicity), (2) changes in the bioavailability of toxins or nutrients, (3) indirect effects resulting from their interaction with an organic medium or (4) alterations in microstructural environments.

The Project on Emerging Nanotechnologies in the U.S. (PEN) has affirmed the need for more research about the environment and OSH, as well as more aggressive oversight and a more centralised government approach to nanotechnologies [56, 19]. The project indicates that some points should be observed about environmental, community and OSH issues, including the following:

Creating an information system for nanotechnology security (Nanosafety Reporting System), where people who work with nanotechnology could anonymously report their experience and

exchange information, thus contributing to developing indicators for emerging security issues. Creating low-cost and rapid-response early warning technology to provide risk management systems with reliable information.

Providing consistent information to small businesses, “start-ups” and laboratories about risks related to nanotechnologies and their control, as well as implementing consistent information systems across the supply chains that use nanotechnology.

Applying lessons learned from other technologies to make nanotechnology inherently safer by using strategies like protection at multiple levels, learning from failures, not oversimplifying what is complex, awareness of operations and building resilience to prevent cascading errors.

This list may also include the proposal of Grossi [22] for an epidemiological surveillance system extended to the general population and supported by systems already available [8], however, “currently there is insufficient scientific and medical evidence to recommend the specific medical screening of workers potentially exposed to engineered nanoparticles”, indicate NIOSH [70]. The system should include nano-specific locations capable of identifying possible health hazards due to exposure to nanomaterials.

Due to the scope of these issues, Sargent [56] also proposed developing international partnerships to exchange information and control issues arising from using nanotechnology. These partnerships should be responsible for creating standards for using and characterising the impact of nanotechnologies on the community and environment.

Both supporters and critics agree that the potential environmental, health and safety implications of nanotechnologies must be addressed, as the economic and social benefits of these technologies have already been demonstrated. There is also significant agreement that the current body of knowledge about how nanoscale materials may affect humans and the environment is insufficient to assess and manage potential risks [56]. Despite this opinion, Handy et al. [74] have extensively reviewed the issues related to nanoparticle ecotoxicity, concluding that the current risk assessment procedures remain useful but must be adapted to handle the nanometric scale.

3.10 Managing risks and nanotechnologies

Most current risk management systems are not prepared to handle the new challenges posed by nanotechnologies [36, 56, 13, 46].

The three most common traditional risk management models are (1) acceptable risk, (2) cost-benefit analysis and (3) viability (or the best available technology) [36]. Each model has its own characteristics that make it more suitable for specific applications. For acceptable risk, what is “acceptable” and to whom it is acceptable must be clearly defined. The viability method is restricted to industries with high risk and added value, e.g., nuclear power plants.

Cost-benefit analyses must consider ethical aspects because health and life cannot always be represented in monetary units. The precautionary principle [36, 64] indicates that prevention is better (considering uncertainty) than correction (because eventually this may not be possible). This principle is neither new nor as simple as stated here, but it appears adequate for managing risks associated with nanotechnologies.

Although apparently simple, there is no single definition for this principle, and some authors do not effectively consider it a tool for risk management because it has been presented as such as a tool for nanotechnology despite its limitations, which range from its definition to characterising the minimal necessary prevention to meeting the principles.

New technologies require new risk management models [36, 39, 59]. Two nanotechnology risk-management methods have been developed: the alternative assessment and multi-criteria decision analysis methods [78]. Linkov et al. [78] advocate a shift in focus from the current risk study to investigating solutions. Rather than seeking to determine how much risk is

acceptable for a specific nanomaterial, the new approach would use science and policy to identify alternative nanotechnologies and opportunities to reduce risk and innovation.

3.10.1 Nano-specific risk management systems

The nano-specific risk management systems can be described as follows:

a) The NanoRisk Framework (Dupont) [14] is a practical guide to risk management that has its genesis in the principle of “acceptable risk” while prescribing tests and assays to define the profiles of the nanomaterials to be controlled. Its origin and proposal make it especially applicable to large organisations [38].

b) CENARIOS® is probably the first management and monitoring system specific to nanomaterials, developed by TÜV SÜD (Munich) and the “Innovation Society”. This system uses four combined individual modules: (1) estimating and assessing risks, (2) monitoring risks, (3) management features and (4) certification. The four modules combine the recent findings of science and technology as well as social, legal and economic aspects. The system is specially designed to control complex technological risks under conditions of great uncertainty and a highly dynamic market [38].

c) Control Banding Nanotool (CB Nanotool) is a method based on the “Control Banding” methodology already used for risk assessment in the chemical industry and may be viewed as an alternative to traditional risk assessment and industrial hygiene control methods [51]. This is an essentially qualitative method, which makes it more attractive for small operations.

d) Risk Assessment of Artificial Nanoparticles (Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales-ERNA) is a proposition essentially based on conventional risk assessment methods, incorporating an uncertainty analysis to mitigate the gaps in knowledge about the effects of nanoparticles on the health of those who handle them [75].

In the absence of specific information for all nano-materials, all systems use toxicity or exposure limits set for the material on a macro scale [15].

4. Results

4.1. Document ranking results

This section presents the results for ranking the documents analysed according to the approaches to the identified knowledge areas. The objective is not to judge the papers based on the intrinsic quality of their content, but simply to rank their approaches according to the purpose of the present review.

These results only rank the method by which the articles approached the topics and not by their content. Ranking the approaches may help identify articles that focus more on a certain area. Table I shows the scores assigned to each document listed in Section 8 (references) according to the methodology presented in Section 2 (methodology), as well as the sum of these scores for a comparison between the 9 areas of knowledge.

Table I: Characterisation of the documents cited in the text (Section 8 - References) by the type of approach to the area of knowledge

Ref.	Area (section 2)									Ref.	Area (section 2)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		3	3							41	1				3				
2			2		3			1		42			3						
3	2		3		3					43	1	1		1	3				
4			1			2		3		44					2		1	3	
5								3	1	45				3	1		3		
6						2		2		46		2		1			3		2

7			1			1	1			47	2	1		2	1		3		1
8		2	2		2	2		1		48		2		3					
9				3	1					49	1	2		3					
10				1	2			3		50	1		1		3				
11		3						3		51			1	3	1		3		
12		3	3							52						3			1
13				3				2		53			1			1	3		
14				3						54			1		2		3	3	
15					2			2	2	55	Non-ranked reference (not nanotechnology)								
16	1			3	3	2		2	1	56						2		2	3
17				2						57							1		2
18	1			2						58				3		3	2		
19	1			2	2			1	2	59				3	3				
20	1							3		60					1		2	2	1
21	1			3	3				1	61							3		2
22					2					62					3				3
23	2			3	3					63		1	1			3			
24		2		3				2		64	2					1	2		
25				2				3		65					3				
26	1		1		1			3		66	2			3	3				
27	3		1						1	67					1		3		
28		1			1	1			2	68				3	2				1
29		3						1	1	69	2			3	2				
30	1		1	2	3					70				3	3				2
31	3									71		2					2		
32	3									72				2	2				
33		3							2	73				2	1	1	3	3	2
34				3						74					3				3
35			3	2	2			2	2	75				3	3				
36				3				3	1	76				3					
37				2	1			3		77	3			3					
38								3		78				3				3	
39				2	2			2		79								3	
40	1	1	2		1			2		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sum of the scores of the 78 documents (section 8)										**	36	32	31	94	78	29	67	38	41

Figure 1 shows the knowledge fields ordered by decreasing rank according to the sum of scores.

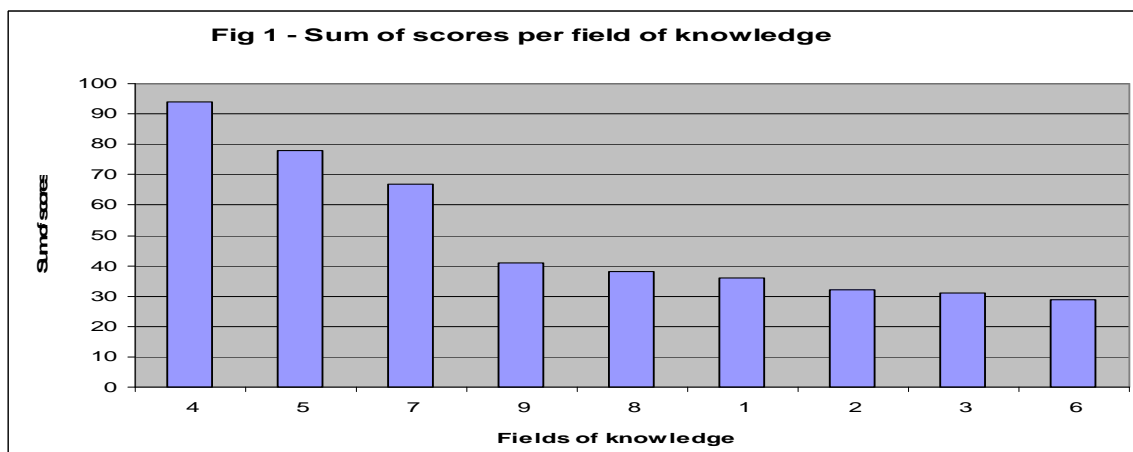


Figure I: Sum of scores per field of knowledge for the documents cited in the text

It is possible to group the fields of knowledge according to the type of approach in 3 distinct groups. The first group is represented by area 4, with a total score of 94. This result is expected because the focus of the present review is precisely the impact of nanotechnologies on occupational safety and health, i.e., the approach described in area 4.

A second intermediary group comprises area 5, with a score of 78, and area 7, with a score of 67. These areas are similar to the target of the present review, which explains the high score for this group.

The third group contains the remaining areas with more superficial approaches, e.g., 9(41), 8(38), 1(36), 2(32), 3(31) and 6(29). This finding is expected because these areas are not the focus of this review. Analysed in this way, the ranking strengthens the focus of the present review.

For spread in the areas, the difference in scores between the highest and lowest values is 65. The difference in scores between areas 4(94) and 6(29) does not indicate that less is known about area 6 than area 4 or that one is more important than the other. The difference simply indicates that the main focus of the documents analysed is area 4 and not area 6. This is expected, as the collection of these documents is based on criteria that emphasise area 4 over area 6.

Table II presents the results of the same methodology in this case applied to the 74 documents in Appendix A.

Table II: Characterisation of the documents consulted (appendix A) by the type of approach to the area of knowledge

Ref.	Area (Section 2)									Ref.	Area (Section 2)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1									3	39							3	2	2	
2	1			2	3					40				3	3					
3	2							3	2	41	2		1		3		2			
4					2			1		42				2						
5	1			1				3		43						1		3	1	
6	2			3	3					44		2								
7								1	3	45					3					
8								1	1	46						2			2	
9								1	2	47				1					3	
10	1		3							48		2		2	2					
11						1			3	49				3	3				1	
12					2		3		3	50			2		2		3			
13								3	2	51				2					3	
14									1	52									3	
15		2							3	53		2			2					
16				2					2	54						2			2	
17					2	2	2	3	3	55	1				2		3			
18				1		1			1	56	2				2					
19				3	2				2	57	1		2				2			
20		2		3				3		58	1			3	2					
21									3	59				1	2					
22	1				1			3	2	60				2						
23	1							1	1	61				2	2					
24						3	3			62					1		3	1		
25	1			1				2	3	63				3						
26	2				3				2	64	2					3			2	
27					3			2		65					2		2	1		
28					3				1	66							3	3	2	
29				2					1	67								3	2	
30						1	3		2	68		3					1			
31					1			3	2	69		2		2			2			
32								3		70							3	3		
33			3							71							3	1		
34								3		72		1						3		
35						3	3	1		73	2				3					
36								2		74		2		1	1				2	
37				2	2				2	75	3		2	2	2				2	
38								1	3	76				1						
Sum of the scores of the 76 documents (appendix A)											**	26	18	13	50	64	19	76	46	69

Figure II presents the fields of knowledge ordered by decreasing rank according to the sum of scores.

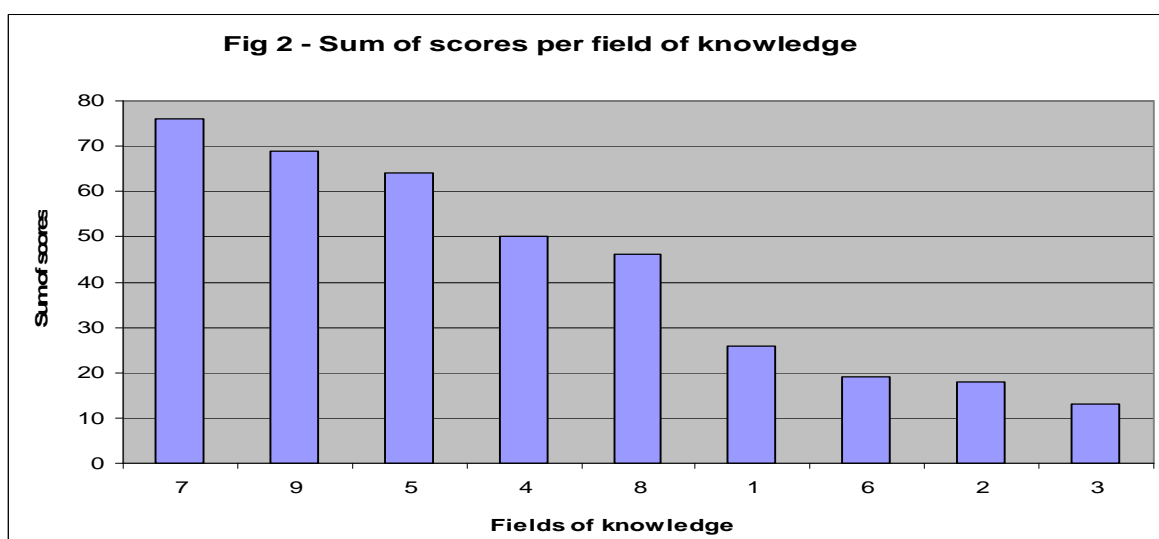


Figure II: Sum of scores per area for the documents consulted (appendix A)

The collection of the documents consulted (but not directly cited) may also be grouped into 3 groups according to the sum of scores. The first group contains 3 areas, 7 (76), 9 (69) and 5 (64), along with the main areas of focus. The second intermediate group comprises two areas, 4(50) and 8(46). The third group has 4 areas, 1(26), 6(19), 2(18) and 3(13).

Although the initial objective is to review documents that focus on nanotechnologies and OSH, a more in-depth reading indicates that not all documents focus exactly on this point. Although these documents are analysed, the text does not directly cite them. This situation explains the low score of area 4. Area 7 has received the highest score and is a subsidiary of the focus area of the present review, i.e., the collection of documents is sufficiently comprehensive in terms of other related areas.

The difference between the highest and lowest sum of scores in this case is 63, i.e., this group has a similar spread as that above it. As in the previous group, the ranking has no relationship to the quality of articles but is solely a tool for managing them.

4.2. Results for the impact of nanotechnologies on OSH (article content)

For the impacts of nanoparticles on OSH and the environment, the current state of knowledge is characterised by uncertainty and conflicting positions in some cases. Although the specific risks of many nanoparticles are not properly known, some authors are concerned with how these risks can be controlled or mitigated. The prospects for increasing nanotechnology use indicate significant ethical, social and economic implications without being clear about the best strategy for handling these issues. However, it does not seem appropriate for society to choose to act recklessly given the risks of waiting for scientific proof of the real existence and extent of the consequences of a risk.

The literature consulted suggests that dialogue and social involvement are appropriate methods of handling uncertainty, as many authors cite these points directly and others indirectly; no author (among the documents found) opposes such methods.

The form and depth of this dialogue and who are the effective interlocutors of this

discussion remains controversial, and there is probably no single response for all communities involved. Although international cooperation appears on the agenda of those who have addressed the issue of strategies for involving workers, the public, specialists and other stakeholders, such cooperation should be as diverse as the communities included.

Nanotechnologies, along with other emerging technologies, are regarded as an area that will define the 21st century, with profound economic, ethical and social implications and developments in several other areas. In contrast to concerns about their impacts, nanotechnologies are a fertile field for developing new approaches to introduce and create new technologies in our society. It thus appears that the only certainty is that there is much uncertainty.

5. Discussion

The greatest challenge for nanotechnology in OSH issues is probably to think outside the box (or handle the unknown): it should not be necessary to know (because there are more questions than answers) to obtain protection. This challenge has implications for areas ranging from engineering to law and even ethics and philosophy.

New nanoparticles are engineered daily. Toxicological studies are slow by nature, and their results will not be available for almost a decade. The same will apparently occur with nanotechnologies as has already occurred in the traditional chemical industry, where there is no effective information for many products. New approaches must be implemented such that they do not rely on knowledge about nanoparticle toxicity (traditionally) to take preventive actions [6, 44]. This should not promote disregard of toxicological studies; they should instead be encouraged because they provide important information about the effects of nanoparticles on human health and the environment.

Even if investing in nanotoxicity research comprises 10% of the total invested in research in this area (which corresponds to 10 times the current value for the U.S.), adequate characterisation of the hazards of nanoparticles may take 7 to 11 years, if only the existing nanomaterials are considered. As new materials are released every day, this is a never-ending battle [11].

It has been said that “there is no life without risk” [65]. However, one cannot wait for damage to occur and later seek to repair it, as there is no repair for the suffering, disability or death caused by contamination. There are many unanswered questions about the safety of nanomaterials [65, 42], and thus, working with uncertainty becomes appropriate.

Exposure to many chemical contaminants is measured by the mass of the contaminant compared to a portion of the mass of the environment where the contaminant is present. Based on the unique characteristics of nanoparticles, Hallock [23] suggests the possibility that the mass may not be the most appropriate way to characterise exposure to nanoparticles. As reported above, Voogd [77] considers the surface area of nanoparticles to be the most appropriate metric. This feature becomes especially important, as the measurement units for most methods to evaluate contaminants and tolerance limits are based on contaminant weights. Another possibility is to determine how to conduct risk management, as recommended by several authors [36, 14, 38, 39, 51, 25], if there is no specific method (or measurement) by which nanoparticles should be quantified (or characterised) according to their impact on health.

6. Conclusions

Given the uncertainties and knowledge gaps related to nanoparticles and their effect on workers' health, there is no consensus on how to act when facing this scenario.

The proposal for emerging technologies is to consider them dangerous and treat them

as such until studies or practical evidence demonstrate that they are harmless. The objective is not to restrict developing these technologies (though some consider this to be the case) [36], but to guide them along the path of prevention or as close as possible to this precept.

One way to consider this proposal may be expressed by the precautionary principle that, broadly speaking, can be characterised by the popular expression “better safe than sorry” [36]. Though this principle is not limited to the popular saying and is much more complex, its application a) must be anticipatory, as its name suggests; b) should be imposed when there is scientific uncertainty about potentially serious and irreversible damage (as indicated by many authors), which does not reverse the burden of proof or make those responsible for potential damages exempt from accountability; and c) impose transparency and broad information access to provide society with a participatory role in decision making [73].

Even upon adopting the control measures that the state-of-the-art makes available, unwanted and unpredictable effects may still occur because the question remains to what extent the current controls and barriers are effective for nanomaterials [40, 67].

7. Acknowledgments

We acknowledge colleagues for their support in the literature search for the project on the impacts of nanotechnologies on health and safety of workers at FUNDACENTRO and UFRGS.

