

José Renato Alves Schmidt

**AVALIAÇÃO DE RISCO ENVOLVENDO A MANIPULAÇÃO
DE NANOMATERIAIS EM UM LABORATÓRIO DE PESQUISA**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós Graduação em Engenharia
Ambiental da Universidade Federal
de Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia
Ambiental
Orientador: Prof. Dr. William Gerson
Matias

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Schmidt, José Renato Alves

Avaliação de risco envolvendo a manipulação de nanomateriais em um laboratório de pesquisa / José Renato Alves Schmidt ; orientador, William Gerson Matias - Florianópolis, SC, 2017.
185 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Risco. 3. Nanomateriais. 4. Controle de Bandas. I. Matias, William Gerson. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.



**"Avaliação de Risco Envolvendo a Manipulação de Nanomateriais em um
Laboratório de Pesquisa"**

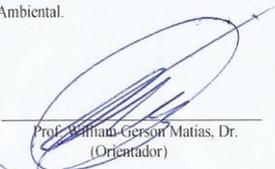
JOSÉ RENATO ALVES SCHMIDT

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

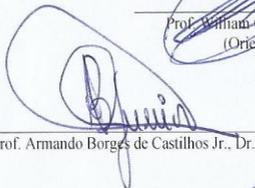
MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Engenharia Ambiental.

Aprovado por:



Prof. William Gerson Matias, Dr.
(Orientador)



Prof. Armando Borges de Castilhos Jr., Dr.



Prof.ª Cristiane Funghetto Fuzinato, Dr.ª



Luis Renato Balbão Andrade, Dr.



Prof.ª Maria Elza Nagel Hassemer, Dr.ª
(Coordenadora)

FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL
MARÇO/2017

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Deus, por me ter dado forças para mim e para minha esposa Aline, para enfrentar o maior desafio de nossas vidas ,que ocorreu em 2015, com o nascimento da minha filha/guerreira Lara;

A Universidade Federal de Santa Catarina;

Ao departamento e aos professores Pós Graduação em Engenharia Ambiental;

Ao Prof. William Gerson Matias, meu orientador, por estar presente sempre nos momentos de dúvidas, e pelas orientações;

Aos meus colegas do Laboratório de Toxicologia Ambiental (Labtox) e em especial à Denice Vicentini e Ana Letícia pelas sugestões;

Aos colegas da FUNDACENTRO de SC e das outras regionais;

Ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. E ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Ambiental (PPGEA);

E por fim agradeço à FUNDACENTRO, instituição ao qual trabalho, que o slogan é “Trabalhando para quem trabalha” por permitir essa realização.

RESUMO

Os nanomateriais (NM) podem apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas diferentes dos materiais convencionais. Isto pode acarretar em inúmeras incertezas quanto aos efeitos toxicológicos sobre os seres vivos e ao meio ambiente. As excelentes propriedades de alguns NM comparados aos seus análogos em escala micrométrica, molecular associado às suas amplas possibilidades de aplicações em diversas áreas tecnológicas promoveram o aumento significativo da produção de NM. Aliado a isto, ocorre um aumento exponencial do número de técnicos e pesquisadores expostos aos NM em laboratório desta forma o objetivo desta dissertação é identificar e comparar os riscos existentes para pesquisadores que sintetizam e/ou manipulam NM. Para tanto, foram realizados estudos em um laboratório de pesquisa universitária. Foram analisadas tarefas diárias envolvendo a síntese e manipulação de NM de dióxido de silício (SiO_2) amorfo com duas morfologias distintas, sendo elas nanotubos de SiO_2 (NT SiO_2) e nanopartículas de SiO_2 (NPS SiO_2) e suas versões funcionalizadas com uma molécula contendo grupos aminosilanos (NH_2). Para analisar os riscos existentes foram utilizadas quatro metodologias de Controle de Bandas (CB), as quais são focadas em análises qualitativas do risco. Os níveis de exposição dos pesquisadores na maioria das tarefas aos quais os NM encontram-se nos estados físicos sólido e suspensão foram baixos, já com os NM no estado de pó particulado o nível de exposição foi alto. Entretanto, devido informações toxicológicas atuais, os perigos dos NM foram enquadrados como alto, o que resultou num alto nível dos riscos nas execuções das tarefas. Desta forma, foram sugeridas algumas medidas de mitigação para melhorar as condições de saúde e segurança do trabalho no laboratório. Os métodos CB-SST/Lab Nano e CB da ISO/TS 12901-2 foram os mais adequados para este estudo conforme critérios adotados.

Palavras-chave: Risco; Nanomateriais; SiO_2 ; Controle de Bandas; Segurança e Saúde no Trabalho.

ABSTRACT

Nanomaterials (NM) can show physical, chemical and biological properties regarding to the bulk materials. It can provide many uncertainties about the toxicological effects on live organisms and environment. The excellent properties of some NM compared to their analogues in micrometric, molecular scale associated to their wide possibilities of applications in several technological areas provided a significant increase in NM production. On the other hand, it also has favored an exponential increase of technicians and researchers exposed to NM in the laboratory thus the propose of this study is identify and compare the risks for researchers who manipulate and/ or synthesize NM. For this, studies were carried out in a university research laboratory Daily tasks were analyzed when the workers manipulated or synthesized the NM amorphous silicon dioxide (SiO_2) of two types, silicon dioxide nanotubes (NTSiO_2), and silicon dioxide nanoparticles (NPSiO_2) and the aminosilanes functionalized versions (NH_2). Four Control Band methods were applied, which are focused at risk qualitative analyzes. The levels of exposure of the researchers in most of the tasks to which the NM is in the solid and suspension physical states were low, whereas with NM in the particulate powder state the level of exposure was high. However due to current toxicological information attributed a high hazard, which resulted in a high level of risks of the tasks. So, we propose some mitigation measures to improve the occupational safety and health conditions in laboratory. We also have found that the CB-SST/Lab and CB- ISO/TS 12901-2 methods were the most suitable for application on studied laboratory according parameters applied.

Keywords: Risk; Nanomaterials; SiO_2 ; Control Banding; occupational health and safety.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	2
1.2	OBJETIVOS	4
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	4
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	NANOTECNOLOGIA E NM	5
2.2	REGULAÇÃO DOS NANOMATERIAIS	6
2.3	PERIGO E RISCO.....	13
2.4	TOXICOLOGIA DAS NP.....	14
2.5	PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO.....	18
2.6	CONTROLE DE BANDAS	20
2.6.1	<i>CB-SST/LABNANO</i>	20
2.6.2	<i>CB-ANSES</i>	22
2.6.3	<i>CB-NANOTOOL</i>	27
2.6.4	<i>CB- ISO/TS 12901-2</i>	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1	FLUXOGRAMAS DAS TAREFAS	41
4	RESULTADOS	51
4.1	NTSiO ₂	51
4.2	NTSiO ₂ @NH ₂	54
4.3	NPSiO ₂	56
4.4	NPSiO ₂ @NH ₂	58

4.5	COMPARAÇÃO DAS TAREFAS ENVOLVENDO OS NM DE SiO ₂ AMORFO.....	60
4.6	MEDIDAS SUGERIDAS PARA MITIGAÇÃO DOS RISCOS.....	64
4.7	MÉTODO MAIS ADEQUADO PARA APLICAÇÃO NO LABORATÓRIO	66
5	CONCLUSÕES.....	69
6	RECOMENDAÇÕES.....	71
7	REFERÊNCIAS.....	73
8	APÊNDICE.....	91
8.1	RESULTADOS.....	91
8.1.1	<i>Resultados NTSiO₂</i>	91
8.1.1.1	Perigo NTSiO ₂	91
8.1.1.2	Exposições NTSiO ₂	94
8.1.2	<i>Resultados NTSiO₂@NH₂</i>	118
8.1.2.1	Perigo NTSiO ₂ @NH ₂	118
8.1.2.2	Exposição.....	122
8.1.3	<i>Resultados NPSiO₂</i>	134
8.1.3.1	Perigo NPSiO ₂	134
8.1.3.2	Exposição.....	137
8.1.4	<i>Resultados NPSiO₂@NH₂</i>	149
8.1.4.1	Perigo NPSiO ₂ @NH ₂	149
8.1.4.2	Exposição.....	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corpo humano e as vias de exposição às NP.....	17
Figura 2: Fluxograma para obtenção do nível de perigo da ANSES.	23
Figura 3: Perigo material macro do CB ANSES.	24
Figura 4: Fluxograma para obtenção do nível de perigo CB- ISO/TS 12901-2.	30
Figura 5: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo de síntese dos NM CB-ISO/TS 12901-2.	34
Figura 6: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo de manipulação com os NM na forma de sólido CB- ISO/TS 12901-2.	35
Figura 7: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo de manipulação com os NM suspensos em líquidos CB- ISO/TS 12901-2.	36
Figura 8: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo manipulação com os NM na forma de pó CB ISO/TS 12901-2.	37
Figura 9: Fluxograma da síntese de NTSiO_2	41
Figura 10: Fluxograma de preparação de soluções com NTSiO_2 para realização de testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	41
Figura 11: Fluxograma de preparação de soluções com NTSiO_2 para testes com células Vero.	42
Figura 12: Fluxograma de aplicação das membranas nanocompósitas de NTSiO_2 em um sistema de filtração de água.....	42

Figura 13: Fluxograma de preparação de membranas nanocompósitas de NTSiO ₂	43
Figura 14: Fluxograma de testes crônicos com <i>Daphnia magna</i> para os quatro tipos de NM.	44
Figura 15: Fluxograma de aplicação das membranas nanocompósitas de NTSiO ₂ em um sistema de filtração de água.....	44
Figura 16: Fluxograma de funcionalização do NTSiO ₂ com aminosilano.	45
Figura 17: Fluxograma de preparação de soluções com NTSiO ₂ @NH ₂ para realização de testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	46
Figura 18: Fluxograma de preparação de membranas nanocompósitas com NTSiO ₂ @NH ₂	46
Figura 19: Fluxograma de preparação de soluções com NPSiO ₂ para realização de testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	47
Figura 20: Fluxograma de funcionalização da NPSiO ₂ com aminosilano	48
Figura 21: Preparação de soluções NPSiO ₂ @NH ₂ para realizações de testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	49
Figura 22: Perigo CB ANSES NTSiO ₂	93
Figura 23: Perigo CB ISO/TS 12901-2 SiO ₂	94
Figura 24: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i> CB ISO/TS 12901-2.	97
Figura 25: Exposição nos testes crônicos com <i>Daphnia magna</i> CB ISO/TS 12901-2.	100

Figura 26: Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB ISO/TS 12901-2.	103
Figura 27: Exposição nos testes com células Vero CB ISO/TS 12901-2.	106
Figura 28: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB ISO/TS 12901-2	109
Figura 29: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB ISO/TS 12901-2.....	112
Figura 30: Exposição na síntese CB ISO/TS 12901-2.	115
Figura 31: Exposição na funcionalização do NTSiO ₂ com NH ₂ CB ISO/TS 12901-2.	118
Figura 32: Perigo NTSiO ₂ @NH ₂ CB ANSES.	121
Figura 33: Perigo NTSiO ₂ @NH ₂ CB ISO/TS 12901-2.....	122
Figura 34: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB ISO/TS 12901-2.	125
Figura 35: Exposição nos testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.	128
Figura 36: Exposição no preparo de membranas de quitosona CB ISO/TS 12901-2.	131
Figura 37: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB ISO/TS 12901-2.....	134
Figura 38: Perigo NPSiO ₂ CB ANSES.	136
Figura 39: Perigo NPSiO ₂ CB ISO/TS 12901-2.....	137
Figura 40: Exposição na preparação de testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.	140
Figura 41: Exposição nos testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.	143

Figura 42: Exposição na síntese CB ISO/TS 12901-2.	146
Figura 43: Exposição na funcionalização CB ISO/TS 12901-2.....	149
Figura 44: Perigo NPSiO ₂ @NH ₂ CB ANSES.	152
Figura 45: Perigo NPSiO ₂ @NH ₂ CB ISO/TS 12901-2.....	153
Figura 46: Exposição na preparação de testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.	156
Figura 47: Exposição na preparação de testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Projetos de Lei no Congresso Nacional.....	9
Tabela 2: Recomendação, Resolução e Orientação da UE sobre NM... 10	
Tabela 3: Regulamento da UE envolvendo NM.....	11
Tabela 4: Diretivas da UE envolvendo NM.	11
Tabela 5: Comunicações da UE envolvendo NM.	11
Tabela 6: Principais protocolos, normas e guias sobre manuseio seguro de NM e riscos associados às NP.	12
Tabela 7: Determinação de escore de Perigo CB-SST/Labnano.	21
Tabela 8: Determinação de escore de Exposição CB-SST/Labnano.	21
Tabela 9: Matriz de Risco CB-SST/Labnano.	22
Tabela 10: Medidas de controle para cada grupo de risco CB-SST/Labnano.	22
Tabela 11: Exposição do CB-ANSES.	25
Tabela 12: Explicações para os critérios na Tabela 11.....	26
Tabela 13: Classificação da forma da exposição de acordo com forma do material CB-ANSES.	26
Tabela 14: Medidas de controle para cada grupo de risco CB-ANSES	27
Tabela 15: Fatores para definição do Perigo devido ao material macro CB- Nanotool.	27
Tabela 16: Fatores para de definição do Perigo devido aos NM CB-Nanotool.....	28
Tabela 17: Fatores para definição da Exposição CB- Nanotool.....	29

Tabela 18: Determinação do nível do risco em função do perigo e da exposição CB- Nanotool.	29
Tabela 19: Medidas de controle para cada grupo de risco CB Nanotool	30
Tabela 20: Enquadramento do nível de perigo CB- ISO/TS 12901-2 ..	31
Tabela 21: Classificação da forma da exposição de acordo com a forma do material CB- ISO/TS 12901-2.	38
Tabela 22: Medidas de controle específicas para mitigação do risco do CB- ISO/TS 12901-2.	38
Tabela 23: Métodos de controle de bandas utilizados.....	39
Tabela 24: Motivos da escolha da metodologia de CB.....	39
Tabela 25: Tarefas analisadas	40
Tabela 26: Tarefas envolvendo manipulações de NTSiO ₂	52
Tabela 27: Resultados NTSiO ₂	53
Tabela 28: Tarefas envolvendo manipulações de NTSiO ₂ @NH ₂	55
Tabela 29: Resultados NTSiO ₂ @NH ₂	55
Tabela 30: Tarefas envolvendo manipulações das NPSiO ₂	57
Tabela 31: Resultados NPSiO ₂	57
Tabela 32: Tarefas envolvendo manipulações das NPSiO ₂ @NH ₂	59
Tabela 33: Resultados NPSiO ₂ @NH ₂	59
Tabela 34: Comparação dos resultados dos métodos na preparação de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i>	60
Tabela 35: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa funcionalização com aminosilano.	61

Tabela 36: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de preparação membranas.	61
Tabela 37: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	62
Tabela 38: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de síntese.	62
Tabela 39: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de aplicação membranas.	63
Tabela 40: Parâmetros para escolha do método de CB mais adequado.	67
Tabela 41: Perigo CB Nanotool SiO ₂ material macro.	91
Tabela 42: Perigo CB Nanotool NTSIO ₂	92
Tabela 43: Perigo CB SST/Labnano NTSIO ₂	92
Tabela 44: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i> CB Nanotool.	95
Tabela 45: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i> CB SST Labnano.	95
Tabela 46: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i> CB ANSES.	96
Tabela 47: Exposição nos testes crônicos com <i>Daphnia magna</i> CB Nanotool.	98
Tabela 48: Exposição nos testes crônicos com <i>Daphnia magna</i> CB SST Labnano.	98
Tabela 49: Exposição nos testes crônicos com <i>Daphnia magna</i> CB ANSES.	99

Tabela 50: Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB Nanotool.	101
Tabela 51: Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB SST Labnano.	101
Tabela 52. Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB ANSES.....	102
Tabela 53. Exposição nos testes com células Vero CB Nanotool.....	104
Tabela 54: Exposição nos testes com células Vero CB SST/Labnano.	104
Tabela 55. Exposição nos testes com células Vero CB ANSES.	105
Tabela 56: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB Nanotool.....	107
Tabela 57: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB SST/ Labnano.....	107
Tabela 58: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB ANSES.....	108
Tabela 59: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB Nanotool.	110
Tabela 60: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB SST/labnano	110
Tabela 61: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB ANSES.	111
Tabela 62: Exposição na síntese CB Nanotool.	113
Tabela 63: Exposição na síntese CB SST labnano.....	113
Tabela 64: Exposição na síntese CB ANSES.	114

Tabela 65: Exposição na funcionalização do NTSiO ₂ com NH ₂ CB Nanotool.....	116
Tabela 66: Exposição na funcionalização do NTSiO ₂ com NH ₂ CB SST/Labnano.....	116
Tabela 67: Exposição na funcionalização do NTSiO ₂ com NH ₂ CB ANSES.....	117
Tabela 68: Perigo macro NTSiO ₂ @NH ₂ CB Nanotool.....	119
Tabela 69: Perigo nano NTSiO ₂ @NH ₂ CB Nanotool.....	120
Tabela 70: Perigo NTSiO ₂ @NH ₂ CB SST/Labnano.....	120
Tabela 71: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB Nanotool.....	123
Tabela 72: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB SST/Labnano.....	123
Tabela 73: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB ANSES.....	124
Tabela 74: Exposição nos testes crônico CB Nanotool.....	126
Tabela 75: Exposição nos testes crônicos CB SST/Labnano.	126
Tabela 76: Exposição nos testes crônicos CB ANSES.	127
Tabela 77:Exposição no preparo de membranas de quitosona CB Nanotool.....	129
Tabela 78: Exposição no preparo de membranas de quitosona CB SST/Labnano.....	129
Tabela 79: Exposição no preparo de membranas de quitosona CB ANSES.....	130

Tabela 80: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB Nanotool.	132
Tabela 81: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB SST/Labnano.	132
Tabela 82: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB ANSES.	133
Tabela 83: Perigo macro NPSiO ₂ CB Nanotool.....	134
Tabela 84: Perigo nano NPSiO ₂ CB Nanotool.....	135
Tabela 85: Perigo NPSiO ₂ CB SST/Labnano.....	136
Tabela 86: Exposição na preparação de testes crônicos CB Nanotool.	138
Tabela 87: Exposição na preparação de testes crônicos CB SST Labnano.	138
Tabela 88: Exposição na preparação de testes crônicos CB ANSES..	139
Tabela 89: Exposição nos testes crônicos CB Nanotool.	141
Tabela 90: Exposição nos testes crônicos CB SST/labnano.	141
Tabela 91: Exposição nos testes crônicos CB ANSES.	142
Tabela 92: Exposição na síntese CB Nanotool.	144
Tabela 93: Exposição na síntese CB SST/labnano.....	144
Tabela 94: Exposição na síntese CB ANSES.	145
Tabela 95: Exposição na funcionalização CB Nanotool.....	147
Tabela 96: Exposição na funcionalização CB SST/labnano.	147
Tabela 97: Exposição na funcionalização CB ANSES.	148
Tabela 98: Perigo macro NPSiO ₂ @NH ₂ CB Nanotool.....	150
Tabela 99: Perigo nano NPSiO ₂ @NH ₂ CB Nanotool.....	151

Tabela 100: Perigo NPSiO ₂ @NH ₂ CB SST/Labnano.	151
Tabela 101: Exposição na preparação de testes crônicos CB Nanotool.	154
Tabela 102: Exposição na preparação de testes crônicos CB SST/Labanano.	154
Tabela 103: Exposição na preparação testes crônicos CB ANSES...	155
Tabela 104: Exposição nos testes crônicos CB Nanotool.	157
Tabela 105: Exposição nos testes crônicos CB SST/Labanano.	157
Tabela 106: Exposição nos testes crônicos CB ANSES.	158

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ag: Prata
 Al_2O_3 , Óxido de alumínio
ANSES: Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Au: ouro
BAuA: German Federal Institute for Occupational Safety and Health
BSI: British Standards Institute
 $Ca_3(PO_4)_2$: Fosfato tricálcio
Capes- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CB: Controle de Bandas
 CeO_2 : Óxido de cério
CIN: Comissão Interministerial de Nanotecnologia
CIPA: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CuO óxido de cobre
CUT: Central Única dos Trabalhadores
EPC: Equipamento de Proteção Coletiva
EPI: Equipamento de Proteção Individual
EU: European Union
EU-OSHA: European Agency for Safety and Health at Work
 Fe_3O_4 ; Óxido de ferro
FETQUIM: Federação dos Trabalhadores do Ramo Químico
FUNDACENTRO: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
HEPA: High Efficiency Particulate Air
HSE: Health and Safety Executive (UK)
IBN: Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
ILO: International Labour Organization
IRSST Institut de recherche Robert- Sauvé en santé et en sécurité du travail
ISO: International Organization for Standardization
MCTI: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
 MoO_3 : Trióxido de molibdênio
MST Ministry of Environment and Food of Danish

NIOSH: United States National Institute for Occupational Safety and Health
nm: Nanômetro
NM: Nanomateriais
NP: Nanopartículas
NR: Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho (Ministério do Trabalho)
OCDE: Organization for Economic Cooperation and Development
OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series
OIT: Organização Internacional do Trabalho
ONU: Organização das Nações Unidas
PCMSO: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PPR: Programa de Proteção Respiratória
PPRA: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
Pt: platina
REACH: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
SESMT: Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho
SiO₂: Dióxido de silício
S-SST/LabNano: Sistemática de SST para Laboratórios de pesquisa com atividades de Nanotecnologia
SWA: Safe Work Australia
TiO₂: Dióxido de titânio
UDESC: Universidade do Estado de Santa Catarina
UFFS: Universidade Federal da Fronteira Sul
UFPR- Universidade Federal do Paraná
UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina
UNIFESP: Universidade Federal de São Paulo
UNIVILLE: Universidade da Região de Joinville
UQÀM: Université du Quebec à Montreal
ZnO: óxido de zinco

1 INTRODUÇÃO

O número de produtos contendo nanomateriais (NM) disponíveis no mercado é muito alto, estando presente em diversas áreas como: produtos esportivos, cosméticos, produtos químicos, telecomunicações, tecnologia da informação, indústria têxtil, construção civil, tratamento de água e remediação de solo, agricultura, produção e distribuição de energia, odontologia, metalurgia, indústria alimentícia, indústria farmacêutica, dentre outras (ABDI, 2014; ARCURI, 2016; ENGELMANN, 2016; HANSON et al., 2011; NIOSH, 2009a).

As utilizações de NM em quantidade elevada geram preocupações, pois estes apresentam propriedades físicas, químicas e biológicas diferentes em relação aos materiais na escala micro e molecular. Estas propriedades que tornam os NM interessantes tem acarretado incertezas quanto aos possíveis efeitos de toxicidade sobre a saúde dos seres vivos e ao meio ambiente (ARCURI, 2016; ENGELMANN, 2016; EU-OSHA, 2009; NIOSH, 2009a).

A redução das dimensões dos materiais para escala nanométrica promovem o aparecimento ou intensificação de propriedades físicas, químicas e toxicológicas. Essas intensificações das propriedades e a maior reatividade dos NM são atribuídas à elevada área superficial e aos efeitos quânticos (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014). Entretanto podem provocar consequências não pretendidas, quando elas entram em contato com o organismo humano ou mesmo em outros sistemas biológicos, podendo representar um risco à saúde e segurança dos trabalhadores (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014; LINKOV et al., 2009; YOKOYAMA, 2007).

A quantidade de produtos contendo nanotecnologia vem crescendo, em média, mais de 20% ao longo dos últimos anos conforme o inventário de produtos de consumo com componentes nanotecnológicos disponíveis no mercado mundial (PROJECT ON EMERGING NANOTECHNOLOGIES, 2016). De acordo com esse inventário, o número de produtos que contém algum tipo de nanopartículas (NP) em 2005 era de apenas 54, em 2009 passou para 1015 produtos e, no último levantamento feito em 2014, foram registrados 1814 produtos, englobando manufaturados em 622 companhias de 32 países (VANCE et al., 2015). Em outra fonte STARTNANO (2016) constam dados de outubro de 2016, com 6059 produtos em 825 empresas de 47 países, principalmente nas indústrias de cosméticos, construção civil e têxtil, sendo os Estados Unidos o país

que tem a maior quantidade e variedade de produtos contendo nanotecnologia.