8. References

- [01] ABDI-Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – Panorama da nanotecnologia no mundo e no Brasil [Brazilian Agency of Industrial Development – Panorama of nanotechnology in the world and in Brazil]. Available at: http://www.abdi.com.br/?q=system/files/Panorama_INI_Nanotecnologia_0.pdf (Accessed on: August 3, 2010).
- [02] Arch, F. E. Nanorisk Insider Report, Public Opinion 2009; Issue 1, volume 4, Feb/Mar, 1-8.
- [03] Bouwmeester, H., Dekkers, S., Noordam, M. Y., Hagens, W. I., Bulder, A. S., de Heer, C., ten Voorde, S. E., Wijnhoven, S. W., Marvin, H. J., and Sips, A. J. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production.. Regulatory toxicology and pharmacology 2009; RTP 53: 52-62.
- [04] Bowman, D., and Hodge, G. Nanotechnology: Mapping the wild regulatory frontier. Futures 2006, 38: 1060-1073.
- [05] Bowman, D.M. and Hodge, G.A. A small matter of regulation: an international review of nanotechnology regulation. The Columbia Science and Technology Law Review 2007 (www.stlr.org).
- [06] Bowman, D. M. Governing Nanotechnologies: Weaving New Regulatory Webs or Patching Up the Old? NanoEthics 2008; 2: 179-181.
- [07] Bowman, D. M., and Hodge, G. A. A Big Regulatory Tool-Box for a Small Technology. NanoEthics 2008; 2: 193-207.
- [08] Bowman, D. M., and Ludlow, K. Filling the Information Void: Using Public Registries as a Tool in Nanotechnologies Regulation. Journal of Bioethical Inquiry 2009; 6: 25-36.
- [09] Brouwer, D. H., Gijssbers, J. H., and Lurvink, M. W. Personal exposure to ultrafine particles in the workplace: exploring sampling techniques and strategies. The Annals of Occupational Hygiene 2004; 48: 439-53.
- [10] Castranova, V. The Nanotoxicology Research Program in NIOSH. Journal of Nanoparticle Research 2009; 11: 5-13.
- [11] Choi, J., Ramachandran, G., and Kandlikar, M. The Impact of Toxicity Testing Costs on Nanomaterial Regulation. Environmental Science & Technology 2009; DOI: 10.1021/es802388s; Available at: <http://pubs.acs.org> (Accessed on April 8, 2009).
- [12] Cientifica. The Nanotechnology Opportunity Report (NOR), 3th Edition London: Cientifica Ltd. June 2008.
- [13] Conti, J. A., Killpack, K., Gerritzen, G., Huang, L., Mircheva, M., Delmas, M., Harthorn, B. H., Appelbaum, R. P., and Holden, P. A. Health and Safety Practices in the Nanomaterials Workplace: Results from an International Survey. Environmental Science & Technology 2008; 42: 3155-3162. DOI: 10.1021/es702158q Available at <http://pubs.acs.org> (accessed on: April 8, 2009).

- [14] Dupont and Environmental Defense. Nano Risk Framework 2007.
- [15] EH&S Nano News 2008; Vol 3, no. 01: 1-5. Bech, B.D (editor). Available at: <http://www.ehsnanonews.com> (Accessed on: May 5, 2009).
- [16] EU-OSHA-European Agency for Safety and Health at Work, European Risk Observatory. Workplace exposure to nanoparticles 2009.
- [17] EU-OSHA- European Agency for Safety and Health at Work, European Risk Observatory. New and emerging risks in occupational safety and health 2009.
- [18] Aguar, P. and Höck, J. (European Commission). Nano- and Converging Sciences and Technologies. Proceedings of the workshop on research projects on the safety of nanomaterials: reviewing the knowledge gaps. Brussels, April 17-18, 2008.
- [19] European Commission. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Risk Assessment of Products of Nanotechnologies 2009.
- [20] FramingNano Project. A multistakeholder dialogue platform framing the responsible development of Nanosciences & Nanotechnologies. Mapping study on Regulation and governance of nanotechnologies 2009.
- [21] Germany/BAUA. Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace 2007.
- [22] Grossi, M.G. Abordagem para um sistema de vigilância epidemiológica para trabalhadores brasileiros expostos aos nanomateriais manufaturados [Approach to an epidemiological surveillance system for Brazilian workers exposed to manufactured nano-materials], Simpósio internacional Impactos das nanotecnologias sobre a Saúde dos trabalhadores e sobre o meio ambiente [International symposium on the impacts of nanotechnology on health of workers and the environment], FUNDACENTRO, São Paulo, Brazil, 2009.
- [23] Hallock, M., Greenley, P., Diberardinis, L., and Kallin, D. Potential risks of nanomaterials and how to safely handle materials of uncertain toxicity, *Journal of Chemical Health and Safety* 2009; 16: 16-23.
- [24] Hansen, S. F. Regulation and Risk Assessment of Nanomaterials – Too Little, Too Late? PhD Thesis, Technical University of Denmark, February 2009.
- [25] Helland, A., Scheringer, M., Siegrist, M., Kastenholz, H. G., Wiek, A., and Scholz, R. W. Risk Assessment of Engineered Nanomaterials: A Survey of Industrial Approaches. *Environmental Science & Technology* 2008; 42: 640-646.
- [26] Hutchison, J. E. Greener nanoscience: a proactive approach to advancing applications and reducing implications of nanotechnology. *ACS nano* 2008; 2: 395-402.
- [27] ISO-International Organization for Standardization, ISO/TC 229 – Nanotechnologies. Available at <http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=229&sort=rel&type=simple&published=on>. (Accessed on: August 02, 2010).
- [28] Invernizzi, N. Visions of Brazilian Scientists on Nanosciences and Nanotechnologies. *NanoEthics* 2008; 2: 133-148.
- [29] Kay, L., and Shapira, P. Developing nanotechnology in Latin America. *Journal of Nanoparticle Research* 2009; 11: 259-278.
- [30] Kim, S. C., Harrington, M. S., and Pui, D. Y. Experimental study of nanoparticles penetration through commercial filter media, *Journal of Nanoparticle Research* 2006; 9: 117-125.
- [31] Kostoff, R. N., Koytcheff, R. G., and Lau, C. G. Global nanotechnology research metrics. *Scientometrics* 2007; 70: 565-601. vol 3. DOI: 10.1007/s11192-007-0303-5.
- [32] Kostoff, R. N., Koytcheff, R. G., and Lau, C. G. Technical structure of the global nanoscience and nanotechnology literature. *Journal of Nanoparticle Research* 2007; 9: 701-724.
- [33] Li, X., Chen, H., Dang, Y., Lin, Y., Larson, C. A., and Roco, M. C. (2008). A longitudinal analysis of nanotechnology literature: 1976–2004. *Journal of Nanoparticle Research* 2008; 10: 3-22.
- [34] Linkov, I., Satterstrom, F. K., and Corey, L. M. Nanotoxicology and nanomedicine: making hard decisions. *Nanomedicine: nanotechnology, biology, and medicine* 2008; 4: 167-71.
- [35] Linkov, I., Steevens, J., Adlakha-Hutcheon, G., Bennett, E., Chappell, M., Colvin, V., Davis, J. M., Davis, T., Elder, A., Foss Hansen, S., Hakkinen, P. B., Hussain, S. M., Karkan, D., Korenstein, R., Lynch, I., Metcalfe, C., Ramadan, A. B., and Satterstrom, F. K. Emerging methods and tools for environmental risk assessment, decision-making, and policy for nanomaterials: summary of NATO Advanced Research Workshop, *Journal of Nanoparticle Research* 2009; 11: 513-527.
- [36] Marchant, G. E., Sylvester, D. J., and Abbott, K. W. Risk Management Principles for Nanotechnology, *NanoEthics* 2008; 2: 43-60.
- [37] Mark, D. Occupational Exposure to Nanoparticles and Nanotubes. *Issues in Environmental Science and Technology* 2007; 24: 50-80.
- [38] Matthieu, J. (2008). Nanoparticles: Aspects of Safety and Risk Management. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 2008; 3: 308-311.

- [39] Maynard, A.D. A Research Strategy for Addressing Risk. Woodrow Wilson Institute. Project on Emerging Nanotechnologies 2006.
- [40] Maynard, A. D. Nanotechnology: the next big thing, or much ado about nothing? *The Annals of occupational hygiene* 2007; 51: 1-12.
- [41] Moor, J. H. Why We Need Better Ethics for Emerging Technologies. *Ethics and Information Technology* 2005; 7: 111-119.
- [42] Murashov, V. Occupational exposure to nanomedical applications. *Safety and Health* 2009; 1: 203-213.
- [43] Murashov, V., and Howard, J. (2007). Biosafety, Occupational Health and Nanotechnology, *Applied Biosafety* 2007, vol.12, no. 3: 158-167.
- [44] Nanoaction. Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials, Technology 2007.
- [45] Nasterlack, M., Zober, A., and Oberlinner, C. (2008). Considerations on occupational medical surveillance in employees handling nanoparticles. *International archives of occupational and environmental health* 2008; 81: 721-726.
- [46] Ok, Z. D., Isaacs, J. A., and Benneyan, J. C. Probabilistic and Monte Carlo Risk Models for Carbon Nanomaterial Production Processes. *Chemical Vapor Deposition* 2008.
- [47] Osman, T. M. (2008). Environmental, Health, and Safety Considerations for Producing Nanomaterials. *JOM* 2008; 14-7.
- [48] Ostiguy, C., Roberge, B., Menard, L., and Endo, C. A. A good practice guide for safe work with nanoparticles: The Quebec approach, *Journal of Physics: Conference Series* 151, 012037. 2009.
- [49] Ostiguy, C., Roberge, B., Ménard, L., and Endo, C. Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management – Report R-599, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Québec, Canada. 2009.
- [50] Ostrowski, A. D., Martin, T., Conti, J., Hurt, I., and Harthorn, B. H. Nanotoxicology: characterizing the scientific literature, 2000–2007, *Journal of Nanoparticle Research* 2009; 11: 251-257.
- [51] Paik, S. Y., Zalk, D. M., and Swuste, P. Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures. *The Annals of occupational hygiene* 2008; 52: 419-28.
- [52] Petersen, A. Introduction: The Ethical Challenges of Nanotechnologies. *Journal of Bioethical Inquiry* 2009; 6: 9-12.
- [53] Petersen, A., and Anderson, A. A Question of Balance or Blind Faith? Scientists' and Science Policymakers' Representations of the Benefits and Risks of Nanotechnologies. *NanoEthics* 2007; 1: 243-256.
- [54] Powell, M. C., Griffin, M. P., and Tai, S. Bottom-up risk regulation? How nanotechnology risk knowledge gaps challenge federal and state environmental agencies. *Environmental management* 2008; 42: 426-43.
- [55] Sampaio, R.F. & Mancini, M.C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica [Systematic review studies: a guide for careful synthesis of scientific evidence]. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 2007; v. 11, n. 1: 83-89.
- [56] Sargent, J. F. Nanotechnology and Environmental, Health, and Safety: Issues for Consideration. CRS Report for Congress Order Code RL34614. 2008.
- [57] Scheufele, D. A., and Lewenstein, B. V. The Public and Nanotechnology: How Citizens Make Sense of Emerging Technologies. *Journal of Nanoparticle Research* 2005; 7: 659-667.
- [58] Schulte, P. A., and Salamanca-Buentello, F. Ethical and Scientific Issues of Nanotechnology in the Workplace. *Environmental Health Perspectives* 2006; 12(5): 1319-1332.
- [59] Schulte, P., Geraci, C., Zumwalde, R., Hoover, M. and Kuempel, E. Occupational Risk Management of Engineered Nanoparticles. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2008; 5: 239-249.
- [60] Schummer, J. and Pariotti, E. (2008). Regulating Nanotechnologies: Risk Management Models and Nanomedicine. *NanoEthics* 2008; 2: 39-42.
- [61] Siegrist, M., Keller, C., Kastenholz, H., Frey, S. and Wiek, A. Laypeople's and experts' perception of nanotechnology hazards. *Risk analysis* 2007; 27: 59-69.
- [62] Simonet, B. M., and Valcarcel, M. Monitoring nanoparticles in the environment. *Analytical and bioanalytical chemistry* 2009; 393: 17-21.
- [63] Sparrow, R. The Social Impacts of Nanotechnology: an Ethical and Political Analysis. *Journal of Bioethical Inquiry* 2009; 6: 13-23.
- [64] Stebbing, M. Avoiding the Trust Deficit: Public Engagement, Values, the Precautionary Principle and the Future of Nanotechnology. *Journal of Bioethical Inquiry* 2009; 6: 37-48.
- [65] Stern, S. T. and McNeil, S. E. Nanotechnology safety concerns revisited. *Toxicological sciences* 2008; 101: 4-21.
- [66] Texas A&M Engineering. Interim Guideline for Working Safely with Nanotechnology 2005; 1-11. Available at: http://engineering.tamu.edu/safety/guidelines/Nanotechnology/NANO_SafeGuideline.pdf

- (Accessed on April 04, 2009).
- [67] Tsai, C., and Pui, D. Y. Editorial. *Journal of Nanoparticle Research* 2009; 11: 1-4.
- [68] US/Department of Energy/DOE. Approach to Nanomaterial ES&H, revision 3a 2008. Available at: http://www.sc.doe.gov/bes/doe_nsre_approach_to_nanomaterial_esh.pdf (Accessed on April 4, 2009).
- [69] US/Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention/ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Approaches to Safe Nanotechnology 2009. Available at: <http://www.cdc.gov/niosh> (accessed on April 4, 2009).
- [70] US/Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention/ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Current Intelligence Bulletin 60, Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles 2009. Available at: <http://www.cdc.gov/niosh> (Accessed on April 4, 2009).
- [71] Wardak, A., Gorman, M. E., Swami, N., and Deshpande, S. Identification of Risks in the Life Cycle of Nanotechnology-Based Products. *Journal of Industrial Ecology* 2008; 12: 435-448.
- [72] Warheit, D. B., Sayes, C. M., Reed, K. L., and Swain, K. A. Health effects related to nanoparticle exposures: environmental, health and safety considerations for assessing hazards and risks. *Pharmacology & therapeutics* 2008; 120: 35-42.
- [73] Berger Filho, A. G. Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco 2010 [Nanotechnology and the precautionary principle in the society of risk 2010]. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, 72, [Internet]. Available at http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084 (Accessed on April 4, 2012).
- [74] Handy, R.D., Cornelis, G., Fernandes, T., Tsyusko, O., Decho, A., Sabo-Attwood, T., Metcalfe, C., Steevens, J.A., Klaine, S.T., Koel,ans, A.A. and Horne, N. Ecotoxicity Test Methods for Engineered Nanomaterials: Practical Experiences and Recommendations from the Bench. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2012; vol. 31, 1: 15-31. DOI 10.1002/etc.706.
- [75] Anton, J.M.N. La Nanotoxicología y la Evaluación del riesgo de las nanopartículas artificiales la Salud [Nanotoxicology and Risk Assessment of the NA and Health]. *Seguridad y Medio Ambiente* 2009; 114: 6-16.
- [76] Wang, J. Asbch, C., Fissan, H., Hülser, T., Kuhlbusch, T.A.J., Thompson, D., and Pui, D.Y.H. (2011). How can nanobiotechnology oversight advance science and industry: examples from environmental, health, and safety studies of nanoparticles (nano-EHS). *J Nanopart Res* 2011; 13: 1373-1387, DOI 10.1007/s11051-011-0236-z.
- [77] Voogd, E. Nano particles: Surface area as the metric in risk assessment. Master thesis, Utrecht University, Faculty of Medicine, Utrecht, The Netherlands, 2010
- [78] Linkov, I., Satterstrom, F. K., Monica Jr., J.C., Hansen, S.F. and Davis, T.A. Nano Risk Governance: Current Developments and Future Perspectives, *Nanotechnology Law & Business* 2009; 203: 203-220.
- [79] Kanerva, M. Assessing risk discourses: Nano S&T in the Global South. Master Thesis. United Nations University; Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology, Working Paper Series 2009-063, Maastricht, The Netherlands, 2009.

Appendix A – Other documents on the subject

- [01] Bainbridge, W. S. Sociocultural meanings of nanotechnology: research methodologies. *Journal of Nanoparticle Research* 2004; 6: 285–299.
- [02] Balbus, J. M., Maynard, A. D., Colvin, V. L., Castranova, V., Daston, G. P., Denison, R. A., Dreher, K. L., Goering, P. L., Goldberg, A. M., Kulinowski, K. M., Monteiro-riviere, N. A., Oberdörster, G., Omenn, G. S., Pinkerton, K. E., Ramos, K. S., Rest, K. M., Sass, J. B., Silbergeld, E. K., and Wong, B. A. Meeting report: hazard assessment for nanoparticles - report from an interdisciplinary workshop. *Environmental health perspectives* 2007; 115: 1654-9.
- [03] Balshaw, D. M., Philbert, M., and Suk, W. A. Forum series Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part III: Nanoscale Technologies for Assessing Risk and Improving Public Health, *Toxicological Sciences* 2005; 88(2): 298–306. DOI:10.1093/toxsci/kfi312 88, 298-306.
- [04] Bijker, W. E., Beaufort, I. D., Berg, A., Borm, P. J., Oyen, W. J., Robillard, G. T., and Dijk, H. F. A response to 'Nanotechnology and the need for risk governance', O. Renn & M.C. Roco, 2006. *J. Nanoparticle Research* 2007; 8(2): 153–191 and *J. Nanoparticle Research* 2007; 9: 1217-1220.
- [05] Boccuni, F., Rondione, B., Petyx, C., and Lavicoli, S. Potential occupational exposure to manufactured nanoparticles in Italy. *Journal of Cleaner Production* 2008; 16: 949-956.
- [06] British Standards. PD6699-2:2007. Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials. 2007.

- [07] Burri, R. V., and Bellucci, S. Public perception of nanotechnology, *Journal of Nanoparticle Research* 2008; 10: 387-391.
- [08] Byko, M. Preparing for the Unknown: Anticipating the Consequences of Nanotechnology. *JOM* October 2004; End notes.
- [09] Calster, G. Risk Regulation, EU Law and Emerging Technologies: Smother or Smooth? *NanoEthics* 2008; 2: 61-71.
- [10] Chiari, G., Giustetto, R., Druzik, J., Doehne, E., and Ricchiardi, G. Pre-columbian nanotechnology: reconciling the mysteries of the maya blue pigment. *Applied Physics* 2007; A 90: 3-7.
- [11] Cobb, M. D., and Macoubrie, J. Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust. *Journal of Nanoparticle Research* 2004; 6: 395-405.
- [12] Crane, M., Handy, R. D., Garrod, J., and Owen, R. Ecotoxicity test methods and environmental hazard assessment for engineered nanoparticles. *Ecotoxicology* 2008; 17: 421-37. DOI 10.1007/s10646-008-0215-z.
- [13] Davies, J. C. Managing the Effects of Nanotechnology. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Project on Emerging Nanotechnologies 2008.
- [14] Demajorovic, J. Sociedade de risco e a evolução das abordagens de gestão socioambiental. [Risk society and the evolution of social and environmental management approaches]. Faculdade SENAC 2007, São Paulo, Brazil.
- [15] Dorbeck-Jung, B. R. What can Prudent Public Regulators Learn from the United Kingdom Government's Nanotechnological Regulatory Activities? *NanoEthics* 2007; 1: 257-270.
- [16] European Agency for Safety and Health at Work. Report Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health 2009.
- [17] European Trade Union Confederation (ETUC). Resolution on nanotechnologies and nanomaterials 2008.
- [18] Fernandes, M.F. e Filgueiras, C.A. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios) [A panorama of nanotechnology in Brazil (and its macro-challenges)], *Química Nova* 31 2008; 8: 2205-2213.
- [19] Mark, D. Report of Presentations at Plenary and Workshop Sessions and Summary of Conclusions. First International Symposium on Occupational Health Implications of Nanomaterials. Nanomaterials – a risk to health at work? Derbyshire, UK, October 12–14, 2004.
- [20] Friedrichs, S., and Schulte, J. Environmental, health and safety aspects of nanotechnology—implications for the R&D in (small) companies. *Science and Technology of Advanced Materials* 2007; 8: 12-18.
- [21] Gibbons, M. How to identify research groups using publication analysis: an example in the field of nanotechnology. *Scientometrics* 2006; 66: 365-376.
- [22] Gould, P. Nanomaterials face control measures. *Nanotoday* 2008; 1: 34-39.
- [23] Grossman, J. *Nanotechnology: Risks, Ethics and Law*. London: Earthscan 2006. 296 pp. and *NanoEthics* 2008; 2: 99-100.
- [24] Grunwald, A. Nanotechnology – A New Field of Ethical Inquiry? *Science and Engineering Ethics* 2005; 11: 187-201.
- [25] Helland, A., Kastenholz, H., Thidell, A., Arnfalk, P., and Deppert, K. Nanoparticulate materials and regulatory policy in Europe: An analysis of stakeholder perspectives. *Journal of Nanoparticle Research* 2006; 8: 709-719.
- [26] Helland, A., Wick, P., Koehler, A., Schmid, K., and Som, C. Reviewing the environmental and human health knowledge base of carbon nanotubes. *Environmental health perspectives* 2007; 115: 1125-31.
- [27] Holsapple, M. P., Farland, W. H., Landry, T. D., Carter, J. M., Walker, N. J., and Thomasjjj, K. V. Forum Series Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials. Part II: Toxicological and Safety Evaluation of Nanomaterials. Current Challenges and Data Needs. *Toxicological Sciences* 2005; 88: 12-17.
- [28] Hoyt, V. and Mason, E. Nanotechnology Emerging health issues, *Journal of Chemical Health and Safety* 2008; 15: 10-15.
- [29] International Council on Nanotechnology (ICON). A Review of Current Practices in the Nanotechnology Industry (phase two report: survey of current practices in the nanotechnology workplace). November 13, 2006.
- [30] Kahan, D. M., Gastil, J., Slovic, P., Research, D., Cohen, G., Braman, D., and Kysar, D. Report: Biased Assimilation, Polarization, and Cultural Credibility: An Experimental Study of Nanotechnology Risk Perceptions. *University of Chicago Law Review*. 2008.
- [31] Katao, K. Nanomaterials may call for a reconsideration of the present Japanese chemical regulatory system. *Clean Technologies and Environmental Policy* 2006; 8: 251-259.
- [32] Keller, K. H. Nanotechnology and society. *Journal of Nanoparticle Research* 2006; 9: 5-10.
- [33] Klimonskii, S. O. Nanomeeting-2005: Key issues in nanotechnology and nanomaterials. *Inorganic Materials* 2006; 42: 456-457.

- [34] Kuzma, J. Moving forward responsibly: Oversight for the nanotechnology-biology interface, *Journal of Nanoparticle Research* 2006; 9: 165-182.
- [35] Kuzma, J., and Besley, J. C. Ethics of Risk Analysis and Regulatory Review: From Bio- to Nanotechnology. *NanoEthics* 2008; 2: 149-162.
- [36] Kuzma, J., Paradise, J., Ramachandran, G., Kim, J., Kokotovich, A., and Wolf, S. M. An integrated approach to oversight assessment for emerging technologies. *Risk Analysis* 2008; 28: 1197-220.
- [37] Lindberg, J.E. and Quinn, M.M. Research brief – A survey of environmental, health and safety risk management information needs and practices among nanotechnology firms in the Massachusetts region. Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2007.
- [38] Ludlow, K. Nanoregulation-Filtering Out the Small Stuff. *NanoEthics* 2008; 2: 183-191.
- [39] Macoubrie, J., and Advisor, S. Informed public perceptions of nanotechnology and trust in government. Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2005.
- [40] Maynard, A. D. Nanotechnology: assessing the risks. *Nanotoday* 2006; 2: 22-33.
- [41] Maynard, A. D. and Kuempel, E. D. (2005). Airborne Nanostructured Particles and Occupational Health. *Journal of Nanoparticle Research* 2005; 7: 587-614.
- [42] Maynard, A. D., and Pui, D. Y. Nanotechnology and occupational health: New technologies – new challenges. *Journal of Nanoparticle Research* 2006; 9: 1-3.
- [43] Meili, C. Nano Regulation. Report A multi-stakeholder-dialogue-approach towards a sustainable regulatory framework for nanotechnologies and nanosciences. The Innovation Society. 2006.
- [44] Morachevskii, A. G., and Beloglazov, I. N. / Poole, C.P., Jr. and Owens, F.J., Introduction to Nanotechnology. *Russian Journal of Applied Chemistry* 2006; 79:, 1213-1214.
- [45] Fauss, M.K. Risk analysis of nanotechnology through expert elicitation: a silver nanotechnology case study. Master Thesis, University of Virginia, Charlottesville/VA, US, August 2008.
- [46] Nordmann, A. Report Converging Technologies (Nano-Bio-Info-Cogno-Socio-Anthro-Philo-Geo-Eco-Urbo-Orbo-Macro-Micro-Nano) – Shaping the Future of European Societies. European Commission Research. 2004.
- [47] Oberdörster, E., Larkin, P. and Rogers, J. Rapid Environmental Impact Screening For Engineered Nanomaterials: A Case Study Using Microarray Technology. Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2006
- [48] Ok, Z. D., Benneyan, J. C., and Isaacs, J. A. Risk Analysis Modeling of Production Costs and Occupational Health Exposure of Single-Wall Carbon Nanotube Manufacturing. *Journal of Industrial Ecology* 2008; 12: 411-434.
- [49] Osteguy, C. and Luc, M. Report R-470 - Actual Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) - Quebec/Canada. 2006.
- [50] Ostertag, K., and Husing, B. Identification of starting points for exposure assessment in the post-use phase of nanomaterial-containing products. *Journal of Cleaner Production* 2008; 16: 938-948.
- [51] Owen, R., and Depledge, M. Nanotechnology and the environment: risks and rewards. *Marine pollution bulletin* 2005; 50: 609-12.
- [52] Paddock, L.C. Green governance: building the competencies necessary for effective Environmental management. The George Washington University Law School Public Law and Legal Theory Working-paper no. 441. 2008.
- [53] Powell, M. C., and Kanarek, M. S. Nanomaterial Health Effects—Part 2: Uncertainties and Recommendations for the Future. *Wisconsin Medical Journal* 2006; issue 3; 105: 18-24.
- [54] Powell, M. C., and Kanarek, M. S. Nanomaterial Health Effects—Part 1: Background and Current Knowledge, *Wisconsin Medical Journal* 2006; issue 2; 105: 16-20.
- [55] Priestly, B. G., Harford, A. J., and Sim, M. R. Nanotechnology: a promising new technology — but how safe?, *Nano Today* 2007; 186: 187-188.
- [56] Pui, D. Y., Qi, C., Stanley, N., Oberdörster, G., and Maynard, A. Recirculating air filtration significantly reduces exposure to airborne nanoparticles. *Environmental health perspectives* 2008; 116: 863-866.
- [57] Renn, O., and Roco, M. C. Nanotechnology and the need for risk governance. *Journal of Nanoparticle Research* 2006; 8: 153-191.
- [58] Roller, M. Carcinogenicity of inhaled nanoparticles. *Inhalation Toxicology* 2009; 21: 144-157.
- [59] Seaton, A. Nanotechnology and the occupational physician., *Occupational medicine* 2006 (Oxford, England); 56: 312-6.
- [60] Shinohara, N., Kobayashi, N., and Ogura, I. Development of Risk Assessment Documents of Manufactured Nanomaterials. *Science And Technology* 2010; 1-4.
- [61] Silva, G.F. Nanotecnologia: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz

- cerâmica [Nanotechnology: assessment and analysis of impacts on occupational health and worker safety in handling, synthesis and incorporation of nano-materials in refractory ceramic matrix composites]. Monograph, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brazil, 2008.
- [62] Sng, J., and Koh, D. (2008). Nanocommentary: Occupational and environmental health and nanotechnology-what's new? *Occupational medicine* 2008 (Oxford, England); 58: 454-5.
- [63] Stanford Linear Accelerator Center. Nanomaterial Safety Plan. 4 August 2008 (updated 23 September 2008).
- [64] Sweeney, A. E. Social and Ethical Dimensions of Nanoscale Science and Engineering Research. *Science and Engineering Ethics* 2006; 12: 435-464.
- [65] Takemura, M. Japan's engagement in health, environmental and societal aspects of nanotechnology. *Journal of Cleaner Production* 2008; 16: 1003-1005.
- [66] National Research Council of The National Academies. Review of Federal Strategy for Nanotechnology-Related Environmental, Health, and Safety Research. Available at: <http://www.nap.edu/catalog/12559.html> (Accessed on July 12, 2010).
- [67] Thomas, K., Aguar, P., Kawasaki, H., Morris, J., Nakanishi, J., and Savage, N. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part VIII: International efforts to develop risk-based safety evaluations for nanomaterials. *Toxicological sciences* 2006; 92: 23-32.
- [68] Thomas, K., and Sayre, P. (2005). Forum Series Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part I: Evaluating the Human Health Implications of Exposure to Nanoscale Materials. *Research Strategies* 2005; 87: 316-321.
- [69] Tsuji, J. S., Maynard, A. D., Howard, P. C., James, J. T., Lam, C., Warheit, D. B., and Santamariak, A. B. (2006). FORUM SERIES Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles. *Toxicological sciences* 2006; 89(1): 42-50.
- [70] Tyshenko, M. G., and Krewski, D. A risk management framework for the regulation of nanomaterials. *International Journal Nanotechnol* 2008; 5: 143-160.
- [71] Walsh, S., Balbus, J., Denison, R., and Florini, K. Nanotechnology: getting it right the first time. *Journal of Cleaner Production* 2008; 16: 1018-1020.
- [72] Wardak, A., Gorman M.E., Swami, N. and Rejeski, D. Environmental Regulation of Nanotechnology and the TSCA, *IEEE Technology And Society Magazine* 2007; summer: 48-56.
- [73] Warheit, D. B. Emerging Technology (Nanomaterials). Presentation at DuPont Haskell Laboratory, November 17, 2004.
- [74] Geibler, J., Wisniewski, J., Türk, V. and Wallbaum, H. Governing new technologies towards sustainability: international organisations and social indicators. Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change "International Organisations and Global Environmental Governance", Berlin, Germany, December 2-3, 2005.
- [75] Klaine, S.J., Koelmans, A.A., Horne, N., Carley, S., Handy, R.D., Kapustka, L., Nowack, B. and Kammer, F. Paradigms to Assess the Environmental Impact of Manufactured Nanomaterials, *Environmental Toxicology and Chemistry* 2012; Volume 31, Issue 1: 3-14. DOI: 10.1002/etc.733.
- [76] Matsui, Y., Hayashi, T., Miyaoi, K., Tomobe, H., Kajikawa, Y., Matsushima, K. and Yamaguchi, Y. Visualization of nano risk research field to clarify domains year by year. *Journal of Physics* 2009; Conference Series 170. DOI 10.1088/1742-6596/170/1/012033.

Appendix B – Some internet sites related to the impacts of nanotechnologies on OSH

- IMPART: Improving the understanding of the impact of nanoparticles on human health and the environment. <http://www.impart-nanotox.org/>
- CANAPE: Carbon Nanotubes for Applications in Electronics, Catalysis, Composites and Nano-Biology. <http://www.canapeweb.com/>
- Particle-Risk: Risk Assessment for Particle Exposure. http://www.iom-world.org/research/particle_risk.php
- NANOTRANSPORT: Comportamento de aerossóis dispersos na atmosfera pela manufatura de nanopartículas (estudo pré-normativo) [Behavior of aerosols dispersed into the atmosphere by the manufacture of nanoparticles (pre-normative study)]. <http://research.dnv.com/nanotransport/>
- NanoCap: <http://www.nanocap.eu/>
- Dipna: Development of an integrated platform for nanoparticle analysis to verify their possible toxicity and eco-toxicity. <http://dipna.eu/>
- NanoInteract: <http://www.nanointeract.net/>
- NANOSH: Inflammatory and genotoxic effects of engineered nanomaterials.

- <http://www.ttl.fi/Internet/partner/Nanosh/>
- CellNanoTox: Cellular Interaction and Toxicology with Engineered Nanoparticles. <http://www.fp6-cellnanotox.net/index.html>
 - NANOSAFE: <http://www.nanosafe.org/>
 - NanoImpactNet: The European Network on the Health and Environmental Impact of Nanomaterials. <http://www.nanoimpactnet.eu/>
 - NanoTEST: Development of methodology for alternative testing strategies for the assessment of the toxicological profile of nanoparticles used in medical diagnostics. <http://www.nanotest-fp7.eu/>
 - Nanowerk (scientific paper deposit). <http://www.nanowerk.com/>
 - Germany's strategy on chances and risks in nanotechnology. www.nanopartikel.info
 - INOS: Evaluation of health risks of nanoparticles. www.nanotox.de
 - TRACER: Toxicology and Health Risk Assessment of Carbon Nanomaterials. www.nano-tracer.de
- Source of the sites above: European Commission [18]
- International Council on Nanotechnology. <http://icon.rice.edu>
 - National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Nanotechnology Page. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/>
 - National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN). <http://www.nnin.org/>
 - National Center for Biotechnology Information (NCBI). <http://www.ncbi.nlm.gov/entrez>
 - Woodrow Wilson International Center for Scholars. Project on Emerging Nanotechnologies. <http://www.nanotechproject.org>
- Source of the sites above: Hallock [23] and Castranova [10]
- US - National Nanotechnology Initiative (NNI). <http://www.nano.gov/>
 - The European Project NanoCode: a multistakeholder dialogue providing inputs to implement the European Code of Conduct for Responsible Nanosciences & Nanotechnologies Research. <http://www.nanocode.eu>
 - OECD: Safety of Manufactured Nanomaterials. <http://www.oecd.org>
 - US - Centre for Responsible Nanotechnology. <http://www.crnano.org/>
 - US - National Science Foundation - Nanotechnology. <http://www.nsf.gov/eng/general/publicdoc/nanotechnology.jsp>
- Source of the sites above: FramingNano Report [20])
- Nanorisk - A constructive contribution to the responsible development and use of engineered nanomaterials. <http://www.nanorisk.org>
- Source of the sites above: Nanorisk: <http://www.nanorisk.org/> (Sep. 20, 2010)
- Nano Archive – The Nano Archive is an open access repository of nanoscience publications and aims to facilitate nano research in different world regions. Publications about “Risk > Environment, health and safety aspects of nanotechnology” can be found in: <http://www.nanoarchive.org/view/subjects/HA.html>.
- Source of the sites above: Nano Archive: <http://www.nanoarchive.org/> (Apr. 12, 2012)
- Other sites
- Australia nanosfe. <http://www.rmit.edu.au/NANOSAFE>
 - Nanosafe Inc. <http://www.nanosafeinc.com/>
 - Rede de pesquisa em nanotecnologia, sociedade e meio ambiente (RENANOSOMA) [Network of research in nanotechnology, society and the environment]. <http://nanotecnologia.iv.org.br/portal>
 - FUNDACENTRO (Ministério do Trabalho e Emprego [Ministry of Labor and Employment]) – Nanotecnologia: Impactos na saúde dos trabalhadores e meio ambiente [Nanotechnology: Impact on the health of workers and the environment]. www.fundacentro.gov.br/index.asp?D=NANO
 - EH&S Nano News (Gradient Corporation). <http://www.ehsnanonews.com> [10].
 - Nanoaction – A Project of the International Center for Technology Assessment. <http://www.nanoaction.org> [44].
 - ACS Nano Publications. <http://www.acsnano.org> [26].
 - Nanotecnologia, Sociedade & Desenvolvimento [Nanotechnology, Society & Development]. www.nanosociedade.com.br
 - Good Nano Guide: <http://goodnanoguide.org>
 - Nano Werk: <http://www.nanowerk.com/>

APÊNDICE E – Versão publicada do artigo**Título do artigo**

Proposals for risk management in nanotechnology activities

Dados da publicação

Artigo apresentado no

International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO2013)

Guimarães – Portugal - 14 e 15 de Fevereiro de 2013

Publicado em versão resumida no SHO Proceedings Book

Publicado em versão completa como capítulo do livro

Occupational Safety and Hygiene - SHO 2013(páginas 573-578)

Editado pela Sociedade Portuguesa de Segurança e Higiene Ocupacionais (SPOSHO)

Publicado por CRC Press/Balkema (Taylor & Francis Group)

ISBN: 978-138-00047-6

ISBN: 978-0-203-72965-6 (eBook)

ARTIGOS DERIVADOS

Gestão de riscos em atividades de nanotecnologias: propostas e ações. XXXIII Encontro nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2013). Salvador/BA, 08 a 11 de outubro de 2013 (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

Análise de algumas propostas para a gestão de riscos em atividades com nanomateriais. X Seminário Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – X SEMINANOSOMA, São Paulo/SP, de 14 a 18 de outubro de 2013. Apresentação sob a forma de pôster (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

Análise de algumas propostas para a gestão de riscos em atividades com nanomateriais. X Semana da Pesquisa da Fundacentro, São Paulo/SP, 21 a 23 de outubro de 2013.

Apresentação sob a forma de pôster (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

Análise de propostas de gestão de riscos em ambientes com atividades envolvendo nanomateriais. Submetido e aprovado para publicação na Revista Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência e Tecnologia. (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

PROPOSALS FOR RISK MANAGEMENT IN NANOTECHNOLOGY ACTIVITIES

1. INTRODUCTION

The handling of nanomaterials presents great challenges for risk management. Although nanotechnologies are increasingly involved in research and in the production of new materials, data are lacking regarding the impacts of these new materials on human health and the environment.

In the context of this uncertainty, considerable effort has been devoted to mitigate the difficulties and to provide guidelines for managing the health risks associated with nanomaterials. In the literature, different approaches have been reported to assess and manage these risks (Ostiguy et. al. 2009, Andrade & Amaral, 2012, Paik et. al. 2008, Höck J. et. al. 2012, among others). Paik et al. (2008) have noted that the traditional Occupational Hygiene (OH) approach for controlling the exposure risk due to the inhalation of dangerous particles is based on (i) the representative sampling of the air breathed by the worker, (ii) determining the concentration of the contaminant in the samples collected and (iii) knowing the exposure limits for the contaminant.

The premises mentioned above for the OH approach are difficult to adopt when the contaminant is composed of nanoparticles because of the knowledge gaps concerning various aspects of these materials, such as the metric that best represents the danger of contamination, the contamination levels and the exposure limits, as defined by Paik et al. (2008).

Brouwer (2012) compared various approaches to understand the complexity of the problem and the various associated objectives and structures. In the present study, we deduce that the difficulties involved in working with nanomaterials are related to the metrics used to characterise the danger and the exposure limit.

The work of Brouwer (2012) was based primarily on proposals that employed the Control Banding (CB) method, which is an approach derived from an initiative of the UK Health and Safety Executive of 1999, titled "Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Essentials Model". The CB method is a plausible alternative to the traditional OH approach that allows the previously described barriers to be overcome. The CB can be used in situations in which the data about the dangers and exposure limit are scarce. Both the danger and exposure limit factors can be defined in a qualitative manner (not necessarily quantitative) to assign ranges (or risk levels) for each of which control actions would be suggested. Thus, the present paper seeks to provide a broad and comparative view of 17 proposals present in the literature, which were analysed based on their major features.

2. METHODOLOGY

We analysed 17 studies with the common and basic goal of managing the safety risks and health at work associated with nanomaterials. Based on the examined proposals, we developed a comprehensive list of strategies and actions that were components of the proposals. This list formed the basis for creating a table to compare the various reports, which indicates the presence or absence of these actions and strategies or, in certain cases, a reference to strategies described in a general or implied manner. At the same time, each proposal was briefly described, noting their main differences from the others.