A nanotecnologia é a área da ciência que estuda, desenvolve e manipula NM, sendo estes, definidos como materiais com, pelo menos, uma dimensão externa com tamanho entre 1-100 nanômetros tendo aplicações nas mais diversas áreas como: saúde, comerciais, militares, de comunicação, entre outras (ISO, 2010; PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010).

O aumento de produtos nanotecnológicos faz crescer também o número de profissionais, envolvidos nos laboratórios de pesquisas. Neste sentido, as avaliações dos riscos que estes pesquisadores ou técnicos estão expostos ao manipularem NM são de extrema importância.

Mensurando os riscos é possível identificar e implementar medidas que tornem o ambiente laboral mais seguro para minimizar as possíveis doenças do trabalho relacionadas com a exposição aos NM.

Assim, o Laboratório de Toxicologia Ambiental da UFSC vem estudando NM desde 2009 em cooperação internacional com a Université du Quebec à Montreal (UQÀM), Rice University, Université de Bordeaux, Arizona State University e universidades brasileiras ressaltando a UFPR, UFFS, UDESC, UNIFESP e UNIVILLE, bem como a FUNDACENTRO. Projetos financiados pela CAPES, CNPq (REDE NANOTOX e Projeto Universal) possibilitaram o desenvolvimento de diversos estudos toxicológicos com NM e também o desenvolvimento de nanotecnologias aplicadas ao tratamento de água e esgoto. Contudo, principalmente com a iniciativa europeia de regulação das nanotecnologias (NanoREG), percebeu-se a necessidade de avaliação do risco na manipulação em ambiente de trabalho. Esta dissertação mostra os resultados de um estudo de caso comparando quatro métodos de Controle de Bandas para avaliar o risco na manipulação de NM.

1.1 Justificativa

A perspectiva indica que no ano de 2020, aproximadamente 20% de todos os produtos manufaturados no mundo utilizarão componentes com nanotecnologia (OIT, 2010).

Com esse crescimento esperado de novos produtos que utilizam nanotecnologias, crescem também as preocupações em relação aos riscos que os trabalhadores podem estar expostos em seus ambientes laborais. Os impactos nocivos e os riscos potenciais à saúde humana e

ao meio ambiente e até em relação ao comportamento humano carecem de maiores informações (ABDI, 2010).

A sociedade atual está vivendo o período da “Era da revolução Nanotecnológica”, onde diversos setores utilizam em seus processos insumos, materiais ou equipamentos que contêm NP produzidas pelo homem (ENGELMANN; HOHENDORFF; SANTOS, 2015). De acordo com os mesmos autores, as pesquisas nessa escala já deixaram os laboratórios e ganharam as linhas de produção das indústrias, incrementando o número de produtos com nanotecnologia que chegam ao mercado.

Diversas publicações internacionais como da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho EU-OSHA (2009) e Organização Internacional do Trabalho OIT (2010) tem levantado que a nanotecnologia é um risco emergente para os trabalhadores para a qual serão necessários estudos e investigações em relação aos seus efeitos.

A nanotecnologia é classificada como uma megatendência mundial até 2030, sendo esperado para as próximas décadas uma nova era impactando em todas as áreas do conhecimento e da atividade humana (IPEA, 2015).

Segundo o banco de dados da Web of Science (2016) durante o período de 2000-2015, houve um aumento de 154% no número de trabalhos científicos com a expressão “Nanotechnology”, desse valor total de trabalhos apenas 6 % consideram “Nanotechnology and Risk” e 2% com “Nanotechnology and risk assessment” isso demonstra o pouco interesse com relação aos riscos envolvendo essa nova tecnologia.

Com o crescente percentual do número de estudos envolvendo nanotecnologia nos últimos 15 anos, cresce também a preocupação, pois são necessários mais estudos envolvendo avaliação, prevenção e mitigação dos riscos ligados à saúde e segurança do trabalho para toda a rede de trabalhadores (pesquisadores, técnicos, bolsistas e terceirizados) que atuam nos laboratórios de pesquisas. Neste sentido, este trabalho avalia e compara os riscos, com metodologias qualitativas de Controle de Bandas que são usadas em situações envolvendo substâncias químicas potencialmente perigosas, onde praticamente não se tem dados sobre a toxicidade destas substâncias que é o dos NM. Essa incerteza sobre os potenciais efeitos toxicológicos de materiais na nanométrica mostra a importância de se avaliar e identificar os riscos de modo a mitigá-los.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar os riscos na manipulação e na síntese de NM de SiO₂ amorfo em um laboratório de pesquisa através da aplicação de ferramentas de avaliação qualitativa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os riscos que os pesquisadores estão submetidos na síntese e manipulação de NM de SiO₂ amorfo com diferentes morfologias através de ferramentas de avaliação qualitativa.

- Comparar os riscos identificados com as aplicações das ferramentas de avaliação qualitativa do risco.

- Determinar qual o método mais adequado para avaliação dos riscos envolvendo NM.

- Propor medidas mitigadoras dos riscos de modo a melhorar as condições de saúde e segurança do trabalho dos pesquisadores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 NANOTECNOLOGIA E NM

A nanotecnologia é a área da ciência que estuda, desenvolve e manipula NM, sendo estes, definidos como materiais com pelo menos uma dimensão externa com tamanho entre 1-100 nanômetros (ISO, 2010; PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010). Estes NM exibem propriedades físico-químicas e comportamentos biológicos diferenciados (FARD; JAFARI; EGHBAL, 2015). Além disso, suas propriedades não diferem apenas em comparação ao correspondente material na forma micrométrica, molecular ou atômica, mas também entre diferentes nanoformas da mesma substância. Devido ao reduzido tamanho, forma, aumento da área superficial, composição química, solubilidade, e estado de agregação, os NM oferecem uma ampla gama de aplicações como os NM de SiO₂ que são amplamente utilizados em diferentes áreas da indústria, como embalagens, cerâmicas, carreadores de fármacos, cosméticos, tintas, biosensores, entre outras. Além disso, as alterações nas características físico-químicas dos NM levam a mudanças em suas propriedades químicas, reatividade, atividades fotocatalíticas e propriedades energéticas; e por sua vez, alteram a toxicidade, destino, cinética e comportamento nos seres vivos e meio ambiente (ISO, 2010; RAI, 2015).

Embora com esse grande número de aplicações e vantagens das nanotecnologias, existem algumas preocupações em relação aos efeitos que as NP poderão ter na saúde humana, outros seres vivos e ao impacto ambiental das mesmas (ARCURI, 2016; DAMASCENO et al., 2013; LOURO; BORGES; SILVA, 2013; PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010).

A redução do tamanho resulta no aumento da área superficial e promove maior disponibilidade de átomos na superfície para reagir com o meio e também libera íons dos metais que os compõem como, por exemplo, Ag⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, entre outros. Essa maior disponibilidade dos íons devido à redução do tamanho é a principal causa dos impactos adversos causados aos seres vivos e ao meio ambiente (OBERDÖRSTER; OBERDÖRSTER; OBERDÖRSTER, 2005).

Conhecer as características das substâncias na forma macro não fornece informações aplicáveis sobre suas propriedades na escala nanométrica (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014). Essas novas características e seu tamanho reduzido podem representar um risco a saúde e segurança do trabalhador.

2.2 REGULAÇÃO DOS NANOMATERIAIS

Não existe ainda um Marco Regulatório mundial específico para o estabelecimento de definições de NM e de métodos de caracterização e de avaliação da sua segurança, sendo os produtos contendo NM registrados em diferentes países pelas suas respectivas Agências Reguladoras (HANKIN; CABALLERO, 2014). Tanto o cenário nacional como o internacional ainda estão na fase de estudos para identificar e quantificar os riscos para posterior formulação de regulação sobre NM (ENGELMANN, 2016).

Essas indefinições referentes aos NM cria um ambiente de insegurança para as indústrias, já que podem estar gerando vários tipos de passivos: ambiental, trabalhista e também para os consumidores. No entendimento dos autores Ferreira; Sant (2015); Engelman; Pulz (2015), o Código Civil Brasileiro, em seu art. 931, trata do risco do desenvolvimento, que no caso das nanotecnologias, as empresas podem responder pelos riscos gerados proporcionados pelos produtos colocados no mercado, tendo em vista que os riscos são ainda desconhecidos. Essa insegurança é um dos principais fatores de represamento dos investimentos em novas tecnologias (HANKIN; CABALLERO, 2014).

Desde 2012, na Convenção Coletiva de Trabalho da FETQUIM – CUT do setor farmacêutico, existe uma cláusula específica sobre Nanotecnologia, onde especifica que:

A empresa garantirá que os membros da CIPA e do SESMT sejam informados quando da utilização de nanotecnologia no processo industrial. A CIPA, o SESMT e os trabalhadores terão ainda acesso a informações sobre riscos existentes à sua saúde e as medidas de proteção a adotar (FETQUIM – CUT, 2012).

De acordo com Jensen (2016), é importante que outros setores tenham uma cláusula referente a nanotecnologia em suas convenções coletivas. Para que tenham o direito à informação da introdução de nanotecnologia nas indústrias e de suas aplicações no ambiente de trabalho, apontando para a responsabilidade das empresas na prevenção sobre impactos das nanotecnologias nos trabalhadores.

No Brasil ainda não existe uma norma regulamentadora do Ministério do Trabalho nem uma normalização da ABNT sobre NM de acordo com estudo exploratório realizado pelos autores (FERREIRA; SANT, 2015), também não existem protocolos acordados para os testes

de toxicidade das NP nem protocolos padronizados para avaliar os impactos ambientais delas.

A discussão sobre a regulamentação da nanotecnologia no Brasil foi iniciada em 2005, quando a Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (RENANOSOMA) realizou o segundo seminário sobre Nanotecnologia, Sociedade e Ambiente (NOLASCO, 2016).

Existem algumas iniciativas no Brasil sobre NM como:

- Decreto n. 6.112, de 10 de maio de 2007, o qual promulga o Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Governo da República Federativa do Brasil e a Comunidade Europeia no seu artigo IV, estabelece que uma das áreas das atividades de cooperação entre as partes, seria as microtecnologias e nanotecnologias, com o objetivo do avanço da ciência, o reforço da competitividade industrial e do desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2007);
- Portaria Nº 260, de 3 de maio de 2011, Ministério da Ciência e Tecnologia, instituiu o Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNANO), que tem o objetivo de assessorar o mesmo ministério na definição dos macros objetivos, áreas prioritárias, diretrizes, alocação de recursos, avaliação de iniciativas, ações, programas e projetos da área de nanotecnologia (BRASIL, 2011).
- A Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2012a), que instituiu o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO). O SisNANO, que tem por objetivo fornecer infraestrutura e suporte acessíveis a pesquisadores, empresas e órgãos públicos de todo o País para o desenvolvimento e inovação em nanociências e nanotecnologias (BRASIL, 2012a);
- Instrução Normativa nº 2, de 15 de junho de 2012, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2012b), aprovou o Regulamento Técnico que estabelece requisitos mínimos para integração dos Laboratórios Estratégicos e dos Laboratórios Associados ao Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias - SisNANO (BRASIL, 2012b).
- Portaria Interministerial Nº 510, de 9 de julho de 2012, ficou instituído o Comitê Interministerial de Nanotecnologia - CIN, com a finalidade de assessorar os Ministérios representados no Comitê na integração da gestão e na coordenação, bem como no

aprimoramento das políticas, diretrizes e ações voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no País (BRASIL, 2012c);

- Em 2013 o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) lançou a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), que se caracteriza por ser um conjunto de ações com o objetivo de criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e os agentes ancorados na nanociência e nanotecnologia, almejando o desenvolvimento científico e tecnológico do setor, com foco na inovação (BRASIL,2013a).
- Portaria nº 1.358, de 20 de agosto de 2014, instituiu o Comitê Interno de Nanotecnologia (CIN) no âmbito da ANVISA, seus integrantes e suas atribuições (BRASIL,2014).