The studies analysed were initially categorised into the following three groups according to their primary focus: 1) strategic approaches that define the general "what to do" (the strategy) and not the "how to do it" (the actions), 2) methodological approaches that provide strategies along with a practical set of actions to control the risks from nanomaterials and 3) pragmatic approaches that primarily define "how to do it" (the actions). The last group contains the tools involved in the "focus on bands or ranges control" method (Control Banding approaches) described by Brouwer (2012).

Both the strategies and actions were grouped according to the basic principles listed for overseeing nanotechnologies, and these principles were defined by the "International Center for Technology Assessment - ICTA" (2007). These principles are defined as those required for the regulation of activities involving nanomaterials and are as follows: 1) the precautionary principle, 2) compulsory nano-specific regulation, 3) health and safety of the public and workers, 4) environmental protection, 5) transparency, 6) public participation, 7) inclusion of large impacts and 8) producer responsibility.

The strategies were grouped according to the principles that they most closely match without representing or accounting for the scope of the proposed principle. Thus, the principles in question are, in general, far more comprehensive than the set of strategies that were attributed to each principle. Several of the principles mentioned are not met by the proposed risk management methods because these principles are beyond the scope of the proposals, such as the principle of a compulsory nano-specific regulation. Likewise, none of the proposals includes strategies or actions with broader impacts (e.g., ethical or socioeconomic), bearing in mind that these impacts should be predicted or addressed using alternate tools with greater scope.

3. RESULTS AND DISCUSSION

According to the described methodology, Table 1 presents a comparison of the main characteristics of the analysed proposals and tools, which are briefly described below. Each tool is associated with a letter in brackets that represents its reference within the table.

Table 1 – Description and comparison among proposals																	
Reference of the proposal analysed in the text ->	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Grouping regarding CB methodology ->	Do not include CB						Include CB				Only CB						
Type of approach																	
Strategic approach (only strategies)	√	√	√	√													
Methodological approach (strategies and actions)					√	√	√	√	√	√	√						
Pragmatic approach (only actions) => CB tool												√	√	√	√	√	√
Type of evaluation																	
Only qualitative risk evaluation	√	√	√	√	√						√	√	√			√	√
Qualitative and quantitative risk evaluation						√	√	√	√				√	√		√	
Principles involved, strategies and associated actions																	
Transparency principle																	
Strategies for policy implementation																	
Written, clear and transparent policy																	↔
Policy developed with the participation of all									↔	↔	↑						↔
Principle of public participation and producer responsibility																	
Strategies focused in organisation																	
Responsibility for accountability									↔	↑	↔						↑
Competence and training						↔	↑	↑	↑	↑	↑			↔			↑
Documentation						↑	↑	↑	↑	↑	↑			↑			↑
Broad communication								↔	↑								↑
Precaution principle																	
Strategy of hazard identification																	
Nanomaterial characterisation							↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Principle of health protection and safety for the public and workers and environmental protection																	
Strategy of exposure evaluation																	
Type of exposure (inhalation, dermal, ingestion)					↑	↑	↑	↑	↑	↔	↔	↑			↔	↔	↔
Monitoring of biological indicators						↑	↑	↑	↑	↑	↔	↑					↑
Occupational and environmental monitoring						↑	↑	↑	↑	↔			↔	↑			↔
Staff involved and possible exposures						↑	↑	↑	↔	↑		↑			↑		↑
Strategy for toxicity evaluation																	
Toxicity studies			↑	↑													
Determination of the safe limits of exposure			↑	↑													
Strategy of risk characterisation																	
Calculation of risk								↑								↔	↑
Extrapolation of models								↑			↔	↔					↔
Ranking of risks						↑		↑	↔	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Strategy of risk management																	
Technical actions					↑	↑	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Organisational actions					↑	↑	↔	↑	↑	↑	↔		↑	↑	↑		↑
Labelling / storage					↑	↑		↔	↑	↑							↑
Cleanup / spill					↑			↔	↔	↔							↑
Transport					↑			↔	↑					↔			↑
Destination / disposal of residues					↑	↑			↑				↔				↑
Personal protective equipment					↑	↑	↔	↑	↑	↑			↑	↑			↑
Risk of fire or explosion with nanoparticles					↑			↑	↑	↑							
Monitoring or surveillance strategy																	
Monitoring																	
Monitoring						↑		↑	↑	↑	↑			↔		↑	↑
Research (accidents and incidents)						↑		↑		↑	↔						
Audit / review						↑	↑	↑	↑	↑	↑						↑
Critical analysis of the administration								↑	↔	↑							↔
Improvement strategy																	
Corrective and or preventive action																	
Corrective and or preventive action						↑		↑	↔	↑	↑						↑
Continuous improvement						↑		↑	↔	↑	↑				↔		↑

√ = belongs to the category ↓ = referred strategy ↑ = referred action ↔ = action with implicit or generic reference

Note: for the strategic proposals, only the presence of the strategy is indicated, except for the evaluation of toxicity, in which certain actions are also indicated.

3.1. Strategic approaches

Among the strategic approaches, the study by Tyshenco and Krewski (2008) [A], "A risk management framework for the regulation of nanomaterials", can be cited; this study provides a general framework and proposes a set of strategies to regulate the handling of nanomaterials. As a comprehensive proposal, the study's primary aim is to provide an integrated and standardised focus to facilitate the future break of any trade barriers. Because the goal of the abovementioned study is the creation of a regulatory structure and not the specific control of a proposed activity, even in the specifications of the strategies, it is generic.

The nanoparticle risk assessment proposed by Tsuji et al. (2006) [B] ("Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles") is part of a larger body of research strategies for the safe evaluation of nanomaterials. Specifically, this assessment contains richer details regarding the forms of exposure and possible adverse effects on human health. The structure of the risk assessment is more concise.

The Nano Risk Framework (2007) [C] is a proposal developed jointly by DuPont and the Environmental Defence, and it is intended to provide a generic structure for managing the risks associated with nanotechnologies, especially those related to the possible damage caused by products containing nanoparticles, which is more suited to large corporations. This framework contains the macro elements of a management system, including a description of nanotoxicology tests (most likely its great advantage over the other proposals), and it incorporates concern for the concept of the "life cycle" of the product.

The Spanish contribution, "Evaluación de Riesgos de las Nanopartículas Artificiales – ERNA [Assessment of Artificial Nanoparticle Risks]" [D], proposed by Anton (2009), is basically a proposal supported by the conventional methods of risk assessment with the addition of an analysis of uncertainties as a way to mitigate the knowledge gaps regarding the effects of nanoparticles on the health of those who handle them.

3.2. Methodological approaches

Six proposals were classified as containing methodological approaches; three of which include, in addition to strategies, actions defined by employing the methodology of "Control Banding". The following are the methodological proposals.

Amoabediny et al. (2008) [E] presented the paper "Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles". This document contains some general strategies and was therefore classified as a methodological approach, although it did not mention several other relevant points. We must also consider that compared the other proposals, this proposal is the oldest; this fact can certainly explain a portion of the proposal's shortcomings, such as the lack of engagement of others involved in the construction of the proposal and the superficial characterisation of nanomaterials.

The British approach [F] (British Standard-BSI "Safe Handling Nanomaterials - PD 6699-2:2007") presents a set of strategies and specific actions for the control and management of the risk associated with nanomaterials.

Unlike the other options, which only presented qualitative evaluations, this standard describes the apparatus and methodologies that allow the quantitative analysis of nanoparticles and also notes some of the limits of exposure to these materials.

Another approach, from the German Federal Institute for Occupational Safety and Health [G] ("Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA") from 2007, titled "Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace", is fairly generic and devotes special attention to the possible contamination with nanomaterials by inhalation. Although this proposal incorporates some quantitative assessment methods, it does not provide further evidence regarding the limits or methodologies to be applied.

An example of a methodological proposal that includes the "Control Banding" method and the Quebec approach [H] is the "Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management", presented by Osteguy et al. (2009). This guide proposes a comprehensive approach covering both general strategies for managing the risks associated with nanomaterials along with an approach similar to "Control Banding", which is referenced and based on the study by Paik et. al. (2008), CB Nanotool.

The approach of the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [I], called "General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories" (2012), is quite comprehensive. This proposal assumes that there is a greater system for control and risk management in the organisation, into which the nanoparticle guidelines will be incorporated. Thus, a series of actions and approaches are implied in this document because they are part of the overall system. In addition to generic guidelines, the proposal indicates the use of the "Control Banding" approach as part of the nanomaterial risk control mechanism.

The study by Amaral and Andrade (2012) [J], "Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities", is also classified into the methodological approach group. This method not only presents a simplified flowchart for the characterisation of nanomaterials but also offers a number of suggestions for managing various specified and stratified operations, such as site cleanup, labelling and disposal. The great advantage of this proposal is the inclusion of the OIT guidelines for management systems; thus, this method advocates the active participation of all stakeholders and not only the technical staff in addition to requiring the involvement of the administration in implementing the nanomaterials risk management.

In addition to the methodological approaches characterised above, the French ANSES Control Banding Tool for Nanoparticles [K] approach can also be mentioned. Although Brouwer (2012) considered this French approach to be only a "Control Banding" tool, its implications are broader because it contains some elements of a management system (planning, implementation and operation, checking and corrective action and management review). Therefore, this approach can be characterised as methodological, and the authors notably indicate the need for specialised staff to implement this method.

3.3. Pragmatic approaches of the "Control Banding – CB" type

The "Control Banding" method was developed as a pragmatic tool for performing risk management in situations involving potentially hazardous chemicals with almost no available toxicity data (Brouwer, 2012). In this type of approach, the risk levels (range) are determined as a function of the exposure and danger. The focused situation is classified into a particular group (range or band), and specific actions to control risks are suggested for each range. Therefore, CB is a fully qualitative method in which risk is assessed instead of measured, and it is well-suited to be employed under conditions where there is much uncertainty, as in the case of the impact of nanomaterials on human health and the environment.

By dispensing with quantitative surveys, which are usually more expensive, the "Control Banding" approach is suitable for smaller operations, such as those carried out in research laboratories, or in micro and small companies. The "Control Banding" approach has been used in the pharmaceutical industry, as highlighted by Brouwer (2012), and its use was expanded to the chemical industry in general and, more recently, to new technologies, especially nanotechnology. In most cases, these tools merely indicate the risk range or band of a given operation and the associated actions needed to mitigate the risks. Thus, as one would expect, these tools must be inserted into a larger framework of actions to produce effective risk management.

Brouwer (2012) describes six tools based on the "Control Banding" method, 1) Precautionary matrix, 2) CB Nanotool 2.0, 3) Guidance on working safely with nanomaterials and nanoproducts, 4) Stoffenmanager Nano 1.0, 5) CB tool for ANSES and nanoparticles and 6) NanoSafer. Although the author did not consider it, the "GoodNanoGuide" (2009) proposal can also be included in this category.

One of the first applications of the "Control Banding" method to nanotechnologies (CB Nanotool) [L] was proposed by Paik et al. (2008), who classified a given operation involving nanomaterials into four risk levels. This classification is based on the integration of a severity score, obtained from certain physico-chemical characteristics of the nanoparticles and their toxicity (or the toxicity of the material in macro scale if specific information on the nanomaterial is lacking), and a probability score that takes into account the amount of material used, the frequency and duration of the operations, the number of people involved and the dustiness of the material. Although the score compositions may be based on quantitative information, the tool can be used without performing any type of measurement.

The European Union guide [M] (2012), "Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts - A Guide for Employers and Employees", presents a methodology that, despite having a qualitative base, demonstrates features that enable the quantitative assessments of environmental work, including indications of the exposure limits. The activities are classified into three levels of control based on the integration of "exposure categories" and a "hazard category". The exposure category is determined by evaluating the possibility of nanoparticle emission, while the hazard category is defined by some of the nanomaterial characteristics, such as the biopersistence and shape.

The Stoffenmanager Nano 1.0 [N] tool presented by Duuren-Stuurman et al. (2012) is an application that is available on the Internet and, according to the authors, does not require specific knowledge concerning the safety and health of the working environment for its application. Stoffenmanager Nano 1.0 is an adaptation of a generic system with the same name to nanoparticles, for which the user may be remitted in some situations. However, in situations where no information on the nanoparticles is available, this system classifies the danger by data about the macro substance, thereby classifying the nanoparticles into danger ranges. The exposure, in turn, is defined by 14 multipliers, which when combined allow for the determination of the exposure range. These multipliers involve factors including the amount of material, dustiness, forms of manipulation, process types, collective protective equipment (CPE) and personal protective equipment (PPE). The interpolation between the ranges of danger and exposure allows situations to be classified into three groups of risk prioritisation.

Precautionary matrix [O] (Hök et al., 2011) is a tool for generating a score that determines two major classes of risk. The main parameters for defining the score are the relevance of the nano-material (based on the

size and characteristics of the particle), the specific conditions of use and the potential effects of human exposure. The use of these parameters indicates the need for skilled staff to implement the tool. Moreover, a point that deserves mention is the use of the concept of half-life with respect to the stability of nanomaterials. Conversely, the NanoSafer (2011) [P] is a proposal focusing on nanoparticles dispersed in air, being based in corollary on the dustiness of the nanomaterials. This proposal also indicates the requirement for measurements in the workplace, including quantitative data. In contrast, the GoodNanoGuide (2009) [Q] is a tool with a greatly simplified focus, allowing its application at three progressive levels: basic, intermediate and advanced.

4. CONCLUSIONS

This set of 17 analysed proposals do not converge on a consensus approach, even though they each share the same theoretical basis, as detailed in the report by ANSES (2010). In general, all of the proposals refer to the process of hazard identification, exposure assessment and risk definition in addition to the elimination, substitution or control of risks through technical and organisational measures.

The solubility, lability, dustiness and shape of the nanoparticles are more critical factors than the amount of material involved, indicating that for nanomaterials, other metrics should be adopted. Although there is no consensus on which metrics should be used to characterise the risks associated with the nanomaterials, the adoption of a precautionary principle and the "Control Banding" approach stand out among the documents examined.

There is still much to be undertaken to obtain a standard to define and characterise the risks arising from the manufacture and use of nanomaterials, starting with nanotoxicology studies and including social discussions of the impacts of these new technologies in society and, especially in the context of the focus of the present article, on the work environment.

Although health issues have great importance, the lack of agreement regarding how nanomaterials should be treated affects other sectors, such as law, ethics and international trade.

Thus, the inclusion of multiple stakeholders (industry, government, insurance, trade, academia, standardisation organisations, media, consumers and the general public) is cited by many as essential.

There is an urgent need to achieve this consensus not only for the occupational health safety but also for the legal and economic safety that is essential for progress and technological advancement.

5. ACKNOWLEDGMENTS

We thank our colleagues from the participating institutions (Fundacentro/Department of Labour [Ministério do Trabalho e Emprego] and the Federal University of Rio Grande do Sul [Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS]) and the institutions for their support.

6. REFERENCES

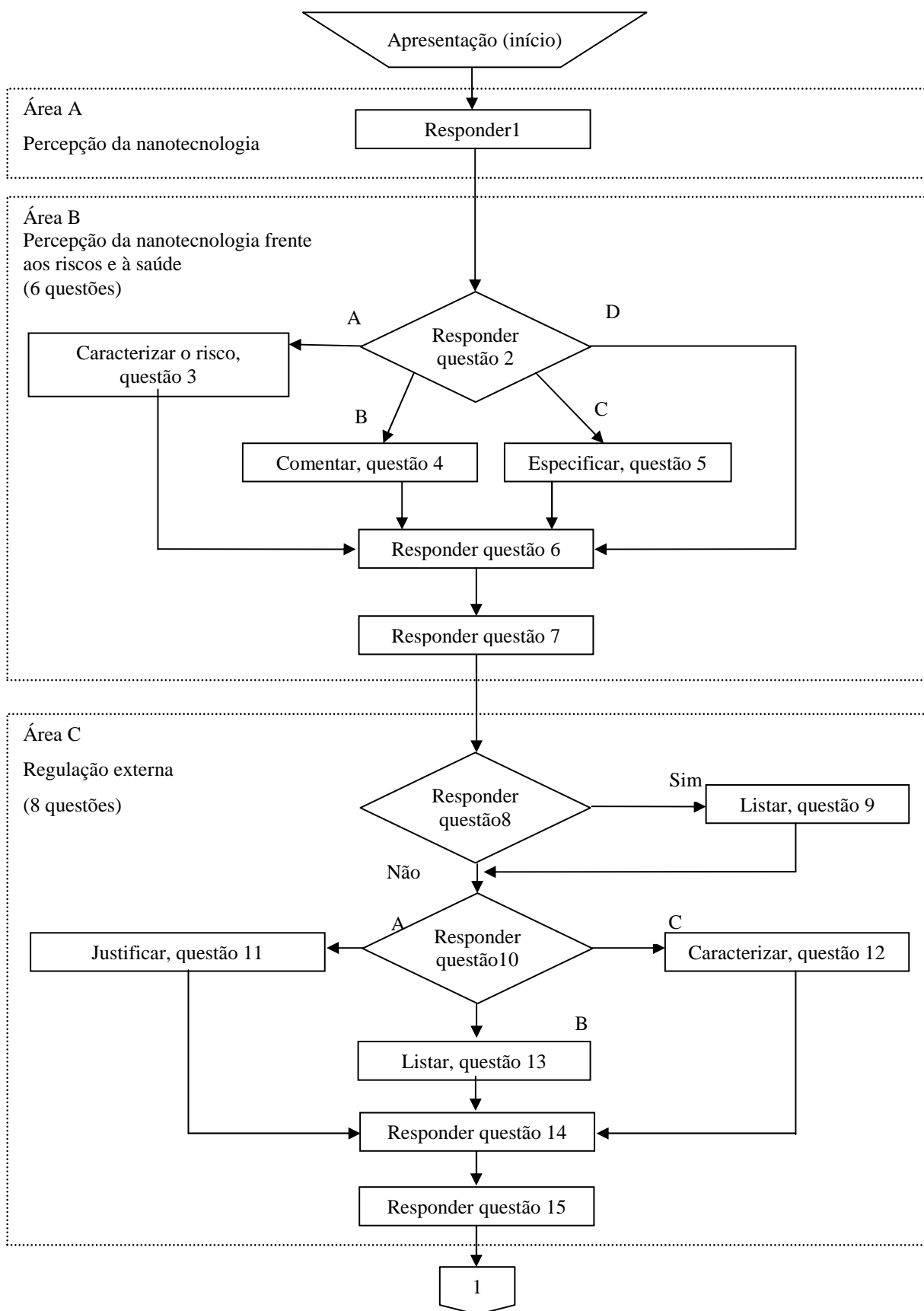
- Amoabediny, Gh., Naderi, A., Malakootikhah, J., Koochi, MK., Mortazavi, SA., Naderi, M. and Rashedi, H. Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles. (2008). International Conference on safe production and use of nanomaterials – Nanosafe 2008. Journal of Physics: Conference Series 170 (2009). DOI: 10.1088/1742-6596/170/1/012037.

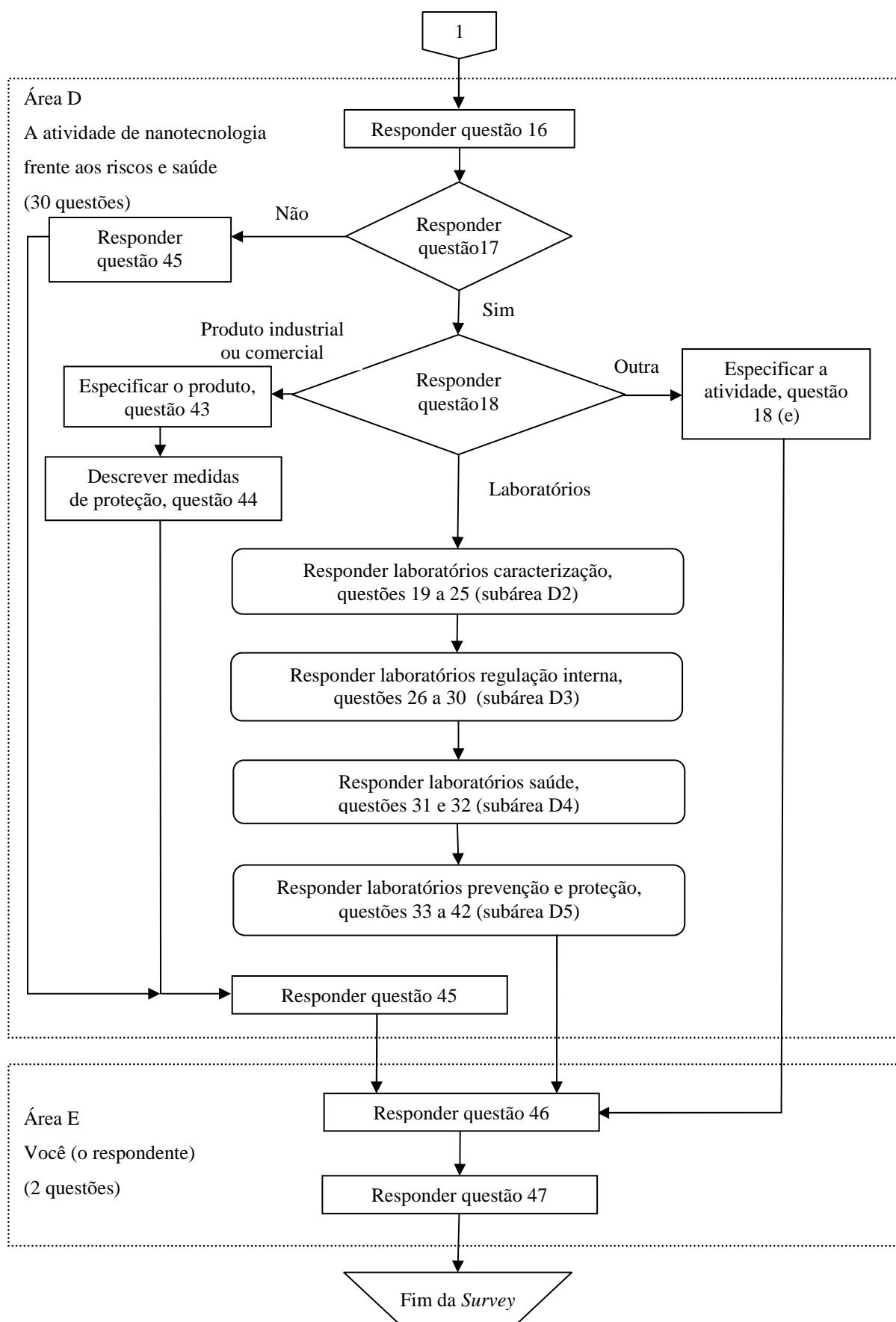
- Andrade, L.R.B and Amaral, F.G. Methodological proposal for occupational health and safety actions in research laboratories with nanotechnologies activities. (2012). *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, v.41, supplement 1/2012, 3174-3180.
- Anton, J.M.N. La Nanotoxicología y la Evaluación del riesgo de las nanopartículas artificiales y la Salud (2009) [Nanotoxicology and Risk Assessment of the NA and Health]. *Seguridad y Medio Ambiente*; 114, 6-16.
- British Standards. PD6699-2:2007. Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials.
- Brouwer, D.H. Control Banding Approaches for Nanomaterials. (2012). British Occupational Hygiene Society. *Ann. Occup. Hyg.*, 56, n. 5, 506–514. DOI:10.1093/annhyg/mes039.
- DuPont and Environmental Defense. Nano Risk Framework (2007).
- Duuren-Stuurman, B.V.; Vink, S.R., Verbist, K.J.M., Heussen, H. G. A., Brouwer, D.H., Kroese, D.E.D., Niftrik, M.F.J.V., Tielemans, E. and Fransman, W. Stoffenmanager Nano Version 1.0: A Web-Based Tool for Risk Prioritisation of Airborne Manufactured Nano Objects. (2012). British Occupational Hygiene Society. *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 56, no. 5, pp. 525–541. DOI:10.1093/annhyg/mer113.
- French agency for food, environmental and occupational health & safety (ANSES). Development of a Specific Control Banding Tool for Nanomaterials - Report. (2010). Retrieved September 5, 2012, from <http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407RaEN.pdf>.
- Germany (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA). Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace. (2007).
- GoodNanoGuide (2009). Retrieved September 25, 2012 from www.goodnanoguide.org.
- Höck J., Epprecht T., Furrer E., Hofmann H., Höhner K., Krug H., Lorenz C., Limbach L., Gehr P., Nowack B., Riediker M., Schirmer K., Schmid B., Som C., Stark W., Studer C., Ulrich A., von Götz N., Weber A., Wengert S. and Wick P. (2011). Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials. Federal Office of Public Health and Federal Office for the Environment, Berne (Swiss). Version 2.1. Retrieved September 5, 2012 from http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/12175/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1ad1IZn4Z2qZpnO2Yuuq2Z6gpJCHd3x9g2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--
- International Center for Technology Assessment (ICTA). (2007). Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials. Retrieved October 2, 2012, from http://www.cleanproduction.org/library/Principles_Nano_finaldesign.pdf/
- NanoSafer (2011). Retrieved September 5, 2012, from <http://nanosafer.i-bar.dk/>.
- Ostiguy, C., Roberge, B., Ménard, L., and Endo, C. Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management – Report R-599. (2009). Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Québec, Canada.
- Paik, S.Y., Zalk, D.M. and Swuste, P. Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures. (2008). British Occupational Hygiene Society. *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 52, no. 6, pp. 419–428. DOI:10.1093/annhyg/men041.

- Tsuji, J. S., Maynard, A. D., Howard, P. C., James, J. T., Lam, C., Warheit, D. B., and Santamariak, A. B. (2006). FORUM SERIES Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles. *Toxicological sciences*; 89(1), 42–50.
- Tyshenco, M.G. and Krewski, D.A. (2008). A risk management framework for the regulation of nanomaterials. *International Journal Nanotechnology*, vol 5, issue 1, 143-160.
- União Europeia. Working Safely with Engineered Nanomaterials and Nanoproducts - A Guide for Employers and Employees. (version 4.2 – August 2012). Retrieved September 4, 2012 from http://www.rpaltd.co.uk/documents/J771_NanoWorkSafetyGuidancev4.2_publ.pdf.
- US/ Department of Health and Human Services/Centers for Disease Control and Prevention/National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories. (2012). Retrieved September 24, 2012 from <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/pdfs/2012-147.pdf>

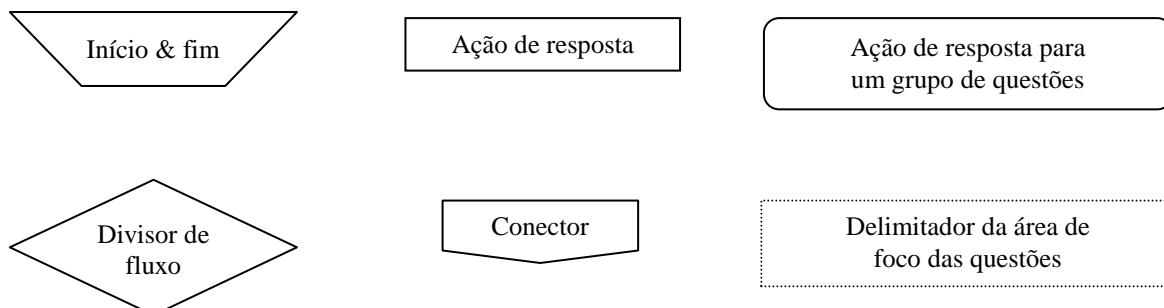
APÊNDICE F – Dados gerais da *survey*

FLUXOGRAMA





Legenda para o fluxograma da *Survey*



Considerações sobre o fluxo de apresentação das questões na *survey*

- Na apresentação das opções de resposta, quando se espera uma resposta do tipo ‘SIM’ ou ‘NÃO’, o ‘sim’ será sempre a primeira opção.
- Quando a questão apresentar uma escala, a ordem de apresentação será do mais simples ao mais complexo, do menor para o maior ou do menos importante ao mais importante.

QUESTIONÁRIO (survey on-line)

Página de apresentação		
<p>APRESENTAÇÃO</p> <p>As nanotecnologias têm sido alvo de vários debates e iniciativas e estão a cada dia mais presentes em nosso cotidiano.</p> <p>Devido a importância crescente deste tema gostaríamos de conhecer um pouco mais sobre a realidade da segurança e saúde em laboratórios de nosso país e para isto seu tempo e participação são MUITÍSSIMO IMPORTANTES.</p> <p>A pesquisa a seguir, para a qual eu peço seu precioso tempo, faz parte do meu trabalho de doutoramento.</p> <p>Todas as respostas e manifestações oriundas desta pesquisa serão sempre CONFIDENCIAIS servindo apenas para fins de compor o relatório final e geral. Sob nenhuma hipótese as informações e dados serão entregues, doados, vendidos ou cedidos a quem quer que seja.</p> <p>Em apenas 10 minutos (ou no máximo 15 minutos) você pode contribuir com este trabalho oferecendo sua indispensável visão sobre o assunto e se desejar, receber os resultados da pesquisa (indicando isto no final do questionário ou pelo e-mail abaixo).</p> <p>Desde já fico muito agradecido por sua valiosa participação.</p> <p>Atenciosamente, Luís Renato B. Andrade Fundacentro / Ministério do Trabalho e Emprego Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) / UFRGS</p> <p>Perguntas, comentários, sugestões ou pedidos? Luís Andrade – luis.andrade@fundacentro.gov.br</p>		
<p>Área A - Percepção da nanotecnologia (questão 1 a 1) [1 questão]</p>		
<p>Questão e opções</p>	<p>1. Por favor, responda esta questão o mais rápido que puder, com a palavra ou expressão que primeiro vier a sua mente.</p> <p>Ao pensar em NANOTECNOLOGIA, quais são as 3 primeiras palavras ou expressões que lhe vem à mente?</p> <p>1ª palavra ou expressão: _____</p> <p>2ª palavra ou expressão: _____</p> <p>3ª palavra ou expressão: _____</p>	<p>Próxima questão = 2</p>
<p>Quem responde</p>	<p>Todos os respondentes</p>	<p>Próxima questão = 2</p>
<p>Área B - Percepção das nanotecnologias frente aos riscos e saúde (questões 2 a 7) [6 questões]</p>		
<p>Questão e opções</p>	<p>2. Os nanomateriais podem apresentar RISCOS PARA A SAÚDE E SEGURANÇA de quem os manipula ou utiliza?</p> <p>a.() Sim</p> <p>b.() Não</p> <p>c.() Apenas em alguns casos</p> <p>d.() Não sei responder (desconheço)</p>	<p>Próxima questão = (3, 4 ou 5)</p>
<p>Quem responde</p>	<p>Todos os respondentes</p>	<p>Próxima questão = (3, 4 ou 5)</p>
<p>Questão e opções</p>	<p>3. Qual o TIPO DE RISCO mais apropriado para descrever aquele encontrado nos nanomateriais? Baseado em Kanerva (2009)</p> <p>a.() Simples: aquele com relação direta entre causa e efeito (causa e efeito)</p> <p>b.() Baixa complexidade: existem múltiplos fatores interagindo (teia de causas)</p> <p>c.() Média complexidade: além da interação de múltiplos fatores, soma-se o desconhecimento em relação aos mesmos e aos efeitos o que aumenta a dificuldade de gestão destes riscos (teia de causas + desconhecimento)</p> <p>d.() Alta complexidade: ao risco de média complexidade, somam-se os valores, ou seja, diferentes atores ou partes interessadas valorizam determinados insumos ou resultados de forma diferente (teia de causas + desconhecimento + valores)</p>	<p>Próxima questão = 6</p>
<p>Quem responde</p>	<p>Quem respondeu 'a' na questão 2</p>	<p>Próxima questão = 6</p>

Questão e opções	4. Por favor, comente, POR QUE NÃO?	
Quem responde	Quem respondeu 'b' na questão 2	Próxima questão = 6
Questão e opções	5. Em que casos específicos HÁ RISCO?	
Quem responde	Quem respondeu 'c' na questão 2	Próxima questão = 6
Questão e opções	6. Você considera relevante a VIGILÂNCIA EM SAÚDE dos envolvidos em atividades com nanomateriais? a. () Sim é necessário uma vigilância em saúde nanoespecífica. b. () Sim, mas a vigilância em saúde pode seguir os padrões já estabelecidos, ou seja, não precisa ser nanoespecífica. c. () Não é necessário uma vigilância em saúde	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 7
Questão e opções	7. Os possíveis IMPACTOS das nanotecnologias sobre outras áreas sociais (direito, ética, relações de trabalho, etc.) são? a. () Desprezíveis (não haverá impacto relevante) b. () Importantes mas não há necessidade de preocupação (atenção e investimentos) pois a sociedade absorverá e se adaptará a estes impactos c. () Importantes e, neste caso, mereceriam maior atenção e investimentos em estudos	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 8
Área C – Regulação externa (questões 8 a 15) [8 questões]		
Questão e opções	8. Você conhece alguma REGULAÇÃO de segurança e saúde no trabalho envolvendo a manipulação de nanomateriais a. () Sim b. () Não	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = (9 ou 10)
Questão e opções	9. Qual a REGULAÇÃO que você conhece (ou quais)?	
Quem responde	Quem respondeu 'a' na questão 8	Próxima questão = 10
Questão e opções	10. Em sua opinião, é importante haver uma REGULAÇÃO para a manipulação de nanomateriais? a. () Não é importante. Não há necessidade de regulação para as atividades com nanotecnologias. b. () Sim é importante, mas as normas já existentes são suficientes para a regulação das nanotecnologias. c. () Sim é importante e necessário haver uma regulação nanoespecífica.	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = (11, 12 ou 13)
Questão e opções	11. Por que NÃO HÁ NECESSIDADE de regulação?	
Quem responde	Quem respondeu 'a' na questão 10	Próxima questão = 14
Questão e opções	12. Quais NORMAS já existentes devem ser aplicadas?	
Quem responde	Quem respondeu 'b' na questão 10	Próxima questão = 14
Questão e opções	13. Qual a FORMA mais apropriada para esta regulação? Baseado em Linkov (2009) a. () simples registro governamental b. () auto regulação opcional c. () auto regulação obrigatória d. () regulação (normatização) obrigatória	
Quem responde	Quem respondeu 'c' na questão 10	Próxima questão = 14

Questão e opções	14. A REGULANÇA de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) para nanotecnologias a. () Impede ou dificulta o desenvolvimento das pesquisas b. () Será observada apenas se for obrigatória c. () Contribui para o desenvolvimento da tecnologia e oferece tranquilidade em relação aos riscos, por isso deve vir sempre em 1º lugar.	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 15
Questão e opções	15. Sobre a ampla PARTICIPAÇÃO dos envolvidos (indústria, governo, seguradoras, comércio, academia, organizações de padronização, mídia, consumidores e público em geral) com as nanotecnologias nos encaminhamentos sobre segurança e saúde: a. () Não é necessária a participação de todos os envolvidos b. () Apenas o pessoal técnico precisa se envolver nestas questões c. () Todos, em todos os níveis, devem se envolver.	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 16
Área D – A atividade de nanotecnologias frente aos riscos e saúde(questões16 a 45) [30 questões]		
Subárea D1 – Contextualização (continua na questão 43) (questões 16 a 18) [3 questões]		
Questão e opções	16. ONDE você desenvolve suas atividades? _____ (UF)	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 17
Questão e opções	17. Você desenvolve atividades relacionadas às nanotecnologias MANIPULANDO NANOMATERIAIS? a. () Sim b. () Não	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 18 ou 45
Questão e opções	18. Suas atividades estão prioritariamente RELACIONADAS a a. () Laboratórios de pesquisa com manipulação de nanomateriais ligado à instituição pública b. () Laboratórios de pesquisa com manipulação de nanomateriais ligado à instituição privada c. () Produto industrial e/ou comercial contendo nanomateriais no setor público d. () Produto industrial e/ou comercial contendo nanomateriais no setor privado e. () Outras.Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu 'a' na questão 17	Próxima questão = 19, 43 ou 46
Subárea D2 – Laboratórios caracterização (questões 19 a 25) [7 questões]		
Questão e opções	19. Em relação à VINCULAÇÃO do laboratório: a. () O laboratório faz parte de uma universidade ou instituição de ensino pública b. () O laboratório faz parte de uma universidade ou instituição de ensino privada c. () O laboratório faz parte de uma empresa ou instituição pública d. () O laboratório faz parte de uma empresa ou instituição privada e. () Outro tipo de instituição ou sem vinculação	
Quem responde	Quem respondeu 'a' ou 'b' na questão 18	Próxima questão = 20
Questão e opções	20. Em relação ao NÚMERO DE COLABORADORES DA INSTITUIÇÃO a qual o laboratório está vinculado a. () A instituição tem entre 1 e 10 colaboradores b. () A instituição tem entre 11 e 50 colaboradores c. () A instituição tem entre 51 e 100 colaboradores d. () A instituição tem mais de 100 colaboradores f. () O laboratório não possui vinculação	
Quem responde	Quem respondeu a questão 19	Próxima questão = 21
Questão e opções	21. Em relação ao NÚMERO DE COLABORADORES DO LABORATÓRIO a. () O laboratório tem entre 1 e 10 colaboradores b. () O laboratório tem entre 11 e 50 colaboradores c. () O laboratório tem mais de 50 colaboradores	
Quem responde	Quem respondeu a questão 20	Próxima questão = 22

Questão e opções	22. Em relação à experiência (TEMPO) na manipulação de nanomateriais a. () O laboratório trabalha com nanomateriais há menos de 2 anos b. () O laboratório trabalha com nanomateriais há mais de 2 e menos de 5 anos c. () O laboratório trabalha com nanomateriais há mais de 5 e menos de 10 anos d. () O laboratório trabalha com nanomateriais há mais de 10 anos	
Quem responde	Quem respondeu a questão 21	Próxima questão = 23
Questão e opções	23. Em relação ao nanomaterial mais importante (ou a maior parte) utilizado no laboratório, no que diz respeito à ORIGEM a.() O nanomaterial é produzido no próprio laboratório b.() O nanomaterial está disponível comercialmente (mesmo que importado), ou seja, é comprado c.() Outras origens. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 22	Próxima questão = 24
Questão e opções	24. No que diz respeito ao TAMANHO DAS NANOPARTÍCULAS mais relevantes (maior parte) a. () < 10 nm b. () entre 10 e 50 nm c. () entre 51 e 100 nm d. () > 100 nm	
Quem responde	Quem respondeu a questão 23	Próxima questão = 25
Questão e opções	25. Quais os PRINCIPAIS NANOMATERIAIS manipulados nos laboratórios (por favor, indique os mais relevantes) a. () Nanopós b. () Nanocristais c. () Pontos quânticos d. () Dispersões coloidais e. () Fullerenos (Buckyballs) f. () Nanotubos de carbono g. () Negro de fumo h. () Grafeno i. () Outros nanotubos ou nanofibras j. () Dendrímeros k. () Nanopartículas de prata l. () Polímeros m. () Nanofilmes n. () Nanopartículas de titânio o. () Outro. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 24	Próxima questão = 26
Subárea D3 – Laboratórios regulação interna (questões 26 a 30) [5 questões]		
Questão e opções	26. No laboratório as atividades envolvendo nanomateriais obedecem alguma NORMA ESCRITA E FORMAL de segurança e saúde a. () Sim, existem normais internas específicas para a manipulação de nanomateriais b. () Sim, mas as normas são aplicáveis a todos os produtos independente de serem nano ou não c. () Não são aplicadas normas de segurança e saúde ou estas não estão formalmente descritas	
Quem responde	Quem respondeu a questão 25	Próxima questão = 27 ou 31
Questão e opções	27. As normas aplicadas fazem parte de uma POLÍTICA FORMAL, mais abrangente, em relação à Segurança e Saúde no Trabalho (SST)? a. () Sim b. () Não	
Quem responde	Quem respondeu 'a' ou 'b' na questão 26	Próxima questão = 28
Questão e opções	28. As normas aplicadas são discutidas (elaboradas e adotadas) com a PARTICIPAÇÃO e voz ativas de todos os envolvidos (pesquisadores, administradores, terceirizados, estudantes, etc.)? a. () Sim, todos estão envolvidos e participam b. () Não, apenas o pessoal técnico de SST discute as normas e as aplica a todos os demais. c. () Não, outro arranjo específico de pessoas discute as normas e as aplica a todos os demais.	
Quem responde	Quem respondeu a questão 27	Próxima questão = 29