No entendimento de Nolasco (2016), apesar da ausência de legislação específica sobre nanotecnologia, o sistema jurídico brasileiro oferece parcialmente uma regulamentação sobre o tema, para a identificação da responsabilidade, mensuração dos parâmetros para a sanção e estabelecimento de condutas precavidadas no trato para com o risco nanotecnológico, através de vários instrumentos como:

- A Constituição Federal de 1988 em seu artigo 225, §1º, V;
- Código Civil Brasileiro de 2002 artigo 931;
- Código Penal;
- Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos artigo 20;
- Lei da Política Nacional do Meio Ambiente artigo 14;
- Código de Defesa do Consumidor,
- Lei de Acidente Nuclear.

No Congresso Nacional existem quatro Projetos de Lei que estão arquivados ou em tramitação de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Projetos de Lei no Congresso Nacional.

Ano	Projeto de Lei n°	Autor e partido	Ementa	Status
2005	5.076	Edson Duarte (PV)	Dispõe sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no País, cria Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança, institui Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia, e dá outras providências.	Arquivado
2010	131	Tião Viana (PT)	Altera o Decreto-Lei n° 986, de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei n° 6.360, de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato.	Arquivado
2013	5.133	Sarney Filho (PV)	Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia	Anexoado
2013	6.741	Sarney Filho (PV)	Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências.	Em tramitação

Fonte: Autor

O projeto de Lei 5.133/2013 foi anexado junto ao projeto de Lei 6.741/2013 em maio de 2016, com a justificativa de ser “temeroso e mesmo inviável, instituir uma lei de rotulagem dissociada da Política Nacional de Nanotecnologia” (BRASIL, 2013a).

No ambiente internacional foi criado o projeto Europeu NANoREG, que trata da regulamentação internacional em nanotecnologia,

O NANoREG tem como membros os principais organismos globais que lidam com regulação como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a Organização

Internacional para Padronização (ISO) e a Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA) , estando envolvidos 64 instituições de 15 países na Europa, além de Austrália, Canadá, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão (NANOREG, 2016).

O NANoREG tem como objetivos disponibilizar aos legisladores um conjunto de ferramentas para avaliação de risco e instrumentos de tomada de decisão, a curto e médio prazo, através da análise de dados e realização de avaliação de risco, incluindo a exposição, monitoramento e controle, para um número selecionado de NM já utilizados em produtos; Desenvolver, a longo prazo, novas estratégias de ensaio, adaptadas a um elevado número de NM, em que muitos fatores podem afetar o seu impacto ambiental e de saúde; Estabelecer uma estreita colaboração entre governos e indústria, no que diz respeito ao conhecimento necessário para a gestão adequada dos riscos e criar a base para abordagens comuns, conjuntos de dados mutuamente aceitáveis e práticas de gestão de risco (NANOREG, 2016).

O Brasil iniciou sua participação no NANoREG a partir da definição na sexta reunião do CIN em 2014, a Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias (CGNT) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e pesquisadores das redes de Nanotoxicologia e do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNano) (PORTAL BRASIL, 2014).

A União Europeia a mais de uma década vem tratando da nanotecnologia de forma indireta por uma série de atos unilaterais aplicáveis às áreas as quais se utilizam de nanotecnologia e também possui alguns dispositivos legais que procuram tratar diretamente de aspectos relacionados à nanotecnologia. Os principais atos jurídicos na União Europeia (UE) que tratam de alguma forma sobre nanotecnologia e dos NM são: Regulamentos, Diretivas, Recomendações, Comunicações, Resoluções e Orientações conforme as Tabelas 2,3,4 e 5 (JUNIOR; LAZAROTTO; PEREIRA, 2014).

Tabela 2: Recomendação, Resolução e Orientação da UE sobre NM.

Tipo	Assunto
Recomendação 696/2011	Sobre a definição de NM.
Resolução P6_TA(2009)0328	Sobre aspectos regulamentares dos NM.
Orientação de maio de 2011	Para a avaliação dos riscos dos NM em embalagens e alimentos da European Food Safety Authority (EFSA).

Fonte: Autor.

Tabela 3: Regulamento da UE envolvendo NM.

Regulamento	Assunto
1907/2006	Relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH), que cria a Agência Europeia das Substâncias Químicas.
1333/08	Estabelece normas relativas aos aditivos utilizados nos gêneros alimentícios.
1223/2009	Relativo aos produtos cosméticos
10/2011	Relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contato com os alimentos.
1169/2011	Relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os gêneros alimentícios.
528/2012	Relativo à disponibilização no mercado e à utilização de produtos biocidas.

Fonte: Autor.

Tabela 4: Diretivas da UE envolvendo NM.

Diretivas	Assunto
39/2008	Relativa aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contato com gêneros alimentícios.
65/2011	Restringe e condiciona o uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos e requer considerações especiais de segurança para os NM, apesar de não proibir a utilização destes no fabrico dos equipamentos que regulamenta.
19/2012	Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Define a competência da Comissão para avaliar se poderá ser necessário um tratamento específico aos riscos dos produtos de nanotecnologia.

Fonte: Autor.

Tabela 5: Comunicações da UE envolvendo NM.

Comunicações	Assunto
243/2005	Plano de ação para a Europa 2005-2009.
366/2008	Intitulada Aspectos Regulamentares dos NM.
607/2009	Intitulada Nanociências e Nanotecnologias: plano de ação para a Europa 2005-2009 – Segundo Relatório de Execução 2007-2009.
572/2012	Trata da segunda revisão regulamentar relativa aos NM.

Fonte: Autor.

Na Tabela 6 são mostrados os principais protocolos, normas e guias sobre manuseio seguro de NM e riscos associados às NP.

Tabela 6: Principais protocolos, normas e guias sobre manuseio seguro de NM e riscos associados às NP.

Organi-zação (Sigla)	Publicação
IRSST	Health Effects of Nanoparticles, second edition (OSTIGUY et al., 2008). Best Practices Guidance for NM Risk Management in the Workplace (OSTIGUY et al., 2015).
ILO/ONU	Emerging risks and new patterns of prevention in a changing world of work (OIT, 2010).
NIOSH	Approaches to Safe Nanotechnology: managing the health and safety concerns associated with engineered NM (NIOSH, 2009a). Filling the knowledge gaps for safe nanotechnology in the workplace Occupational exposure to carbon nanotubes and nanofibers (NIOSH, 2012). Current Strategies for Engineering Controls in Nanomaterial Production and Down- stream Handling Processes, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 2013).
SWA	Engineered NM: investigating substitution and modification options to reduce potential hazards (SWA,2010)
ISO	ISO/TS 12901-2:2014- Nanotechnologies - Occupational risk management applied to engineered NM -- Part 2: Use of the control banding approach (ISO, 2014). ISO/TS 12901-1:2012 - nanotechnologies - Occupational risk management applied to engineered NM -- Part 1: Principles and approaches (ISO, 2012). ISO/TR 13121:2011- Nanotechnologies - nanomaterial risk evaluation (ISO, 2011). ISO/TR 12885:2008 - Nanotechnologies - health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies (ISO, 2008).
HSE & Safena-no	Using NM at workv(HSE,2013). The use of NM in UK Universities: an overview of occupational health and safety (WHEELER; POLAK, 2013) Working safely with NM in research & development (SAFENANO, 2012). Working safely with NM in research & development (SAFENANO, 2016).
BAuA	Guidance for handling and use of NM at the workplace (BAuA, 2007).

(Continua)

(Continuação)

MST	Nanocat: a conceptual decision support tool for NM (MST, 2011).
ANSES	Development of a specific Control Banding Tool for NM Toxicité et écotoxicité des nanotubes de carbone (ANSES, 2010).
OECD	Current Developments: activities on the safety of manufactured NM (OECD, 2010).
ABDI	Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação (ABDI,2011).

Fonte: adaptado de (LENZ E SILVA, 2013).

A ausência de um marco regulatório para a nanotecnologia e os NM não é positiva, pois tal situação possibilita que num futuro próximo que o Brasil tenha que adotar as proposições normativas de outros países e se submeter às propostas estrangeiras de regulação, que podem não atender às especificidades brasileiras (ENGELMANN, 2016).

2.3 PERIGO E RISCO

O termo perigo é definido como uma fonte ou situação com potencial de provocar danos em termos de ferimentos humanos ou problemas de saúde, danos à propriedade, ao ambiente, ou uma combinação de ambos (ISO 31000, 2009). A falta de informações toxicológicas sobre os NM torna dificultoso afirmar se são nocivos ou não e se possuem uma toxicidade diferente do mesmo material na sua forma macrométrica e micrométrica (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014).

A OHSAS 18001 (2007) e ISO 31000 (2009) definem risco como sendo a combinação da probabilidade da ocorrência de um acontecimento perigoso ou exposição (ões) e da severidade das lesões, ferimentos ou danos para a saúde, que pode ser causada pelo acontecimento ou pela(s) exposição (ões).

No Fórum Brasileiro de Competitividade em Nanotecnologia foi produzido um Relatório, elaborado por Pohlmann; Guterres (2010), do Grupo técnico do Marco Regulatório onde indicaram as propriedades como as mais relevantes para se determinar a qualidade e a toxicidade dos nano-objetos na análise de risco:

- Tamanho das partículas e distribuição de tamanho;
- Via de exposição/administração;
- Labilidade em meios biológicos ou ambiente;
- Estrutura cristalina;
- Estado de agregação;
- Composição / revestimentos de superfície;

- Reatividade de superfície;
- Método de síntese/ fabricação;
- Pureza da amostra;
- Volume de produção

Fazer a avaliação da exposição do trabalhador utilizando apenas concentração das NP em ambientes de trabalho, não é suficiente (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014). As mesmas autoras questionam qual seria a unidade métrica de dose mais adequada para realizar tal avaliação, já que a toxicidade dos NM depende de várias propriedades além da massa.

Os limites de exposição ocupacional para avaliar o risco do trabalhador a substâncias químicas são estabelecidos utilizando a métrica da concentração (massa dividida pelo volume) (BRASIL, 2016), portanto a utilização desse parâmetro não é adequada.

Outro problema é que não existe um consenso sobre instrumentos e protocolos de monitoramento (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014 apud Grossi 2007). Segundo as mesmas autoras, os instrumentos não permitem obter todos os parâmetros anteriormente relatados que podem interferir na toxicidade dos NM.

2.4 TOXICOLOGIA DAS NP

Com o crescente número de produtos com nanotecnologia, a exposição aos NM também aumenta, podendo ocorrer em qualquer fase do ciclo de vida do produto, desde a síntese, fabricação, uso e indo até o descarte, implicando em diversas exposições como: ocupacional, ambiental e do consumidor (LOURO; BORGES; SILVA, 2013).

Para realizar as avaliações dessas exposições ao longo de todo o ciclo de vida do produto, são necessários estudos toxicológicos. Diante dessa necessidade surgiu à área chamada de nanotoxicologia, com o objetivo de estudar e avaliar a toxicidade de NM e nanodispositivos e seus efeitos nos organismos (BAKAND; HAYES, 2016; OBERDÖRSTER; OBERDÖRSTER; OBERDÖRSTER, 2005; PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010). Atualmente esses estudos sobre toxicidade envolvendo os NM carecem de mais informações (BAKAND; HAYES, 2016; GONÇALVES, 2014; HALLOCK et al., 2009; HOYT; MASON, 2008; KELLY, 2009; LOURO; BORGES; SILVA, 2013; MATHIAS; ROMANO; ROMANO, 2014; RICCARDI; GUASTALDI, 2013).

Para avaliar a toxicidade de um produto são realizados ensaios toxicológicos que visam definir se o produto apresenta ou não efeitos

tóxicos ou nocivos e, se for o caso, qual é a natureza destes efeitos e seu grau de toxicidade. Nesses ensaios os organismos vivos são expostos a diferentes concentrações das substâncias de interesse e são analisados os efeitos adversos causados sobre estes organismos, como por exemplo, imobilidade, morte, alterações morfológicas e fisiológicas (MATIAS, 2014).

Os estudos da toxicidade se dividem em três tipos: aguda, sub crônica e crônica. A primeira visa demonstrar a ocorrência de efeitos severos em um curto espaço de tempo em relação ao ciclo de vida do organismo-teste, após a exposição desses a uma única dose ou concentração da substância-teste em diferentes diluições. Já a toxicidade sub crônica estuda o efeito resultante de administrações repetidas de uma substância durante um período intermediário do ciclo de vida de determinada espécie e a toxicidade crônica destina-se a caracterizar o perfil toxicológico de uma substância em uma espécie, após uma exposição repetida e prolongada, cobrindo o ciclo de vida de forma representativa (MATIAS, 2014).

Estudos mais específicos também são feitos com os NM como: a Carcinogenicidade, Mutagenicidade, Teratogenicidade e a Reprodução (MATIAS, 2014).

A toxicidade das NP é frequentemente mais severa em populações susceptíveis como mulheres grávidas (LI; ZHANG; YAN, 2014) e segundo Delgado; Paumgarten (2013) pouco tem sido publicado a respeito dos seus efeitos na placenta e sobre a passagem destas da mãe para o embrião e feto humanos, podendo ser um perigo para desenvolvimento dos fetos (HOUGAARD et al., 2015). Segundo Arcuri; Viegas; Pinto (2014), com todas essas incertezas, a toxicidade das NP gera uma preocupação, tendo em vista que o maior grupo de mulheres que estão no mercado de trabalho, está em idade fértil. Esta é a realidade também das pesquisadoras nas universidades.

No estudo de Riccardi e Guastaldi (2013), foi realizada análise considerando diversos nanomateriais, tais como: nanotubos de carbono, fulerenos, pontos quânticos e NP de Ag, Au, Pt, TiO₂, ZnO, CeO₂, SiO₂, CuO, Ca₃(PO₄)₂, Fe₃O₄ e Fe₂O₃, MoO₃, Al₂O₃, etc, e concluíram que, a maioria dos trabalhos científicos analisados indicaram que algumas NP apresentaram resultados positivos em testes *in vitro* para análise de citotoxicidade, genotoxicidade, carcinogenicidade, resposta inflamatória ou mecanismos de geração de radicais livres, e os mesmos também verificaram um número expressivo de resultados contraditórios, dependendo da metodologia escolhida para realização do teste *in vitro*. De acordo com entendimento dos autores Hallock et al. (2009), nos

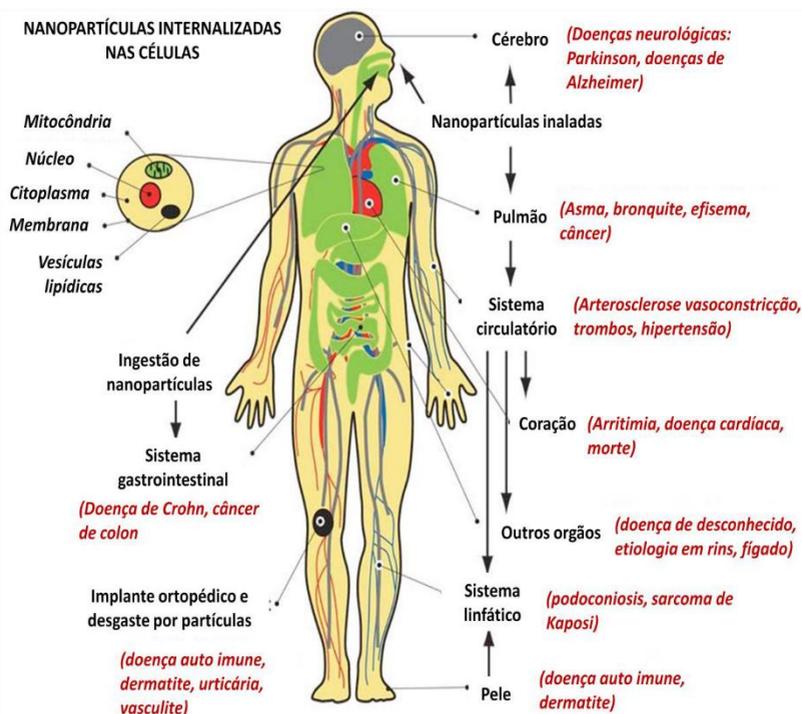
testes *in vivo* as NP podem ser tóxicos que o forma macrométrica, entretanto esse entendimento não se pode generalizado já que as partículas na forma nanométrica podem apresentar uma toxicidade mais baixa em relação a forma macrométrica (HUSSAIN et al., 2009; STERN; MCNEIL, 2008).

Estudos comparando a toxicidade aguda e crônica de CUO na forma macrométrica com a forma nanométrica concluíram que a forma nanométrica apresenta uma maior toxicidade que a forma macro aos organismos *Daphnia magna* e *Vibrio fischeri* (ROSSETTO, 2012 e ROSSETTO et al., 2014). De acordo com Costa (2014) comparando a toxicidade aguda das NP Cr₂O₃ para os mesmos organismos teste, os resultados também demonstraram que a forma nanométrica é mais tóxica do que a mesma formulação na escala macrométrica.

Os autores Melegari et al., (2013) avaliaram o estresse oxidativo das NP CuO no organismo teste *Chlamydomonas reinhardtii* e concluíram que tem aumento no nível de avaliação do estresse oxidativo (ROS) após 72 horas de exposição com as NP CuO.

Na Figura 1 demonstra alguns possíveis efeitos adversos à saúde, associados com exposição por inalação, ingestão e dérmica de NP, sendo essas as principais vias de exposição ocupacional (EU-OSHA, 2013a; HANSON et al., 2011; NIOSH, 2009a). Nem todas as NP produzem esses efeitos, pois a toxicidade depende de diversos fatores como tamanho, composição, agregação dentre outros (BUZEA; PACHECO; ROBBIE, 2007).

Figura 1: Corpo humano e as vias de exposição às NP.



Fonte: Adaptado de Santos (2014); Buzea; Pacheco; Robbie (2007).

A exposição por inalação é a principal via de exposição no ponto de vista ocupacional (ARCURI, 2016; BAKAND; HAYES, 2016; CANCINO et al., 2014; EU-OSHA, 2009, 2013a; LIMA, 2014; LOURO; BORGES; SILVA, 2013; MURASHOV, 2009; PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010). Essa exposição pode ocorrer devido a processos de erosão de materiais fabricados ou à produção e a utilização e/ou manipulação de NM no estado físico de pó particulado em processos industriais (LOURO; BORGES; SILVA, 2013).

O trato respiratório pode ser dividido em três regiões: nasofaringe, traqueobrônquica e alveolar (FORBE; GARCÍA; GONZALEZ, 2011). A região da nasofaringe é impactada por partículas grandes (5–30 μm), partículas pequenas (1–5 μm) são depositadas na região da traqueobrônquica. Entretanto partículas muito pequenas (<1 μm) e NP (<100 nm) são capazes de penetrar através da região dos

alvéolos, onde os mecanismos de remoção não são adequados (BAKAND; HAYES, 2016). Depois de serem depositadas no epitélio pulmonar, as nanopartículas podem se translocar do pulmão para o sistema circulatório atingindo outros órgãos por diferentes mecanismos e rotas (OBERDÖRSTER et al., 2005).

A exposição dérmica é uma importante via de entrada, pois devido ao uso cada vez mais frequentes de materiais contendo NP em roupas, cosméticos e produtos de higiene pessoal. O contato da pele com as NP podem ocorrer também durante a exposição ocupacional, onde ocorra o manuseio de solventes, pesticidas, produtos farmacêuticos entre outros, devido à tendência desses materiais nessa escala se aglomerarem (ANDRADE, 2013; ARCURI, 2014; FORBE; GARCÍA; GONZALEZ, 2011; NIOSH, 2009b). Vários fatores podem afetar a absorção dérmica como tipo de trabalho, duração da tarefa, área da superfície exposta e a extensão e o tipo de roupa de proteção utilizada (MURASHOV, 2009).

Segundo Arcuri (2016), nessa via as NP podem entrar no corpo através de cinco possibilidades:

- Das células do extrato córneo;
- Entre as células do extrato córneo – movimentação dos pulsos;
- Folículo do cabelo,
- Glândulas de suor e
- Através da pele inflamada ou ferida.

Já a via por ingestão de NP pode se dar através de alimentos ou água contaminada, ou a transferência para a boca através das mãos que também pode acompanhar a exposição por inalação, pois as partículas que são capturadas a partir do trato respiratório através da escada rolante mucociliar podem ser engolidas (MURASHOV, 2009). Por isso a importância de não se alimentar no local de trabalho.

2.5 PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Originalmente este princípio foi proposto visando à proteção do meio ambiente, após várias degradações ambientais na Alemanha na década de 70 (SANTOS; BELLEZA, 2014). Segundo os mesmos autores passados alguns anos após sua criação, esse princípio começou a fazer parte de vários tratados internacionais primeiramente na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento no Rio.

Nessa Conferência foi apresentada como 15º princípio:

De modo a proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental (ONU, 1992).

O princípio da precaução deve ser utilizado para orientar medidas nas situações em que o conhecimento científico está ainda incompleto, denotando a incerteza (JUNIOR; LAZAROTTO; PEREIRA, 2014; LIEBER, 2008; TAVARES; SCHRAMM, 2015; ZANINI, 2016). A nanotecnologia se enquadra nesse caso, onde é preconizando a necessidade de atuar para redução dos riscos potenciais, antes que exista uma prova científica, levando em consideração os prováveis custos e benefícios da ação versus inação. Algumas tecnologias emergentes num passado recente tinham um enorme potencial para aplicações industriais ou médicas, mas se revelaram tardiamente como nocivas para o homem e para o meio ambiente como as fibras de asbestos, benzeno e raio-x (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2001; LOURO; BORGES; SILVA, 2013).

O Fórum Intergovernamental sobre Segurança Química, através de sua sexta seção em 2008, recomendou que Governos e indústrias devessem aplicar esse princípio como um princípio geral de gestão de risco, através de todo o ciclo de vida dos NM manufacturados, pela possibilidade de impactar a saúde e o meio ambiente (ARCURI, 2014; TAVARES; SCHRAMM, 2015; ZANINI, 2016).

Os efeitos provocados na saúde e ao meio ambiente em todo o ciclo de vida dos produtos que envolvem NM, ao longo do tempo (curto, médio e longo prazo) requerem informações mais completas, pois, não se sabe ainda qual o impacto das NP na saúde humana nem ao meio ambiente (ENGELMANN; PULZ, 2015; HOHENDORFF; ENGELMANN; OSHIRO, 2013). Essas incertezas reforçam que o princípio da precaução é um princípio que dever ser seguido de modo a evitar/amenizar um possível dano e assim, garantir a efetivação do princípio da dignidade da pessoa humana (ENGELMANN; HOHENDORFF, 2014).

2.6 CONTROLE DE BANDAS

A metodologia de Controle de Bandas (CB) foi desenvolvida na indústria farmacêutica como um método para avaliar os riscos envolvendo um grande número de substâncias que são potencialmente perigosas, mas que não apresentam informações toxicológicas (BROUWER, 2012; FLEURY et al., 2013; HRISTOZOV et al., 2016; ISO/TS 12901-2, 2014; LIGUORI et al., 2016).

Essas substâncias são colocadas em uma matriz e classificadas em “faixas de perigo” baseadas na toxicidade de substâncias químicas na forma macro ou análogas e em “faixas de exposição” de acordo com a exposição que os trabalhadores estão expostos. Cruzando os dados obtidos na matriz é identificado o risco e são propostas medidas de controle para mitigá-lo (ISO/TS 12901-2, 2014).

O CB utiliza um enfoque totalmente qualitativo no qual o risco é avaliado e proposto medidas de controle diante da exposição de trabalhadores, utilizando em situações onde exista muita incerteza, como é o caso dos potenciais danos provocados pelos NM (ANDRADE, 2013; ISO/TS 12901-2, 2014).

Na lacuna da definição dos limites de exposição, o CB pode ser útil para a avaliação e o controle dos agentes de riscos ocupacionais dentro do programa de segurança e saúde no trabalho (NIOSH, 2009a).

Ao dispensar levantamentos quantitativos, normalmente mais dispendiosos, a utilização do CB se adequa a operações de menor porte, como as realizadas em laboratórios de pesquisa ou às micro e pequenas empresas (ANDRADE, 2013).