Questão e opções	29. As normas aplicadas estão ACESSÍVEIS para todos? Inclusive: terceirizados, prestadores de serviço e visitantes, por exemplo? a. () Sim b. (...) Não	
Quem responde	Quem respondeu a questão 28	Próxima questão = 30
Questão e opções	30. As normas e métodos referentes à segurança e saúde no trabalho são alvo de AUDITORIAS para melhoria contínua? a. () Sim b. () Não	
Quem responde	Quem respondeu a questão 29	Próxima questão = 31
Subárea D4 – Laboratórios saúde(questões 31 e 32) [2 questões]		
Questão e opções	31. Você aplica informações de segurança ou TOXICOLÓGICAS do material em macroescala para as nanopartículas oriundas deste a. () Sim b. () Não c. Comente se julgar pertinente: _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 30	Próxima questão = 32
Questão e opções	32. O laboratório (ou instituição) adota um sistema de VIGILÂNCIA EM SAÚDE para os envolvidos com nanomateriais? a. () Sim, através de uma vigilância em saúde nanoespecífica b. () Sim, mas a vigilância em saúde não é específica para atividades com nanomateriais c. () Não, não há um sistema de vigilância em saúde d. Comente se julgar pertinente _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 31	Próxima questão = 33
Subárea D5 – Laboratórios prevenção e proteção(questões 33 a 42) [10 questões]		
Questão e opções	33. Você conhece e adota o PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO ao trabalhar com nanomateriais? a.() Conheço o Princípio e adoto b.() Conheço o Princípio mas não adoto c.() Não conheço o Princípio da Precaução	
Quem responde	Quem respondeu a questão 32	Próxima questão = 34
Questão e opções	34. Em relação aos EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA , o laboratório possui (marque tanto quantos existirem) a. () Nenhum equipamento de proteção coletiva b. () Exaustor local sobre a bancada de trabalho c. () Capela de exaustão padrão d. () Capela de exaustão equipada com filtro para nanopartículas (filtro HEPA) e. () Caixa com luvas (<i>glove box</i>) f. () Diferenciais de pressão g. () Sistema específico para nanomateriais h. () Outro. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 33	Próxima questão = 35
Questão e opções	35. Em relação à PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA na manipulação de nanomateriais a. () Não é usada nenhuma proteção respiratória b. () Máscara semi facial com filtros c. () Máscara facial inteira com filtros d. () Máscara com adução de ar e. () Equipamento de corpo inteiro com respiração autônoma f. () Outro. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 34	Próxima questão = 36
Questão e opções	36. Em relação à PROTEÇÃO DAS MÃOS a. () Luvas não são utilizadas b. () São utilizadas luvas convencionais c. () São utilizadas luvas específicas para nanomateriais d. () Outro. Especifique, por favor: _____	

Quem responde	Quem respondeu a questão 35	Próxima questão = 37
Questão e opções	37. Em relação à PROTEÇÃO DOS OLHOS a. () Não é usada nenhuma proteção para os olhos b. () São utilizados óculos de segurança c. () São utilizados óculos vedados d. () Outro. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 36	Próxima questão = 38
Questão e opções	38. É utilizado sistema de ROTULAGEM ou identificação que indique se tratar de nanomateriais? a. () Sim b. () Não	
Quem responde	Quem respondeu a questão 37	Próxima questão = 39
Questão e opções	39. As atividades de LIMPEZA dos equipamentos e locais em que são usados nanomateriais possuem regras específicas para serem executadas visando à segurança e à saúde dos que executam estas atividades? a. () Sim b. () Não	
Quem responde	Quem respondeu a questão 38	Próxima questão = 40
Questão e opções	40. O DESCARTE dos resíduos contendo nanomateriais possui alguma orientação específica para ser realizado? a. () Sim b. () Não Se 'SIM', qual? _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 39	Próxima questão = 41
Questão e opções	41. Existe registro dos INCIDENTES (ou quaseacidentes)? a. () Sim b. () Não	
Quem responde	Quem respondeu a questão 40	Próxima questão = 42
Questão e opções	42. A ADMINISTRAÇÃO do laboratório envolve-se diretamente nas questões relativas à Segurança e Saúde no Trabalho (SST)? () Sim () Não	
Quem responde	Quem respondeu a questão 41	Próxima questão = 46
Subárea D1 Contextualização (continuação das questões 17 e 18) (questões 43 a 45) [3 questões]		
Questão e opções	43. Os principais NANOMATERIAIS OU NANOPARTÍCULAS utilizados podem ser descritos como? (informe tantos quantos forem relevantes). a.() Nanopós b.() Nanocristais c.() Pontos quânticos d.() Dispersões coloidais e. () Fullerenos (<i>Buckyballs</i>) f.() Nanotubos de carbono g.() Negro de fumo h.() Grafeno i. () Outros nanotubos ou nanofibras j. () Dendrímeros k. () Nanopartículas de prata l.() Polímeros m.() Nanofilmes n.() Nanopartículas de titânio o. () Outro. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu 'b' ou 'c' na questão 18	Próxima questão = 44

Questão e opções	44. Por favor, indique as MEDIDAS DE PROTEÇÃO adotadas para manipulação/uso deste nanomaterial. a. () Nenhum equipamento de proteção coletiva b. () Exaustor local sobre as bancadas de trabalho c. () Exaustão geral d. () Sistemas fechados (produção enclausurada) e. () Sistema específico para nanomateriais f. () Outro. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu a questão 43	Próxima questão = 46
Questão e opções	45. Você desenvolve suas atividades em (LOCAL) a. () Instituição pública de pesquisa e ensino b. () Instituição privada de pesquisa e ensino c. () Empresa pública d. () Empresa privada e. () Outra. Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Quem respondeu 'b' na questão 17	Próxima questão = 46
Área E – Sobre o respondente (questões 46 e 47) [2 questões]		
Questão e opções	46. A sua ÁREA DE ATUAÇÃO básica predominante pode ser descrita como a. () Toxicologia b. () Segurança e saúde ocupacional (médico do trabalho, engenheiro de segurança, higienista, ergonomista, técnico de segurança, etc.) c. () Biologia d. () Biomedicina e. () Medicina (não ligada especificamente à saúde ocupacional) f. () Farmácia g. () Física h. () Química i. () Ciências sociais j. () Ciências ambientais k. () Tecnologia da informação l. () Outras. Qual? _____	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 47
Questão e opções	47. Basicamente você SE CONSIDERA um(a) a. () Pesquisador(a) e/ou Professor(a) b. () Administrador(a) c. () Técnico(a) d. () Desenvolvedor(a) de políticas e normas e. () Auditor(a) f. () Ativista (representa um grupo/instituição ou posição em discussões que envolvem nanotecnologias) g. () Outro(a). Especifique, por favor: _____	
Quem responde	Todos os respondentes	Próxima questão = 48
Página de encerramento e agradecimento (final da <i>survey</i>)		
<p>Muitíssimo obrigado pelo privilégio de ocupar o seu tempo respondendo a esta <i>survey</i>.</p> <p>Se você desejar receber os resultados desta pesquisa, por favor, solicite enviando e-mail para luis.andrade@fundacentro.gov.br</p> <p>Observação: os resultados serão enviados tão logo a pesquisa seja encerrada com os resultados tabulados e analisados.</p> <p>Importante: Se você desejar receber um CD com documentos eletrônicos sobre Nanotecnologias e SST, por favor, envie um e-mail para luis.andrade@fundacentro.gov.br</p> <p>Qualquer tipo de comentário sobre a pesquisa acima pode ser enviado para Luís Andrade: luis.andrade@fundacentro.gov.br</p>		

LABORATÓRIOS CONTATADOS

Nome do laboratório	Sigla	Instituição de vinculação ⁽¹⁾	UF ⁽²⁾
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	CBPF	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)	RJ
Centro de Ciências Exatas e da Natureza	CCEN	Universidade Federal de Pernambuco	PE
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear	CDTN	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)	RJ
Centro de Tecnologia	CTEC/UFAL	Universidade Federal de Alagoas	AL
Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer	CTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)	SP
Centro de Tecnologia Mineral	CETEM -	Universidade Federal do Rio de Janeiro	RJ
Centro de Tecnologias e Estratégicas do Nordeste	CETENE / SISNANO	Universidade de Pernambuco (UPE)	PE
Escola de Nanociência e Nanotecnologia	ENANO	Universidade Federal do Rio de Janeiro	RJ
Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia	IBICT	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	RJ
Instituto de Biologia Molecular do Paraná	IBMP	Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) e Governo do Estado do Paraná	PR
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares	IPEN	USP	SP
Instituto de Pesquisas Tecnológicas	IPT	Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo	SP
Instituto Federal do Amazonas	IFA	Universidade Federal do Amazonas	AM
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Catalise em Sistemas Moleculares e Nanoestruturados	CATALISE	Universidade Federal de Santa Catarina	SC
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Eletrônica Orgânica	INEO	Universidade de São Paulo (USP)	SP
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Engenharia de Superfícies	INES	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO)	RJ
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fotônica para Comunicações Óticas	FOTONICOM	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	SP
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Nanobioestruturas e Simulação Nanobiomoleculares	NANOBIOSIMES	Universidade Federal do Ceará (UFC)	CE
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Nanodispositivos Semicondutores	DISSE	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO)	RJ
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Nanomateriais de Carbono		Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	MG
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Nanotecnologia para Marcadores Integrados	INCT-INAMI	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	PE
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ótica e Fotônica	INOF	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	PE

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos	NAMITEC	Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer	SP
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Materiais em Nanotecnologia	INCTNM	Universidade Estadual Paulista (UNESP)	SP
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanobiofarmacêutica	NANOBIOFAR	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	MG
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanobiotecnologia	NANOBIO	Universidade de Brasília (UnB)	DF
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Materiais Complexos Funcionais	INOMAT	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	SP
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia	Inmetro	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)	BR
Instituto Nacional de Tecnologia (INT)	Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SISNANO)	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)	RJ
Inteligência Computacional Aplicada	ICA	UFRJ	RJ
Laboratório Central de Microscopia Eletrônica	LCME	Universidade Federal de Santa Catarina	SC
Laboratório de Ciências Estratégicas	LCE	Universidade de São Carlos	SP
Laboratório de Química do Estado Sólido	LQES	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	SP
Laboratório Multiusuário de Nanociência e Nanotecnologia	LABNANO/CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)	RJ
Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol	CTBE	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	SP
Laboratório Nacional de Nanotecnologia (Brazilian National Nanotechnology Laboratory)	LNNANO	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)	SP
Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio	LNNA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)	BR
Laboratório Regional de Nanotecnologia	LRNANO	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	RS
Núcleo de apoio à pesquisa em Nanotecnologia e Nanociências	NAP-NN	Universidade de São Paulo (USP)	SP
Núcleos de Apoio a Pesquisa	NAP	Universidade de São Paulo (USP)	SP
Universidade Estadual Paulista	UNESP/SISNANO	A área de nanotecnologia integra o SISNANO	SP
Universidade Federal de Viçosa	UFV/SISNANO	A área de nanotecnologia integra o SISNANO	MG
Universidade Federal do ABC	UFABC/SISNANO	A área de nanotecnologia integra o SISNANO	SP
Universidade Federal do Pará	UFPA/SISNANO	A área de nanotecnologia integra o SISNANO	PA
Universidade Federal do Paraná	UFPR/SISNANO	Universidade Federal de Viçosa	PR

Notas:

- (1) Vinculação do laboratório ou do pesquisador coordenador ou responsável pelo laboratório ou instituto.
- (2) Para instituições de alcance nacional utilizou-se a indicação 'BR' na coluna UF.

Texto dos convites para participação (e-mails)

A seguir são apresentados os textos dos convites enviados por e-mail em três ocasiões distintas.

PRIMEIRO CONVITE

Assunto: *Survey* sobre as nanotecnologias e a SST no Brasil

Corpo da mensagem

Prezado(a)

Peço a sua colaboração no sentido de responder uma pesquisa on-line sobre as nanotecnologias no Brasil em relação à Segurança e Saúde no Trabalho (SST). As respostas são absolutamente anônimas e têm como propósito um estudo acadêmico.

O questionário pode ser acessado no link abaixo.

Link: <https://pt.surveymonkey.com/s/Nanotecnologia-SST>

Agradeço sua atenção e colaboração, desde já fico à disposição para quaisquer comentários.

Atenciosamente,

Luís Andrade

(51) 9177-5909

SEGUNDO CONVITE

Assunto: *Survey* sobre as nanotecnologias e a SST no Brasil – 2ª chamada

Corpo da mensagem

Prezado(a)

Gostaria de convidá-lo(a) a contribuir com o conhecimento sobre as nanotecnologias e a Segurança e Saúde no Trabalho (SST) em nosso país. Para tal, por favor, responda a pesquisa on-line que pode ser acessada pelo link abaixo.

Link: <https://pt.surveymonkey.com/s/Nanotecnologia-SST>

Caso já tenha respondido a esta pesquisa, muito obrigado e por favor, repasse esta mensagem a outros colegas que também possam estar envolvidos com as nanotecnologias.

Agradeço sua atenção e colaboração, desde já fico à disposição para quaisquer comentários.

Atenciosamente,

Luís Andrade

(51) 9177-5909

TERCEIRO CONVITE (último)

Assunto: *Survey* sobre as nanotecnologias e a SST no Brasil – última chamada

Mensagem:

Prezado(a)

Por favor, não deixe de responder a pesquisa sobre as nanotecnologias e a Segurança e Saúde no Trabalho no Brasil. Sua participação é imprescindível e o conhecimento gerado pela pesquisa poderá auxiliar no melhor entendimento destes assuntos.

O questionário on-line estará disponível no link a seguir até o dia 05 de JULHO de 2013.

Link: <https://pt.surveymonkey.com/s/Nanotecnologia-SST>

Se já respondeu, tenha certeza de que sua contribuição foi muito valiosa. Caso não o tenha feito, ainda há tempo. Por favor, contribua com a sua opinião.

Atenciosamente,

Luís Andrade

(51) 9177-5909

Informações sobre datas e quantidades de envio

Conjuntos de envio	Datas de envio do primeiro convite	Datas de envio do segundo convite	Datas de envio do terceiro convite	Número de convites
Conjunto de endereços – 01	07/06	17/06	26/06	225
Conjunto de endereços – 02	10/06	18/06	27/06	397
Conjunto de endereços – 03	10/06	19/06	28/06	191
Conjunto de endereços – 04	17/06	24/06	01/07	262
Conjunto de endereços – 05	18/06	25/06	02/07	38
Conjunto de endereços – 06	19/06	26/06	02/07	23
TOTAL DE ENDEREÇOS				1.136

Referências da *survey*

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2011), **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação.**

Balas et al. (2010), **Reported nanosafety practices in research laboratories worldwide**, Nature Nanotechnology 5, 93-96.

International Council on Nanotechnology (ICON).(2006). **A Review of Current Practices in the Nanotechnology Industry**. IX. Appendices; Appendix A: UCSB SurveyInstrument , disponível em:

<http://cohesion.rice.edu/CentersAndInst/ICON/emplibary/ICONNanotechSurveyFullReduced.pdf> . Acessado em 26/03/2013.

Kanerva, M. (2009), **Assessing risk discourses**: Nano S&T in the Global South, United Nations University - Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology.

Linkov et al. (2009), **Nano Risk Governance**: Current Developments and Future Perspectives, Nanotechnology Law & Business 203 (Summer 2009)

Vieira et al. (2002), **Programa de proteção respiratória**: recomendações, seleção e uso de respiradores, FUNDACENTRO.

APÊNDICE G - Versão publicada do artigo**Título do artigo**

Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities

Dados da publicação

Artigo apresentado no

18th World Congress of Ergonomics

Recife /PE – 12 a 16 de Fevereiro de 2012:

Publicado

IOS Press, Work 41 (2012) 3174-3180

DOI: 10.3233/WOR-2012-0579-3174

ARTIGOS DERIVADOS

Proposta metodológica de ações de segurança e saúde do trabalho em laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia. X Seminário Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – X SEMINANOSOMA, São Paulo/SP, de 14 a 18 de outubro de 2013. Apresentação sob a forma de pôster (derivado do artigo “Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities”)

Proposta metodológica de ações de segurança e saúde do trabalho em laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia. X Semana da Pesquisa da Fundacentro, São Paulo/SP, 21 a 23 de outubro de 2013. Apresentação Oral (derivado do artigo “Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities”).

Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities

Luís Renato Balbão Andrade^a and Fernando Gonçalves Amaral^b

^aFUNDACENTRO – Employment and Working Ministry, Av. Borges de Medeiros, 659/10º andar, CEP 90020-023, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: luis.andrade@fundacentro.gov.br (corresponding author)

^bProduction Engineering and Transportation Department, Federal University of Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha 99, 5º floor, CEP 90035-190, Porto Alegre, RS, Brazil. E-mail: amaral@producao.ufrgs.br

Abstract Nanotechnologies is a multidisciplinary set of techniques to manipulate matter on nanoscale level, more precisely particles below 100 nm whose characteristic due to small size is essentially different from those found in macro form materials. Regarding to these new properties of the materials there are knowledge gaps about the effects of these particles on human organism and the environment. Although it still being considered emerging technology it is growing increasingly fast as well as the number of products using nanotechnologies in some production level and so the number of researchers involved with the subject. Given this scenario and based on literature related, a comprehensive methodology for health and safety at work for researching laboratories with activities in nanotechnologies was developed, based on ILO structure guidelines for safety and health at work system on which a number of nanospecific recommendations were added to. The work intends to offer food for thought on controlling risks associated to nanotechnologies.

Keywords: nanotechnologies, OHS, health, laboratories

1. Introduction

Nanotechnologies are characterized by two main aspects: the first refers to the size scale, which should be below 100 nanometers, the second relates to the fact that nanoscale should lend the material new features not found on larger scale materials. These new features present many uncertainties about safety, health and environment. Management systems literature is plentiful. Barry [4] reports that there is no convergence between different authors on how to design, implement and maintain an OHS (Occupational Health and Safety) management system, in other words, by corollary they do not indicate which one would be the best model to be applied on this implementation. The same author however identifies that various models are on the

fact that organization should incorporate an OSH policy, carrying out a plan that allows action plans definition, enabling the implementation of this planning and performing a checking and corrective actions on the actions which may have deviations from what was originally planned and finally, do not stop promoting critical analysis of the system operation effectiveness. In terms of management systems related to safety and health or occupational health and safety (OHS) two documents stand out: the management system OHSAS 18.001/2007 (Occupational Health and Safety Assessment Series) [1, 2] and the system OHS/2001 ILO (International Labour Organization) [9]. Both documents include the elements highlighted by Barry [4].

A quick analysis of these systems (OHSAS 18001 and ILO) shows that they do not differ in their essence [1] although they have some differences, among which three of them stand out.

1) The focus: the system advocated by ILO focuses on workers (labors) while the OHSAS system focuses on the organization (capital). This is probably the biggest difference between both systems since the other two derive from them.