Têm surgido inúmeras ferramentas de CB para aplicação em NM ao longo dos últimos anos: CB Nanotool (2008), SST/Labnano (2013), ANSES CB tool for nanoparticles (2010), Stoffenmanager Nano 1.0 (2008), Nanosafer (2012), GoodNanoGuide (2011), Precautionary matrix (2012), ISO 12901-2 (2014). Essas ferramentas apresentam de 3 a 4 faixas para a exposição e de 3 a 5 para o perigo, sendo agrupados em 3 a 5 grupos de riscos, em cada grupo são apresentadas medidas para mitigação ou controle dos riscos.

2.6.1 CB-SST/LABNANO

De acordo com Andrade (2013), o CB-SST/Labnano é composto por um algoritmo de classificação dos riscos, sendo que o mesmo é composto em duas etapas: a primeira se destina a avaliar o perigo potencial das NP através das perguntas da Tabela 7. A outra etapa

consiste em determinar o fator de exposição pelos NM através da Tabela 8.

Tabela 7: Determinação de escore de Perigo CB-SST/Labnano.

Escore de Perigo			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança dos NM	Sim	0	
	Não	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante	Sim	+1	
	Não	-1	
O material contém NP solúveis ou lábeis	Sim	+1	
	Não	-1	
Os NM contêm elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	Sim	+1	
	Não	-1	

Fonte: Andrade (2013).

Tabela 8: Determinação de escore de Exposição CB-SST/Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM 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	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	
	Não	-1	

Fonte: Andrade (2013).

Em ambos os casos, para cada situação é atribuído um grau entre: +1 (agravante); 0 (neutro) e -1 (atenuante). Com estes graus é possível enquadrar a situação ou processo em um dos três grupos de risco previstos pela metodologia (enfoque de controle de bandas). Para cada grupo de risco são previstas medidas de controle específicas de acordo com a Tabela 9 (ANDRADE, 2013).

A soma dos resultados da Tabela 7 e da Tabela 8 deve-se enquadrar na Tabela 9 para obtenção do grau de risco da tarefa.

Tabela 9: Matriz de Risco CB-SST/Labnano.

Exposição \ Perigo		Escore 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

Fonte: Andrade(2013).

Após o enquadramento do referido risco na tabela anterior, o autor descreve algumas sugestões para mitigar o risco conforme a Tabela 10, que são medidas de proteção coletivas e medidas administrativas.

Tabela 10: Medidas de controle para cada grupo de risco CB-SST/Labnano.

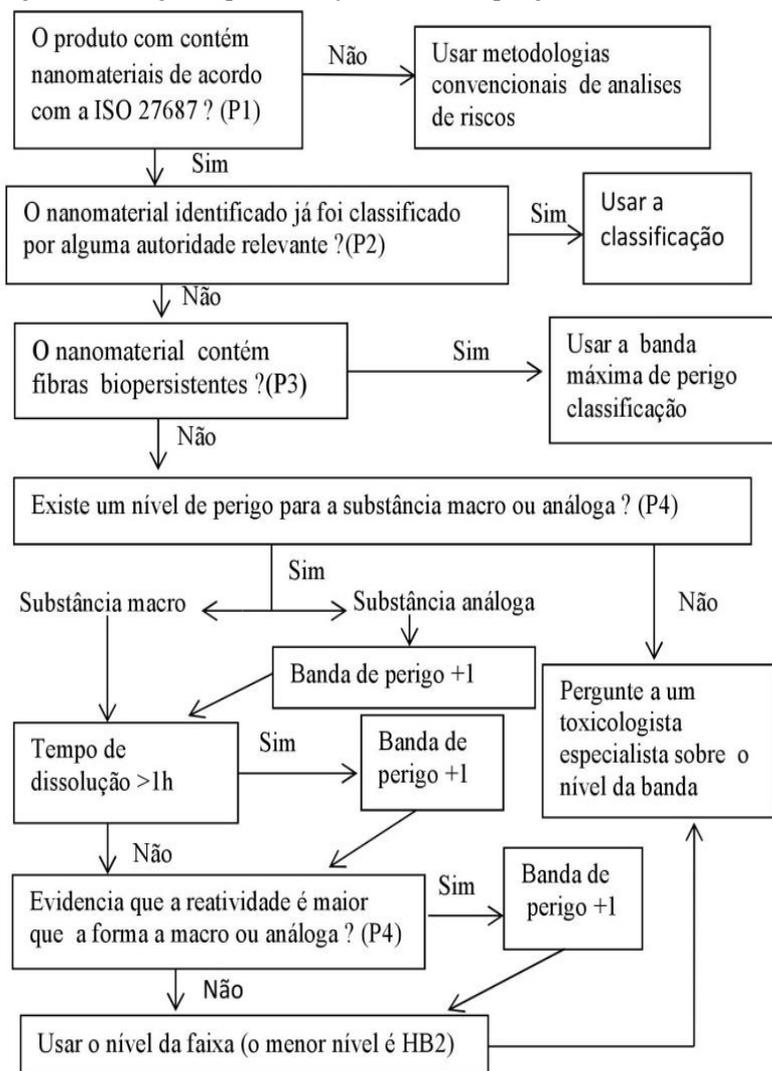
GRUPOS DE RISCO		
I	II	III
Capela de exaustão ou recirculação com filtragem HEPA. Acesso controlado por avisos e normas internas. As tarefas poderão ser executadas fora do horário por uma única pessoa desde que haja a comunicação do fato. Outras ações ou modificações definidas pelo conjunto dos envolvidos.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

Fonte: Andrade(2013).

2.6.2 CB-ANSES

Para enquadramento nas bandas de perigo deve ser seguido o fluxograma de decisão que é apresentado na Figura 2 respondendo uma série de perguntas (ANSES,2010).

Figura 2: Fluxograma para obtenção do nível de perigo da ANSES.



Fonte: adaptado de ANSES (2010).

Para enquadrar a faixa de perigo do material macro, os dados toxicológicos do material é locado em uma das categorias de HB1 a HB5 de acordo com a Figura 3.

Figura 3: Perigo material macro do CB ANSES.

		Nível de Toxicidade				
		HB1	HB2	HB3	HB4	HB5
CLASSIFICAÇÃO						
	Advertência Corro. Pele 2		Tox. Aguda 4	Perigo Tox. Aguda 3	Perigo Tox. Aguda 1-2	Perigo Resp. sens. 1
	Perigo olho 2					Carc. 1ª-1B
	E todos os pictograma ao lado não observados.		Advert. STOT-RE 2	Advertência STOT-RE 2	Perigo STOT-SE 1 STOT-RE 1	Muta. 1ª-1B
				Corro. Pele1 Perigo olho 1	Repro. Tox. 1ª-1B	
		Advert. STOT-RE 2			Advertência Muta. 2	
			Advertência Pele Sens 1 STOT-RE 3 (resp. irrit)	Advertência Carc. 2 Repro. 2		

Fonte: adaptado de ANSES (2010).

Observações:

Carc.: Carcinogenicidade

Muta.:Mutagenicidade

Repro.:Reprodutivo

Resp. sens: Sensibilização respiratória

STOT-RE: Toxicidade para órgãos-alvo específicos (doses repetidas)

STOT-SE: Toxicidade para órgãos-alvo específicos (dose única)

Tox.: Toxicidade

O nível de exposição é definido de acordo com estado físico dos NM no início do processo. Esse nível pode sofrer uma alteração de

enquadramento devido à tendência natural do material e ou modificação da faixa devido à operação de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11: Exposição do CB-ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável ^{1?} (+2bandas)	Líquido altamente volátil ^{2?} (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira ³ (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas ⁴ (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Fonte: adaptado de ANSES (2010).

¹Material cuja matriz pode liberar partículas sob baixa atrito ou pressão.

²De acordo com a nome INRS ND 2233 (metodologia de avaliação simplificada do risco químico: uma ferramenta para a decisão).

³Fração respirável de acordo com a EN 15051 (método para verificar a quantidade de poeira dos materiais na escala macrométrica).

⁴Forças externas tais como, por exemplo, forças mecânicas, elétricas, lasers e outras.

Explicações para os critérios na tabela que propões faixas para potencial de emissão conforme a Tabela 12.

Tabela 12: Explicações para os critérios na Tabela 11.

Nº	Explicações
I	Sólidos friáveis podem se quebrar facilmente em pós, assim a faixa é acrescida de 2 níveis, que corresponde ao nível do pó.
II	NM que estão dispersos em um líquido altamente volátil pode se tornar novamente pó se o líquido evapora. Para estar do lado da segurança, a faixa é acrescida de um nível.
III	Pós com alta ou moderada facilidade de ser tornar poeira pode facilmente se tornar um aerossol.
IV	Geração de poeira é — por definição — um processo que cria aerossol.
V	Fusão ou dispersão de um sólido em um líquido é — por definição — uma mudança de forma física
VI	Spray é — por definição — a criação de aerossol

Fonte: adaptado de ANSES (2010).

Após o enquadramento das bandas de perigo e exposição é possível enquadrar em um dos 5 grupos de risco previstos pela metodologia de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13: Classificação da forma da exposição de acordo com forma do material CB-ANSES.

Faixa de Perigo	Faixas de exposição			
	EB1	EB2	EB3	EB4
HB1	CB1	CB1	CB2	CB3
HB2	CB1	CB1	CB2	CB3
HB3	CB1	CB1	CB3	CB4
HB4	CB2	CB2	CB4	CB5
HB5	CB5	CB5	CB5	CB5

Fonte: adaptado de ANSES (2010).

Para cada um dos cinco grupos de risco são previstas medidas de controle específicas para mitigação do risco de acordo com a Tabela 14.

Tabela 14: Medidas de controle para cada grupo de risco CB-ANSES

Nível de risco	Medida de controle
CB1	Ventilação geral natural ou mecânica
CB2	Ventilação local: exaustor, capa protetora, cobertura de mesa.
CB3	Ventilação fechada: cabine ventilada, reator fechado com abertura normal.
CB4	Contenção completa: sistema continuamente fechado
CB5	Contenção completa e revisado por um especialista: veja um conselho de um especialista

Fonte: adaptado de ANSES (2010).

2.6.3 CB-NANOTOOL

Segundo Paik; Zalk; Swuste (2008) a definição da banda de perigo no CB NANOTOOL ocorre com a soma dos pontos definidos em duas etapas, a primeira depende das características do material macro (Limite de tolerância; carcinogenicidade; toxicidade para reprodução; mutagênico; toxicidade para pele e capacidade de produzir asma), para cada fator são atribuídos pontos de acordo com a Tabela 15.

Tabela 15: Fatores para definição do Perigo devido ao material macro CB-Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	<10 10	10-10 ² 5	101-10 ³ 2,5	>10 ³ 0	Desconhecido 7,5
Limite de Tolerância (µg/m ³)					
Carcinogênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade de reprodução	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Mutagênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade na pele	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Capacidade de produzir Asma	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		

Fonte: adaptado de Paik; Zalk; Swuste (2008)

A outra etapa depende das características dos NM (reatividade da superfície; forma e diâmetro da partícula; solubilidade;

carcinogenicidade; toxicidade para reprodução; mutagênico; toxicidade para pele e capacidade de produzir asma) para cada fator são atribuídos pontos de acordo com a Tabela 16.

Tabela 16: Fatores para de definição do Perigo devido aos NM CB- Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação			
	Alta	Média	Baixa	Desconhecida
Reatividade da superfície	Alta 10	Média 5	Baixa 0	Desconhecida 7,5
Forma da partícula	Tubular ou fibrosa 10	Anisotrópica 5	Compacta ou esférica 0	Desconhecida 7,5
Diâmetro da partícula (nm)	1-10 10	11-40 5	>40 0	Desconhecida 7,5
Solubilidade	Insolúvel 10	Solúvel 5	Desconhecida 7,5	
Carcinogênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade de reprodução	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Mutagênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade na pele	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Capacidade de produzir Asma	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	

Fonte: adaptado de Paik; Zalk; Swuste (2008).

Conforme Paik; Zalk; Swuste (2008) para a definição da banda de exposição no CB- NANOTOOL deve-se distribuir os pontos de acordo com Tabela 17, que se refere à possibilidade de exposição dos NM que depende de alguns fatores como: quantidade utilizada, pulverulência dos NM, número de trabalhadores expostos, frequência de realização da tarefa e duração da tarefa.

Tabela 17: Fatores para definição da Exposição CB- Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	>100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Nenhuma 0	Desconhecida 22,5
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25

Fonte: adaptado de Paik; Zalk; Swuste (2008).

Para obter o nível do perigo na execução da tarefa, são somadas as pontuações referentes ao material na sua formas macrométrica e nanométrica obtidas respectivamente na Tabela 15 e Tabela 16 e enquadradas na tabela 18.

Com a pontuação referentes à exposição obtidos na Tabela 17, é possível enquadrar o nível do risco em um dos 4 grupos na Tabela 18. Para cada grupo de risco, a método sugere algumas medidas de controle específicas conforme a Tabela 19 (PAIK; ZALK; SWUSTE, 2008).

Tabela 18: Determinação do nível do risco em função do perigo e da exposição CB- Nanotool.

Perigo	Exposição			
	Extremamente improvável (0-25)	Menos provável (26-50)	Provável (51-75)	Causa provável (76-100)
Muito alto (76-100)	CB3	CB3	CB4	CB4
Alto (51-75)	CB2	CB2	CB3	CB4
Médio (26-50)	CB1	CB1	CB2	CB3
Baixo (0-25)	CB1	CB1	CB1	CB2

Fonte: adaptado de Paik; Zalk; Swuste (2008).

Tabela 19: Medidas de controle para cada grupo de risco CB Nanotool

Nível de risco	Medida de controle
CB1	Ventilação geral
CB2	Cabine ventilada ou ventilação exaustor local
CB3	Contenção
CB4	Consultar um especialista

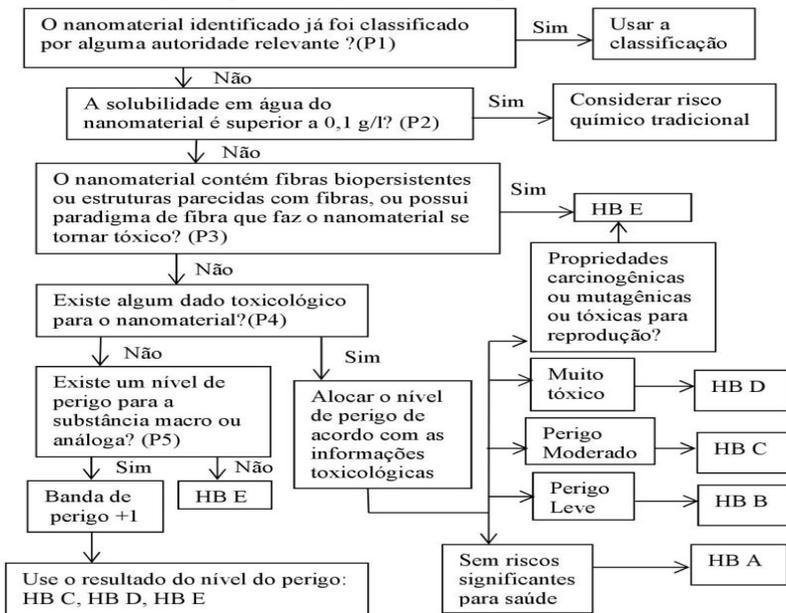
Fonte: adaptado de Paik; Zalk; Swuste (2008).

No caso dos NM não seja pulverulento, será atribuído à classificação de extremamente improvável, independente dos demais fatores para a pontuação referente à exposição.

2.6.4 CB- ISO/TS 12901-2

Para obtenção do nível de Perigo é utilizado um processo ao qual são respondidos 5 questionamentos: se o NM já foi classificado por uma autoridade relevante, solubilidade, se o NM contém fibra biopersistentes e se possuem algum dado toxicológico. Essas perguntas obedecem a um sistema de fluxograma de decisão, que é apresentado na Figura 4 (ISO, 2014).

Figura 4: Fluxograma para obtenção do nível de perigo CB- ISO/TS 12901-2.



Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

Para obtenção do nível do perigo nos NM quando existem dados toxicológicos (questionamento 4 da figura 4), os mesmos devem ser enquadrados na tabela 20. Caso não exista, deve-se enquadrar as informações toxicológicas do material na escala macrométrica na tabela 20 e adiciona-se mais um nível, sendo o menor nível a ser adotado o HB C.

Tabela 20: Enquadramento do nível de perigo CB- ISO/TS 12901-2

Categorias	A	B	C	D	E
OEL mg/m ³	1-10	0,1-10	0,01-0,1	<0,01	
Tox. aguda	Baixa	Tox. Aguda 4	Tox. Aguda 3	Tox. Aguda 1-2	
Lc50 exp. oral (mg/kg)	>2000	300-2000	50-300	<50	
Lc50 exposição dérmica (mg/kg)	>2000	1000-2000	200-1000	<200	
Lc50 inalação 4h (mg/l) Aerossol/partículas	>5	1-5	0,5-1	<0,5	
Efeitos severos agudos (risco de morte)	-	STOT SE 2-3 Perigo de aspiração. 1	STOT SE 1	-	-
Efeitos adversos por exposição pele (mg/kg) (exposição única)	-	Efeitos adversos observados ≤ 2000	Efeitos adversos observados ≤ 1000	-	-
Mutagenicidade/genotoxicidade	Negativo	Negativo	Negativo	Neg.	Mutagênico na maioria dos ensaios “ <i>in vivo</i> ” e “ <i>in vitro</i> ” Muta 2 Muta 1 A – 1B

Irritação/ corrosividade	Nenhuma irritação Irrit olhos 2; irrit. pele 2	-	Severa irrit. olhos/pele Irritação para o trato respiratório STOT SE 3; Olhos dam. 1 Pele cor. (corrosividade dérmica)1A- 1B	-	-
Carcinogenici dade	Negativo	Nega- tivo	Algumas evidências em animais Carc. 2		Confirmado em animais ou humanos Carc. (1A- 1B)
Toxicidade reprodutiva/ toxicidade no desenvolvime nto	Negativo	Nega- tivo	Negativo	Efeitos tóxicos para a reproduçã o em animais e / ou suspeita ou comprova da em seres humanos Repr. 1A, 1B, 2	
Possibilidade de efeitos crônicos	Imprová- vel	Impr.	Possível STOT RE 2	Provável STOT RE 2	
Efeitos adversos por exposição oral (mg/kg-dia) (90 dias de estudo crônico			Efeitos adversos observados ≤100	Efeitos adversos observa- dos ≤ 10	

Efeitos adversos por exposição dérmica (mg/kg-dia) (90 dias de estudo crônico)			Efeitos adversos observados ≤ 200	Efeitos adversos observados ≤ 20	
Efeitos a saúde ocupacional	Não há evidência de efeitos adversos para a saúde	Baixa evidência de efeitos adversos para a saúde	Provável evidência de efeitos adversos para a saúde	Alta evidência de efeitos adversos para a saúde	Alta evidência de severos efeitos adversos para a saúde

Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

Observações:

Carc.: Carcinogenicidade

Impr.: Improvável

Irrit.:irritação

Lc50: Concentração letal

Muta.:Mutagenicidade

Repro.:Reprodutivo

Resp. sens: Sensibilização respiratória

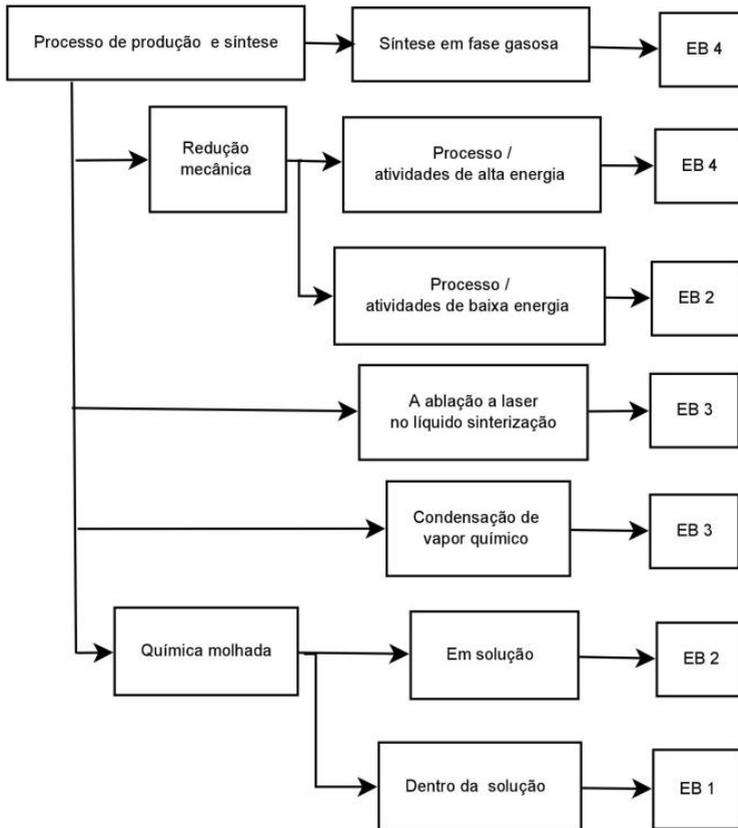
STOT-RE: Toxicidade para órgãos-alvo específicos (doses repetidas)

STOT-SE: Toxicidade para órgãos-alvo específicos (dose única)

Tox.: Toxicidade

Segundo ISO (2014), para realizar o enquadramento nas bandas de exposição no caso de síntese deve ser analisado o tipo de síntese envolvida no processo de acordo com a Figura 5.

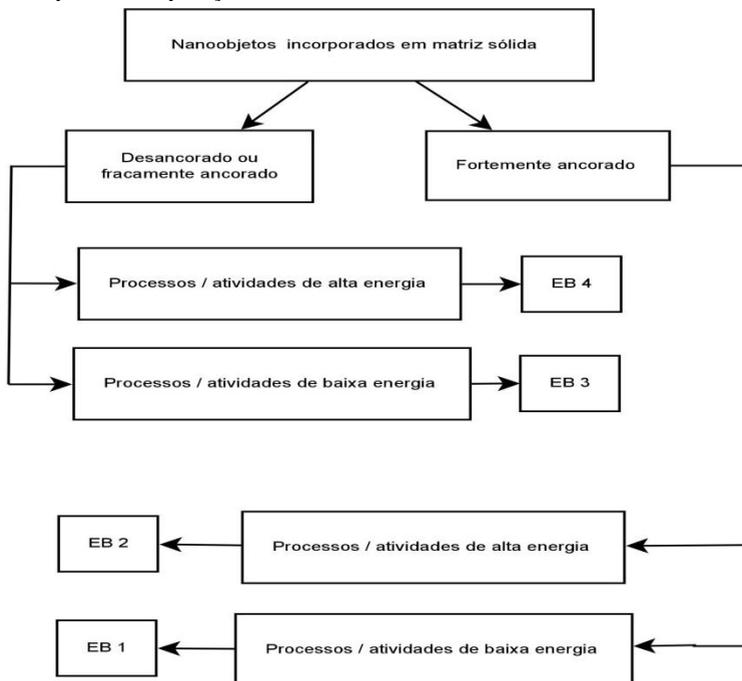
Figura 5: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo de síntese dos NM CB-ISO/TS 12901-2.



Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

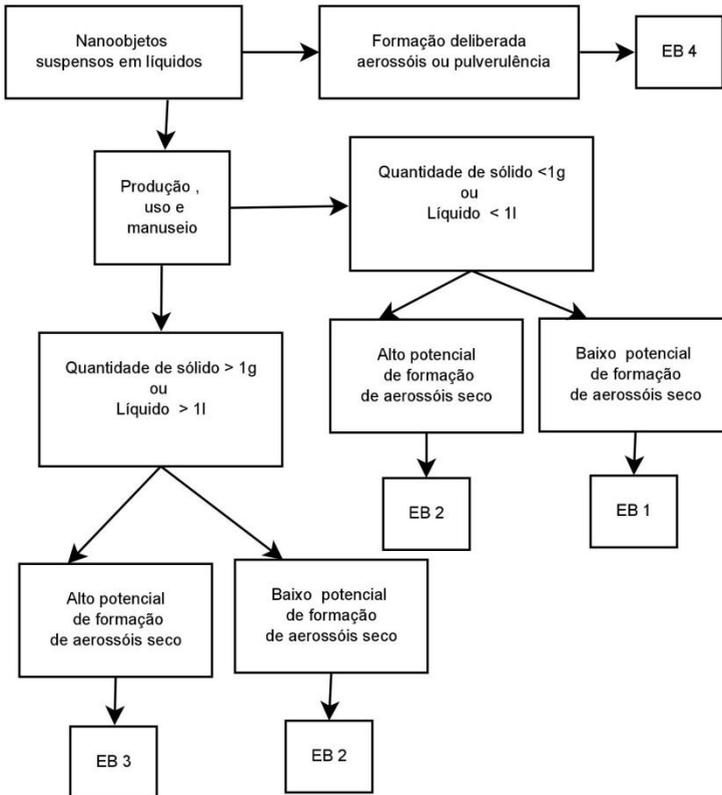
Na manipulação dos NM são considerados o estado físico dos NM no início do processo e como são manuseados na estação de trabalho avaliada sendo dividido em três tipos (ancorado em matriz sólida, suspenso em líquido, em forma de pó) para cada, existe um fluxograma específico para definição da banda de exposição de acordo com as Figuras 6,7 e 8.