2) "Responsibility and Accountability" contained in ILO guidelines are not covered in OHSAS system.

3) "Competence and training" as ILO guidelines recommend that "it is appropriate to provide training at no cost to all participants and that it should be made if possible during working hours". OHSAS system has no explicit requirements in this regard.

Considering this scenario, timid actions are still undertaken in order to understand the enormity of nanotechnologies impact on working world. Given the existing tools, this work aims to develop a methodology to structure and evaluate safety and health at work actions in research laboratories with nanotechnologies activities based on ILO OHS/2001 [9] key elements taking into account that its focus is primarily the workers.

2. Methodology

For this proposal, some management systems main features as [4], ILO (2001) [9] and OHSAS 18001 [1.2], nanospecific management systems like "The NanoRisk Framework" [5] and Controlbanding Nanotool [10] regulations OHS nanospecifics (when available) were analyzed as well as existing standards for laboratories with activities in nanotechnology such as Massachusetts Institute of Technology [11] Texas A& M Engineering [14] and U.S. Stanford Linear Accelerator Center [16].

Also it was developed through compilation of the above documents in order to be more inclusive and attend each and every one of them. The proposed

algorithm incorporates a risk rating in three levels so that more stringent control measures could be adopted depending on the potential risk to be controlled, adapted from Fronza, Guterres, Pohlmann and Teixeira [7].

In order to be validated the proposal was submitted to three expert groups: (1) OSH specialists, (2) nanotechnology experts (3) OHS nanotechnologies knowledge specialists.

3. Results

The application procedures for workers safety and health and the environment preservation is the risk perception even though it is not restricted only to it (National Institute for Occupational Safety and Health [17].

The uncertainty about nanoparticles effects on human body seems to help put the concern about potential risks of these particles in the background [15]. You may notice remarks on that a particular element or procedure is safe even if they are new and have not been tested in this regard yet. In addition, standards and statutes may be viewed as obstacles to scientific development and not as a protection way. The methodology developed offers thoughts on the use of nanotechnologies so that it can mitigate safety and health risks of those who work with them in research laboratories. This methodology is based on ILO document [9] which incorporates the precautionary principle. Its main elements can be identified in Figure 1. Also the same figure indicates the continuity character of actions or continuous cycle in order to work systemically meaning each of the actions depending on and influencing the others. The methodology in question incorporates a classification algorithm (Figure 2) of activities based on the intrinsic hazard of nanoparticles and the frequency that they are handled allowing a qualitative assessment of risk level involved in dealing with these nanoparticles.

The algorithm in Figure 2 allows the classification of activities involving nanoparticles into three distinct groups regarding the risk, being the group I considered less dangerous than the group III. Other activities are classified in the methodology description itself, and existing more than one possible classification for the same activity or nanomaterial the highest risk measures is recommended. Although the general principle and major of the methodology should be applied regardless the specific group there are some more or less stringent actions related to the possibility of contamination linked to the risk group.

3.1. Definition

Nanoparticle or nanomaterial: any particle that has 2 or 3 of its dimensions below 100 nanometers. Groups rating: the methodology proposal indicates that activities involving nanomaterials should be classified in groups through flowchart shown in Figure 2.

3.2. Application Field

Research laboratories manipulating nanoparticles.

3.3. Precautionary principle

In all activities involving nanomaterials the precautionary principle should be adopted where these nanomaterials should be considered potentially dangerous and be treated as such until there is real evidence that they are harmless.

3.4. Methodology description

1. Policy

1.1 Policy establishment

1.1.1 Develop a written OSH policy with everyone involved participation

1.1.2 The policy developed must be endorsed by the leaders, be clear and concise, be accessible to

internal and external public (transparency) and finally be reviewed periodically.

1.2. Participation of everyone involved

1.2.1 At all stages of the process (design, implementation, execution, evaluation and adjustment) it is extremely important the personnel involved participation including those on supporting activities such as cleaning, for example.

2. Organization

2.1 Responsibility and accountability

2.1.1 OHS is the personnel directors responsibility and everyone must be aware of it as well as resources allocation to implement this policy.

2.1.2 Accountability for OHS actions is part of the basic rights to information and may be provided by the management.

2.2 Competence and qualification

2.2.1 Everyone involved should be qualified within their area of expertise regarding to OHS.

2.2.1.1 Laboratories in Group III (red): OHS training must be updated annually.

2.3 Documentation

2.3.1 OHS management system should be followed by extensive documentation.

2.3.2 Documentation should include at least: (a) the OHS policy, (b) the roles and responsibilities of those involved, (c) the risk factors, (d) plans, procedures and instructions of the OHS system, such as safety planning, chemical hygiene plan, standard operating procedures and safety material data sheets; (e) track record such as incidents, accidents, injuries, health deterioration, exposure to risk agents, environmental monitoring and medical surveillance.

2.4 Communication

2.4.1 Information flow must be guaranteed in order to receive, document and answer OHS questions, opinions and suggestions from both internal at all levels as the general public.

3. Planning and implementation

3.1 Technical measures to prevent and control risks

3.1.1 The measures in general should be adopted in the following priority order: elimination, reduction, control and personal protective equipment surveillance.

3.1.2 Replacement: whenever possible - technically possible and economically acceptable - nanopowders should be replaced by forms in dispersions, pastes, compounds/composites and dispersion in liquid or solid.

3.1.2.1 Using nanopowders frequently: group III (red)

3.1.2.2 Using nanopowders sporadically: group II (orange)

3.1.2.3 Not using nanopowders: group I (yellow)

3.1.3 Nanomaterials handling should be conducted in closed systems with negative pressure relative to the breathing zone of the person involved in the process.

3.1.3.1 Group III (red): closed system as of biological safety, glove boxes or similar.

3.1.3.2 Group II (orange): laminar flow with HEPA filters (High Efficiency Particulate Air).

3.1.3.3 Group I (yellow): laminar flow or recirculation with HEPA filtration.

3.1.4 Ventilation and filtration are recommended for all groups. Nanomaterials should be used for HEPA filters and depression of stable 6 mm of water must be kept in the laboratory where there can be no recirculation of ventilation. It is recommended 6 to 12 air changes per hour; HEPA filtration should be done to exhaust air out in the case of Group III (Red) [6].

3.1.5 Special attention should be given to fire or explosion possibility caused by nanoparticles. If necessary, electrical systems explosion proof and alarm systems should be used.

3.1.6 Laboratories should be equipped with eye wash station, safety shower, first aid kit, fire

extinguisher suitable and properly marked emergency exits.

3.2 Organizational measures to prevent and control risks

3.2.1 Access control: the areas where nanomaterials are handled should have strict access controlled in order to minimize exposition.

3.2.1.1 Group III (red): electronic control may be adopted.

3.2.1.2 Group II (orange): controlled access through documentation.

3.2.1.3 Group I (yellow): controlled access by warnings and internal rules.

3.2.2 Risk activities performed out of normal working hours should not be allowed to avoid the execution by just one person. Risk activities should always be performed in the presence of at least two people.

3.2.2.1 Group III (red): will not be allowed to perform out of regular working hours.

3.2.2.2 Group II (orange): may performed by at least 2 people

3.2.2.3 Group I (yellow): will be allowed to perform after regular working hours by a single person since there is a prior and accepted communication.

3.2.3 In nanomaterials working areas, eating, drinking, smoking or chewing gums should not be allowed also these areas may not be used for storage of food or cosmetics. By the same principle nanoparticles storage must not occur in such diverse areas as hallways, offices and others. Specific areas for these purposes should be designed.

3.2.4 It is suggested to identify the need or not, in providing laundry services to people who work with nanomaterials in order to prevent them from taking home contaminated clothing. In this case the workplace will eventually provide changing rooms and bathing.

3.2.4.1 Laboratories in Group III (red): laundry service must be provided.

3.2.5 Changes management: new equipment and procedures should only be adopted after a careful analysis of their impacts on OHS.

3.3 Labeling

3.3.1 All nanomaterial should be properly labeled providing information about possible adverse reactions and special care in manipulating.

3.3.2 Areas with nanomaterials presence should be flagged and indicate specific controlling procedures and protective equipment that should be adopted.

3.3.3 All nanomaterials must be categorized by the hazard flowchart and labeled as such using the colors red (group III), orange (group II) and yellow (group I).

3.4 Cleaning

3.4.1 Cleaning procedures must be properly described and have qualified personnel for safe performance of these activities.

3.4.2 Cleaning surfaces potentially contaminated with nanomaterials should be done with a vacuum cleaner with HEPA filter.

3.4.3 Dry sweeping or compressed air to clean areas with nanomaterials is not recommended.

3.5 Medical surveillance

3.5.1 Medical surveillance of all people potentially exposed to nanomaterials should be undertaken.

3.5.2 Medical surveillance should pay special attention to pulmonary, liver, kidney and hematopoietic cells function.

3.5.3 Any health problem must be registered in order to allow early detection on nanomaterials impacts.

3.5.4 Manipulation of nanomaterials by pregnant women is contraindicated.

3.6 Transport

3.6.1 Nanomaterials should be carried and treated as chemical products, meaning in sealed and labeled containers.

3.6.2 Depending on the transport way specific regulation must be observed.

3.7. Destination /disposal

3.7.1 Nanomaterial with low water solubility (more than a milligram range) should be treated as chemical waste.

3.7.2 Nanomaterial with high solubility in water should be treated the same as macroscopic materials toxicity class.

3.7.3 For nanomaterial in solution the same procedures used for solvents should be used.

3.7.4 Among the forms of waste disposal are: incineration, chemical treatment and immobilization.

3.7.5 Packaging and contaminated materials must receive the same attention as nanomaterials themselves, observing that they should be considered dangerous and must not be discarded as regular waste.

3.8. Individual protection equipment

3.8.1 Respiratory protection should be adopted and in general, it is recommended disposable masks when handling group I products, half facemasks cartridge type for group II and even breathing apparatus with air sent for the group III or large concentrations. Regardless of the general recommendations above activities involving nanoparticles should be a specific program for respiratory protection target.

3.8.2 Gloves must be used in order to avoid contact with nanoparticles and the compatibility of the material which it is made of (nitrile, latex, polymer resistant to chemicals, etc.) with the material to be manipulated should be observed. Gloves should overlap the sleeves of the coat and be removed inside the same closed area, for example, in the chapel.

3.8.3 Safety glasses or face shields should be used whenever there is a possibility of material projection.

3.8.4 Closed footwear with low permeability is the most suitable.

3.8.5 Other equipment may include laboratory coats, aprons or coats that should not be made from cotton, wool or mesh. Tyvex, polypropylene or similar material may be adopted.

4. Evaluation

4.1 Monitoring and measuring performance: it is recommended that performance indicators are established regarding to OHS, which can be followed to obtain or infer the results of controls and actions implemented.

4.2 Investigation of injuries, health deterioration, illness and work-related incidents and their impact on OHS performance: the evaluation must strongly interact with medical supervision, documentation and communication systems in order to identify as early as possible any possible deviation or non-compliance with the OHS.

4.3 Audit: internal and external audits should be performed periodically with the ultimate goal of improving the process.

4.4 Management review: the administration is primarily responsible for the OHS performance.

—

Figure 1
Proposed methodology Diagram

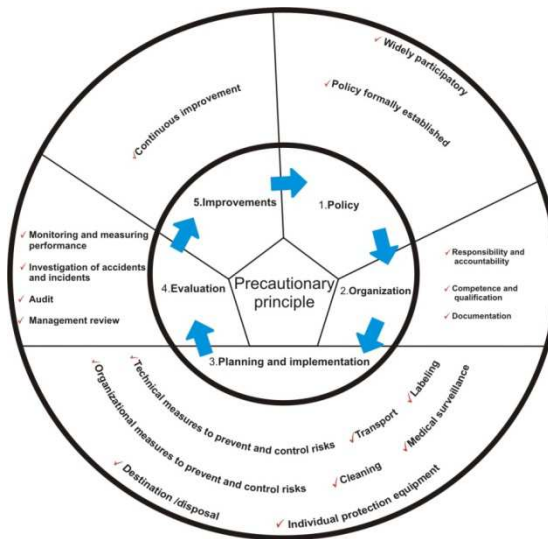


Figure 2

Algorithm proposed for risk group classification (based on Fronza *et al.* [7])

Number Question	Question	Answer (Y or N)	Action	Result
1	Has the material in question different properties than the same material micro/macrosopic forms?	NO	Not treat substance as nano	IT IS NOT nanomaterial
		YES	Answer question 2	----
2	Is there a conclusive data on nanomaterials safety?	NO	Answer question 3	----
		YES	Observe specific rules for this nanomaterial and algorithm end	GROUP I
3	The nano-objects are fibrous or contain predominant size?	NO	Answer question 4	----
		YES	Observe recomendations for Group III and algorithm end	GROUP III
4	Containing soluble or labile nanoparticles?	NO	Observe recomendations to Group III and algorithm end	GROUP III
		YES	Answer question 5	----
5	Frequently using (*)?	NO	Observe recomendations to Group II and algorithm end	GROUP II
		YES	Observe recomendations to Group III and algorithm end	GROUP III

(*) Frequent usage: 1 or more times a week; Sporadic or infrequent: once a month

5. Improvements

5.1 Preventive and corrective actions

5.1.1 Follow-up studies in progress and adjusting the system where it is necessary.

5.2 Continuous improvement

5.2.1 Each system item must be periodically reviewed to ensure that it remains adequate for the purpose.

4. Discussion and conclusion

For nanotechnologies the precautionary principle seems to be the most appropriate approach [8]. However, a pragmatic system of risk control that incorporates this principle is needed. A tool for risk management will likely lack of other inputs such as personnel and knowledge management systems [12].

The risks associated to nanoparticles depend on several physical characteristics (size, shape, surface morphology, surface area, surface load, rheology, porosity, crystallinity, etc.) and chemical (composition, surface chemistry, stoichiometry, kinetics of dissolution and solubility, hydrophilicity and hydrophobicity besides the presence of impurities) [7]). All the above analysis bring out particles data, but provide no information about their interaction with human organism nor what they are and how the processes of dermal absorption, inhalation, ingestion or eye contact work.

The discussion above concludes the importance to believe on the risk and act on the uncertainty as precautionary principle advocates. Although literature reports evidence of risks in handling

nanomaterials [6,7,8,9,10,11,12,13, 14,15,16,17] only about 10% of researchers who work with nanomaterials wear nano-enabled hoods for example. Moreover, one in four researchers do not adopt any kind of collective protection for the laboratory [4]. In this context, Balas and colleagues [4] suggest that scientific magazines should start demanding detailed description of care and safety actions related to handling nanomaterials in order to force the adoption of these measures by researchers/authors.

Despite the likely non-acceptance of this suggestion, seems obvious to say that the concern in dealing with nanomaterials is legitimate and worrisome, given that researchers are the first to have contact with potentially hazardous new substances.

Gaps in knowledge about the effects of nanomaterials on humans and environment open up important opportunities in areas as diverse as the techniques of engineering and occupational hygiene, reaching ethical and legal issues regarding access to information, for example.

References

- Araújo, G. M. de (2008a). Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OHSAS 18.001/2007 and ISM Code Comentado, 1ª ed., Gerenciamento Verde Editora, Rio de Janeiro.
- Araújo, G. M. de (2008a). Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional OHSAS 18.001/2007 and OIT SSO/2001, 2ª Edição, vol 2, Gerenciamento Verde Editora, Rio de Janeiro.
- Balas, F., Arruebo, M., Urrutia, J., Santamaria, J. (2010). Reported nanosafety practices in research laboratories worldwide, *Nature Nanotechnology*, vol 5, 93-96.
- Barreiros, D. and Richers, R. S. (2005). Fatores organizacionais críticos como parâmetros para conceber, implementar e manter um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho, dissertação mestrado SENAC/SP, São Paulo.
- Dupont and Environmental Defense, (2007). Nano Risk Framework.
- Ellenbecker, M., Tsai, S., (2008). Interim Best Practices for Working with Nanoparticles. Center for High-Rate Nanomanufacturing, Revision 1.
- Fronza, T., Guterres, S., Pohlmann, A., Teixeira, H. (2007). Nanocosméticos em direção ao estabelecimento de marcos regulatórios. Gráfica da UFRGS, Porto Alegre, Brazil.
- Hallock, M., Greenley, P., Diberardinis, L., and Kallin, D. (2009). Potential risks of nanomaterials and how to safely handle materials of uncertain toxicity, *Journal of Chemical Health and Safety* 16, 16-23
- ILO (International Labour Organization) (2001). Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems – ILO-OHS 2001. Tradução de Gilmar da Cunha Trivelato, Diretrizes sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. São Paulo: FUNDACENTRO, 2005.
- Marchant, G. E., Sylvester, D. J., Abbott, K. W. (2008). Risk Management Principles for Nanotechnology, *NanoEthics* 2, 43-60.
- MIT, (2011), University Best Practice. http://ehs.mit.edu/site/sites/default/files/University_Best_Practices.pdf, (Apr. 7, 2011).
- Ostiguy, C., Roberge, B., Ménard, L., Endo, C. (2009). Best practices guide to synthetic nanoparticle risk management – Report R-599, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Québec, Canada.
- State Secretariat for Economic Affairs (SECO) (2010). Safety data sheet (SDS) Guideline for synthetic nanomaterials, Swiss.
- Texas A&M Engineering. Interim Guideline for Working Safely with Nanotechnology. <http://engineering.tamu.edu/safety/guidelines/Nanot>

chnology/NANO_SafeGuideline.pdf (Apr. 7, 2011).

US/DOE (2008). Approach to Nanomaterial ES&H, revision 3a.

http://www.sc.doe.gov/bes/doe_nsre_approach_to_nanomaterial_esh.pdf (Apr. 7, 2011).

US/DOE/Stanford Linear Accelerator Center, (2008). Nanomaterial Safety Plan 4.

US/NIOSH (2009). Approaches to Safe Nanotechnology.

.

APÊNDICE H – Instrumento de coleta de dados em campo

Determinação do escore de perigo (por operação ou processo)

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

Determinação do escore de exposição (por operação ou processo)

Questão	Resposta	Ação	Resultado parcial	Resultado final
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		
As quantidades usadas são grandes	SIM	+1		
	NÃO	0		
Os nanomateriais estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	SIM	+1		
	NÃO	-1		
Os nanomateriais são manipulados na forma de nanopós	SIM	+1		
	NÃO	-1		
Há possibilidade de dispersão das nanopartículas no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	SIM	+1		
	NÃO	-1		

O campo “resultado” da tabela a seguir deve ser preenchido com uma das seguintes opções:

“SIM” – caso a situação atenda plenamente ao descrito no item.

“PARCIAL” – caso a situação encontrada atenda em parte ao descrito no item.

“NÃO” – para as situações onde não haja atendimento ao descrito no item.

Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório

1. POLÍTICA		
1.1 Estabelecimento da política	Por escrito, acessível e com aval da administração ou direção	Resultado
<u>Observações:</u>		
1.2. Participação de todos os envolvidos	Todas as pessoas que desenvolvem atividades no laboratório tem espaço para discutir SST	Resultado
<u>Observações:</u>		

(continua)

Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório (continuação)

2. ORGANIZAÇÃO		
2.1 Responsabilidade e obrigação de prestar contas	Deve ser encarado como responsabilidade da direção e direito intrínseco dos trabalhadores obterem acesso à informação sobre riscos ocupacionais	Resultado
<u>Observações:</u>		
2.2 Competência e capacitação	Para a participação é imprescindível a capacitação em SST para todos os envolvidos.	Resultado
<u>Observações:</u>		
2.3 Documentação	O sistema de SST deve ser amplamente documentado de maneira organizada permitindo fácil acesso às informações.	Resultado
<u>Observações:</u>		
2.4 Comunicação	Deve existir um sistema de comunicação bilateral que garanta a possibilidade de troca de informações entre o corpo diretivo e os demais trabalhadores assim como o público externo. Preferencialmente com opção de manifestação anônima.	Resultado
<u>Observações:</u>		
3. PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO		
3.1. Medidas técnicas de prevenção e controle de riscos	Medidas técnicas adotadas de maneira geral considerando que as medidas específicas de um processo ou operação serão descritas no mesmo.	Resultado
<u>Observações:</u>		
3.2 Medidas organizacionais de prevenção e controle de riscos	Controle de acesso; restrição de horário para desenvolvimento de atividades de risco; proibição de alimentação nas áreas de trabalho; controle de uso e manutenção de EPC, EPI e uniformes; gestão de mudanças, etc.	Resultado
<u>Observações:</u>		
3.3 Rotulagem	Todo o nanomaterial deve ser rotulado de maneira a ser facilmente identificado	Resultado
<u>Observações:</u>		
3.4 Limpeza	As operações de limpeza envolvendo nanomateriais, independentemente de quem as realize, devem estar formalmente descrita em relação aos procedimentos de segurança que deverão ser adotados.	Resultado
<u>Observações:</u>		
3.5. Vigilância médica (em saúde)	Processo de acompanhamento da saúde do pessoal potencialmente exposto à nanopartículas	Resultado
<u>Observações:</u>		

(continua)

Comparativo entre S-SST/LabNano e a realidade do laboratório (continuação)

3.6 Transporte	Atividades de transporte (transferência) de nanomateriais mesmo que entre salas de um mesmo prédio.	Resultado
<u>Observações:</u>		
3.7 Destinação e/ou eliminação de resíduos	Existência de regras formalmente estabelecidas para a destinação (eliminação) de resíduos.	Resultado
<u>Observações:</u>		
3.8 Equipamento de proteção individual	Eventuais equipamentos de proteção individual utilizados de forma independente de um processo ou operação específicos.	Resultado
<u>Observações:</u>		
3.9 Emergências com nanomateriais	Existência de regras formalmente estabelecidas para enfrentar situações de emergência, acidentes ou incidentes, independente de sua extensão.	Resultado
<u>Observações:</u>		
4. AVALIAÇÃO		
4.1 Monitoração e medição do desempenho	Existem indicadores de desempenho em SST e outras estratégias de monitoração	Resultado
<u>Observações:</u>		
4.2. Investigação	Investigação de qualquer tipo de agravo à saúde, incidente ou desvio da normalidade com possíveis efeitos sobre a segurança e saúde.	Resultado
<u>Observações:</u>		
4.3. Auditoria	Sistema de auditoria (interna ou externa) cujo objetivo principal é a avaliação e não a crítica	Resultado
<u>Observações:</u>		
4.4. Análise crítica pela administração	Indicação de que a administração (direção) está comprometida com as questões de SST	Resultado
<u>Observações:</u>		
5. MELHORIAS		
5.1 Ação preventiva e corretiva	Existe um movimento no sentido de alterar o que eventualmente não esteja adequado	Resultado
<u>Observações:</u>		
5.2 Melhoria contínua	Há a preocupação em rever o sistema de forma a constantemente aprimora-lo de maneira continua e incremental.	Resultado
<u>Observações:</u>		

APÊNDICE I – Lista de artigos relacionados à tese

A lista de artigos deste apêndice corresponde aos artigos desenvolvidos ao longo do período de doutoramento contando com a participação do Prof. Orientador estando, portanto, relacionados diretamente com a tese.

Citações do termo ‘nanotecnologia’ em sítios de universidades brasileiras. Apresentado como pôster no 7º Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, Rio de Janeiro/RJ, Novembro/2010. (Apêndice A).

A review on the current status of nanotechnology and occupational safety and health (OSH) (Uma revisão da atual situação da nanotecnologia e da segurança e saúde do trabalho (SST)). Submetido para publicação à Recent Paterns on Nanotechnoloy, Julho / 2012. (Apêndice D).

Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities (Proposta metodológica de ações de segurança e saúde do trabalho em laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia). Artigo apresentado no 18th World Congress of Ergonomics, Recife /PE, 12 a 16 de Fevereiro de 2012. Publicado: IOS Press, Work 41 (2012) 3174-3180. DOI: 10.3233/WOR-2012-0579-3174. (Apêndice G).

Proposals for risk management in nanotechnology activities (Propostas para a gestão de riscos em atividades de nanotecnologias). Artigo apresentado no International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO2013), Guimarães – Portugal, 14 e 15 de Fevereiro de 2013. Publicado em versão resumida no SHO Proceedings Book (versão resumida). Publicado em versão completa como capítulo do livro “Occupational Safety and Hygiene - SHO 2013”, Editado pela Sociedade Portuguesa de Segurança e Higiene Ocupacionais (SPOSHO) e publicado por CRC Press. (Apêndice E).

Gestão de riscos em atividades de nanotecnologias: propostas e ações. XXXIII Encontro nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2013). Salvador/BA, 08 a 11 de outubro de 2013 (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

Análise de algumas propostas para a gestão de riscos em atividades com nanomateriais. X Seminário Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – X SEMINANOSOMA, São Paulo/SP, de 14 a 18 de outubro de 2013. Apresentação sob a forma de pôster (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

Proposta metodológica de ações de segurança e saúde do trabalho em laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia. X Seminário Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – X SEMINANOSOMA, São Paulo/SP, de 14 a 18 de outubro de 2013. Apresentação sob a forma de pôster (derivado do artigo “Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities”).

Proposta metodológica de ações de segurança e saúde do trabalho em laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia. X Semana da Pesquisa da Fundacentro, São Paulo/SP, 21 a 23 de outubro de 2013. Apresentação Oral (derivado do artigo

“Methodological Proposal for Occupational Health and Safety Actions in Research Laboratories with Nanotechnologies Activities”).

Análise de algumas propostas para a gestão de riscos em atividades com nanomateriais. X Semana da Pesquisa da Fundacentro, São Paulo/SP, 21 a 23 de outubro de 2013. Apresentação sob a forma de pôster (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

Análise de propostas de gestão de riscos em ambientes com atividades envolvendo nanomateriais. Submetido e aprovado para publicação na Revista Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência e Tecnologia. (derivado do artigo “Proposals for risk management in nanotechnology activities”).

RELATÓRIO DE RESULTADOS

Com o objetivo de comunicar os resultados obtidos na pesquisa *survey*, descrita na seção 5 deste documento, foi elaborado um relatório intitulado “**Segurança e Saúde no Trabalho em Laboratórios com Atividades de Nanotecnologia - RESULTADOS DE UMA SURVEY ON-LINE**”.

APÊNDICE J - Lista de artigos relacionados ao tema, mas não derivados diretamente da tese

A lista de artigos deste apêndice corresponde aos artigos desenvolvidos ao longo do período de doutoramento sem, contudo, contarem com a participação do Prof. Orientador.

Foram trabalhos produzidos no âmbito do projeto ‘Impactos da nanotecnologia na saúde dos trabalhadores e meio ambiente’ (código interno 44.01.060), onde minha participação foi como co-autor e não como autor principal.

Neste cenário os trabalhos listados não derivaram diretamente da tese embora tratem, genericamente, do mesmo objeto de pesquisa, qual sejam nanotecnologias e SST.

Influência de uma história em quadrinhos sobre a percepção de riscos associados à nanotecnologia. Apresentado no Seminário Nanotecnologia e(m) Histórias em Quadrinhos; Fundacentro, São Paulo, SP, Brasil. 12 de Setembro de 2009.

Expectativa de participação dos trabalhadores na construção de ações preventivas quanto aos riscos das nanotecnologias. Apresentado no III Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade – Desafios para a Transformação Social. Curitiba, PR, Brasil. 10 a 13 de Novembro de 2009. **Publicado: ISSN 1808-8716**

Impactos das nanotecnologias na saúde dos trabalhadores e meio ambiente – o projeto da Fundacentro. Apresentado no 7º Seminário Internacional de Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 10 a 12 de Novembro de 2010. Como pôster.

Alerta sobre as pesquisas em nanotecnologia. Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Toxicologia. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.. 22 a 25 de junho de 2011. Como pôster.

Cartoon Magazine as a Tool for the Chemical Industry Workers Qualification on Nanotechnology. Apresentado no 5th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health. Boston, MA, USA. 9 a 12 de agosto de 2011.

Nanotecnologia em Quadrinhos. Apresentado nas Primeiras Jornadas Internacionais de Histórias em Quadrinhos. São Paulo, SP, Brasil. 23 a 26 de agosto de 2011.

Nanostructured materials and The Workers Lack of Knowledge. 6th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, Nagoya, Japão, de 28 a 31 de outubro de 2013.

APÊNDICE K – Relação de outros artigos produzidos no curso do doutoramento

A lista de artigos deste apêndice corresponde aos artigos desenvolvidos ao longo do período de doutoramento sem, contudo, versarem sobre o tema da tese proposta.

Foram trabalhos produzidos no âmbito da obtenção dos créditos para o doutoramento ligados, portanto, a algumas das disciplinas cursadas.

Um rápido olhar sobre os acidentes do trabalho fatais sob o prisma da manutenção. Apresentado no XVIII Seminário Gaúcho de Manutenção. Porto Alegre, RS, Brasil. 17 a 19 de Novembro de 2009. Artigo desenvolvido para a disciplina EPR00140 - Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. Publicado nos anais do evento. Sem a participação do Prof. Orientador.

Occupational health and safety conditions of wood industry workers in southern Brazil. Apresentado no VII Congresso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales; Santiago do Chile. 24 a 26 de Novembro de 2009. Artigo desenvolvido para a disciplina EPR00206 - Métodos Qualitativos. Publicado: ISBN 978-84-934256-16. Com a participação do Prof. Orientador.

Condições ergonômicas e de segurança em pequenas serrarias. Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Ergonomia. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2 a 6 de Agosto de 2010. Artigo desenvolvido para a disciplina EPR00108 - Ergonomia I. Publicado ISBN 978-85-8921-11-6. Com a participação do Prof. Orientador.

Uso do QFD para avaliação da satisfação dos usuários de rodovias concedidas no RS. Apresentado no XXIV ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Salvador, BA, Brasil 29 de Novembro a 03 de Dezembro de 2010. Artigo desenvolvido para a disciplina EPR00209 - Desdobramento da Função Qualidade – QFD. Publicado nos anais do evento. Sem a participação do Prof. Orientador.

Percepção de importância de algumas dimensões de qualidade de vida no trabalho por servidores municipais. Artigo não publicado desenvolvido para a disciplina EPR00211 - Métodos Quantitativos. Agosto de 2010.

GLOSSÁRIO

Este glossário tem por finalidade explicar, em termos leigos, algumas das palavras ou expressões usadas neste trabalho. Considerando este objetivo, em alguns casos embora correta, a definição apresentada pode não ser cientificamente exata ou completa.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) disponibiliza um glossário de termos às nanotecnologias, disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/0019/19537.pdf, acessado em outubro de 2013.

Definições

Biotério: viveiro de animais para pesquisas laboratoriais ou objetivos semelhantes.

Bulbo olfativo: é a área olfatória primária do cérebro, corresponde a duas zonas do cérebro, situadas debaixo da parte anterior de cada um dos hemisférios cerebrais, responsáveis pela elaboração das impressões olfativas transmitidas pelo nervo correspondente.

Capela (capela de laboratório, capela laboratorial, capela de exaustão ou hotte): é um compartimento envidraçado, fechado, equipado com um exaustor, usado em laboratórios para a manipulação de produtos químicos tóxicos e/ou voláteis.

Cominuição: ato ou efeito de cominuir ou fragmentar.

Control Banding (CB): técnica usada para orientar a avaliação e gestão dos riscos ocupacionais no ambiente de trabalho.

Dendrímeros: Moléculas sintéticas poliméricas tridimensionais formadas a partir de um processo de fabricação em nanoescala. Os dendrímeros são construídos a partir de monômeros, adicionando-se novos ramos, passo a passo, até criar uma estrutura em forma de árvore.

Dose-resposta: indica a proporção da população que manifesta um efeito definido. A resposta é a taxa de incidência de um efeito.

Epitélio nasal: tecido formado de uma ou de várias camadas de células e que recobre o corpo e as cavidades internas, neste caso, a pele que recobre as mucosas do nariz.

Estequiometria: estudo das relações e das proporções entre os elementos de uma reação química.

Fibrose: formação de excesso de tecido conjuntivo fibroso em um órgão ou tecido em um processo reativo.

Fotogenotoxicidade: toxicidade para o material genético induzida pela luz.

Fulereno: forma molecular de carbono descoberta em 1985. A mais comum é o buckminsterfulereno (C₆₀), com 60 átomos de carbono formando uma estrutura esférica. Existem fulerenos maiores, com 70 a 500 átomos de carbono.

Grafeno: estrutura planar formada por átomos de carbono. É uma forma alotrópica do carbono (difere do diamante pelo tipo de ligação, e da grafita (grafite) por ser planar). É o equivalente, em duas dimensões, da grafita (grafite) tridimensional. Os nanotubos de carbono são folhas de grafeno enroladas.

Granulomas: é um tipo especial de inflamação que manifesta-se macroscopicamente ou clinicamente sob a forma de pequenos grânulos; daí o nome "granuloma". Neste contexto é causado por corpos estranhos ao organismo.

- Hematopoiéticas:** funções relacionadas ao processo de formação, desenvolvimento e maturação de elementos sanguíneos a partir de hemocitoblastos.
- Hepáticas:** se diz do fígado ou relativo a ele.
- Hidrofilicidade:** é a afinidade de um material por água.
- Hidrofobicidade:** é a capacidade de um material repelir a água.
- Hidrólise:** reação química de quebra de uma molécula por água.
- In vitro (em vidro):** expressão latina que designa todos os processos biológicos que têm lugar fora dos sistemas vivos, no ambiente controlado e fechado de um laboratório e que são feitos normalmente em recipientes de vidro
- In vivo (dentro do vivo):** expressão latina que significa "que ocorre ou tem lugar dentro de um organismo vivo", refere-se à experimentação feita dentro ou no tecido vivo de um organismo vivo.
- Labilidade:** qualidade do que é lábil. Em química diz-se dos compostos transitórios ou pouco estáveis (instáveis).
- Laissez-faire:** expressão francesa que significa “deixar fazer” sem nenhuma interferência.
- Limites de tolerância (LT):** concentração ou intensidade de agentes nocivos abaixo da qual a maioria dos expostos não deverá apresentar danos específicos à saúde, durante determinado tempo. Em relação as questões ocupacionais, o LT é normalmente definido para a jornada laboral padrão (8 horas diárias).
- Máscara facial inteira:** são máscaras que além do nariz e da boca, recobrem também os olhos, ou seja, protegem todo o rosto do usuário.
- Máscara semifacial:** de maneira geral as máscaras semifaciais são aquelas que recobrem a boca e o nariz do usuário. Sua filtração pode ser mecânica ou química.
- Monômero:** molécula que pode se unir quimicamente a outros monômeros, formando um polímero. Do grego mono "um" e meros "parte".
- Mutagênico:** relativo a mutagênese. Agente químico ou físico capaz de produzir alterações no material genético.
- Nanoescala:** escala dimensional de ordem nanométrica.
- Nanogovernança:** pode ser entendida como o conjunto de processos, regulamentos, decisões, costumes, ideias, práticas ou padrões usados para gerir, dirigir, administrar ou governar. Neste caso aplicado à condução dos processos envolvendo as nanotecnologias.
- Nanômetros (nm):** a bilionésima parte do metro.
- Nanopartículas engenheiradas:** nanopartículas intencionalmente produzidas pelo homem.
- Nanopartículas:** partícula em que ao menos uma de suas dimensões está na escala nanométrica ou em nanoescala.
- Nanotubos de carbono:** Os nanotubos de carbono (CNT – carbon nano tubes) foram observados pela primeira vez por Sumio Iijima, em 1991. Possuem uma estrutura composta por uma ou mais folhas de grafeno (ver grafeno), formando uma estrutura cilíndrica. Podem ter paredes simples (SWNT – Single-walled nanotubes) ou paredes múltiplas (MWNT – Multi-walled nanotubes).
- Negro de fumo:** também conhecido como fuligem, é uma das variedades mais puras de carvão apresentando-se na forma amorfa, constituindo uma dispersão coloidal de partículas muito finas. Normalmente é formado na combustão incompleta de compostos orgânicos.
- Pirólise laser:** reação de análise ou decomposição que ocorre pela ação de altas temperaturas, neste caso obtidas por feixes de raios laser.
- Plasma (termo plasma):** gás aquecido onde são quebradas as ligações moleculares convertendo-o em seus átomos constituintes, normalmente associado à ionização (perda ou ganho de elétrons).

Polímero: macromolécula formada por uma longa cadeia de moléculas denominadas monômeros. Material com alto peso molecular, composto de sub unidades que se repetem. Os polímeros podem ser orgânicos, inorgânicos ou organometálicos; sintéticos ou naturais (ver monômero).

Pontos quânticos: Pontos quânticos são estruturas cristalinas nanométricas com capacidade de modificar a luz. Considera-se que o ponto quântico possui maior flexibilidade que outros materiais fluorescentes, tornando-o adequado a aplicações computacionais onde a luz é utilizada para processar informações. Os pontos quânticos são também chamados de transístor de um só elétron (single electron transistor) e bit quântico (quantum bit). Pode ser definido como uma partícula de matéria tão pequena que a adição de um único elétron produz alterações significativas em suas propriedades. O termo “quântico” serve para recordar que o comportamento do elétron em tais estruturas deve ser descrito em termos da teoria quântica. Os átomos são exemplos de pontos quânticos. Algumas estruturas compostas de poucas centenas de átomos também se comportam como pontos quânticos

Princípio da precaução: aparece como o 15º princípio da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, emitido pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ocorrida no Rio de Janeiro, de 3 a 14 de junho de 1992, este princípio prega que diante da incerteza científica sobre os riscos envolvidos em determinado processo ou operação, estes devem ser tratados como se fossem perigosos. Em outras palavras, as lacunas de conhecimento não devem servir de impedimento para a implementação de todas as medidas de prevenção cabíveis.

Pulverulência: o estado do que é pulverulento, que é a capacidade de se reduzir a pó ou que se apresenta no estado de pó.

Reação em fase vapor ou deposição química por vapor: em inglês conhecida pela sigla CVD (Chemical Vapour Deposition). Técnica utilizada para a produção de revestimentos superficiais (filmes finos). É o método de deposição mais comum na indústria de semicondutores.

Reações de catálise: reação química cuja velocidade é aumentada pela adição de outro elemento (catalisador).

Reologia: estudo da deformação e do escoamento da matéria.

Risco: na prática o risco pode ser entendido como sendo a combinação da probabilidade de que um evento perigoso ocorra com a severidade ou gravidade das consequências advindas deste evento.

Sol-Gel: Sol é uma dispersão de partículas coloidais (dimensão entre 1 e 100 nm) estável em um fluido, enquanto gel é um sistema formado pela estrutura rígida de partículas coloidais (gel coloidal) ou de cadeias poliméricas (gel polimérico) que imobiliza a fase líquida nos seus interstícios.

Solubilidade: qualidade do que é solúvel, ou seja, que se consegue dissolver; em que há dissolução (num líquido).

Startups: neste contexto, empresas jovens (recém-iniciadas) e inovadoras, normalmente de base tecnológica.

Surfactante: palavra derivada da contração da expressão “*surface active agent*”, termo que significa, literalmente, agente de atividade superficial. Outro termo em português que designa o mesmo tipo de substância é tensoativo. No contexto do texto é um elemento que permite que uma substância a princípio não solúvel seja solubilizada em água.

Translocação: em termos gerais pode ser definida como o movimento ou mudança de algo de um local para outro.