Figura 6: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo de manipulação com os NM na forma de sólido CB-ISO/TS 12901-2.



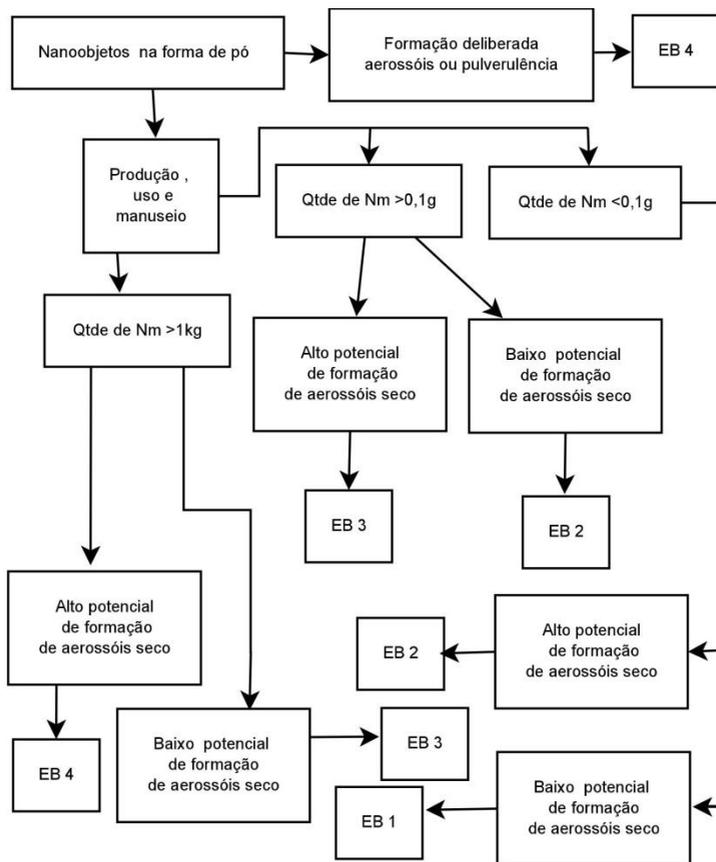
Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

Figura 7: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo de manipulação com os NM suspensos em líquidos CB-ISO/TS 12901-2.



Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

Figura 8: Fluxograma de decisão para obtenção do nível de exposição de acordo com tipo manipulação com os NM na forma de pó CB ISO/TS 12901-2.



Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

Após realizar o enquadramento da banda de perigo e da banda de exposição é possível enquadrar a situação ou processo em um dos 5 grupos de risco previstos pela metodologia de acordo com a Tabela 21 e para cada grupo de risco são previstas medidas de controle específicas conforme a Tabela 22.

Tabela 21: Classificação da forma da exposição de acordo com a forma do material CB- ISO/TS 12901-2.

Faixa de Perigo	Faixas de exposição			
	EB1	EB2	EB3	EB4
HA	CB1	CB1	CB1	CB2
HB	CB1	CB1	CB2	CB3
HC	CB2	CB3	CB3	CB4
HD	CB3	CB4	CB4	CB5
HE	CB4	CB5	CB5	CB5

Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

Tabela 22: Medidas de controle específicas para mitigação do risco do CB- ISO/TS 12901-2.

Nível de risco	Medida de controle
CB1	Ventilação geral natural ou mecânica
CB2	Ventilação Local: exaustor, capa protetora, cobertura de mesa etc.
CB3	Ventilação Fechada: cabine ventilada, capela, reator fechado com abertura normal
CB4	Contenção Completa: caixa de luva/bolsas, salas limpas com acesso controlado.
CB5	Contenção Completa e Revisão por um Especialista: consultar agente especializado

Fonte: adaptado da ISO/TS 12901-2 (2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados diversos trabalhos (CB – ANSES, CB NIOSH, CB GoodNanoGuide, CB-Grosso, CB-ISO/TS 12901-2, CB NanoRiskCat, CB nanosafer, CB Nanotool, CB Precautionary matrix, CB Quebec, CB -SST/labnano, CB StoffenmanagerNano, CB -The Nano Risk Framework, CB Tool NanoSafer, Guidance on working safely with nanomaterials and nanoproducs, IVAM Guidance. Workplace Health and Safety Queensland) cujo objetivo em comum é a gestão dos riscos de segurança e saúde no trabalho envolvendo os NM. Quatro destas foram escolhidas para executar as avaliações qualitativas conforme a tabela 23.

Tabela 23: Métodos de controle de bandas utilizados.

Método	Autor
CB-SST/Labnano	Andrade (2013)
CB -ANSES	Anses (2010)
CB Nanotool	Paik; Zalk; Swuste, (2008)
CB-ISO/TS 12901-2	ISO (2014)

Fonte: Autor (2016).

Os motivos que levaram a escolha de tais metodologias estão descritos na tabela 24.

Tabela 24: Motivos da escolha da metodologia de CB.

Método	Motivos da escolha
CB Nanotool	- Uma das primeiras ferramentas desenvolvidas; - Interessante comparar os resultados com métodos mais atuais.
CB-SST/Lab nano	- Única metodologia de CB para avaliação de risco de NM cujo autor é brasileiro; - Com relação às ações que deverão ser tomadas para controle dos riscos, o método além de sugerir a utilização de equipamentos de proteção coletiva também sugeriu medidas administrativas.
CB-ISO/TS 12901-2	- A ISO é uma organização internacional cujo objetivo é padronizar; - É um dos métodos mais atuais; - A metodologia tem um campo específico para avaliação da exposição quando se realiza a síntese de NM, procedimento esse muito utilizado no laboratório pesquisado.

CB- ANSES	<ul style="list-style-type: none"> - Uma metodologia de uma agência ligada à saúde e segurança ocupacional; - Método semelhante para definição do perigo ao da ISO, sendo interessante comparar o resultado em metodologias parecidas na obtenção do perigo.
--------------	--

Fonte: Autor (2016).

As avaliações qualitativas do risco foram aplicadas nas unidades de um laboratório de pesquisa que atua na síntese, manipulação e avaliação toxicológica de NM. Estas avaliações envolveram duas morfologias dos NM de SiO₂ amorfo, sendo eles os NTSiO₂ e as NPSiO₂ e suas versões funcionalizadas. Os NT e as NP funcionalizados com uma molécula aminosilano foram denominados NTSiO₂@NH₂ e NPSiO₂@NH₂.

As Tarefas analisadas envolvendo as manipulações e sínteses estão apresentadas na tabela 25.

Tabela 25: Tarefas analisadas

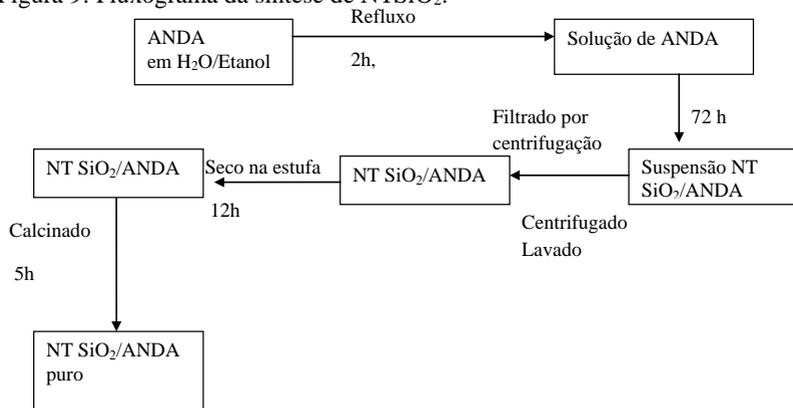
Tarefas	Nanomaterial			
	NTSiO ₂	NTSiO ₂ @NH ₂	NPSiO ₂	NPSiO ₂ @NH ₂
Preparação de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i>	x	x	x	x
Testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	x	x	x	x
Preparação de soluções para testes com células Vero	x			
Testes com células Vero	x			
Preparação de membranas nanocompósitas	x	x		
Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água		x		
Síntese	x		x	
Funcionalização com aminosilano	x		x	

Fonte: Autor (2016).

3.1 Fluxogramas das Tarefas

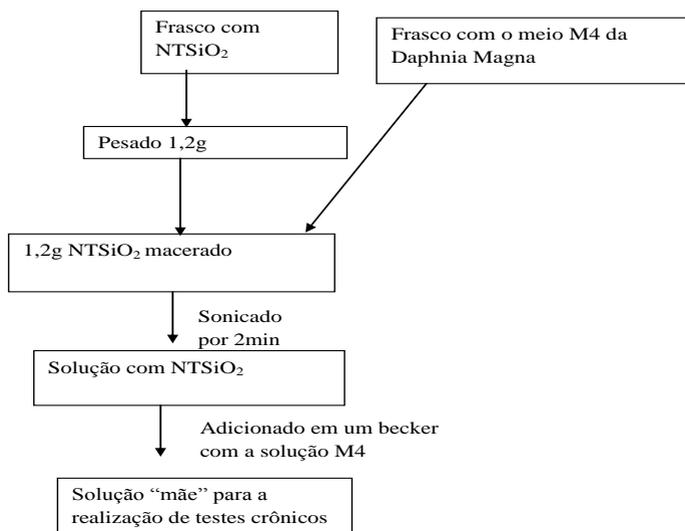
Nas figuras 9 a 21 estão apresentadas os fluxogramas das tarefas analisadas.

Figura 9: Fluxograma da síntese de NTSiO_2 .



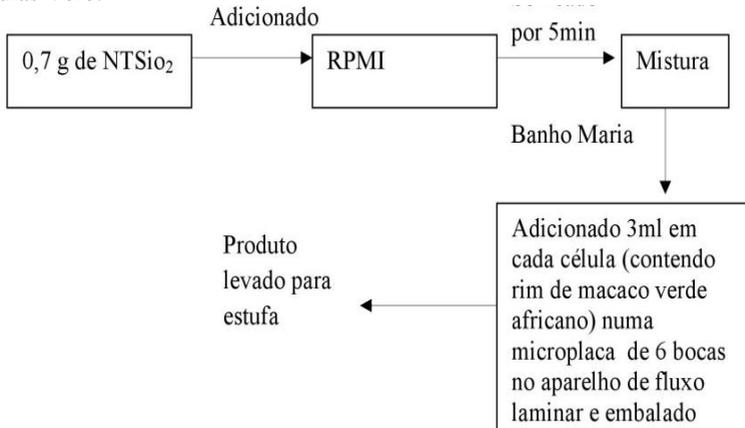
Fonte: Autor (2016).

Figura 10: Fluxograma de preparação de soluções com NTSiO_2 para realização de testes crônicos com *Daphnia magna*.



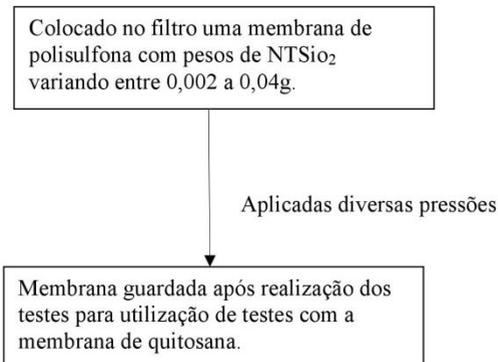
Fonte: Autor (2016).

Figura 11: Fluxograma de preparação de soluções com NTSiO_2 para testes com células Vero.



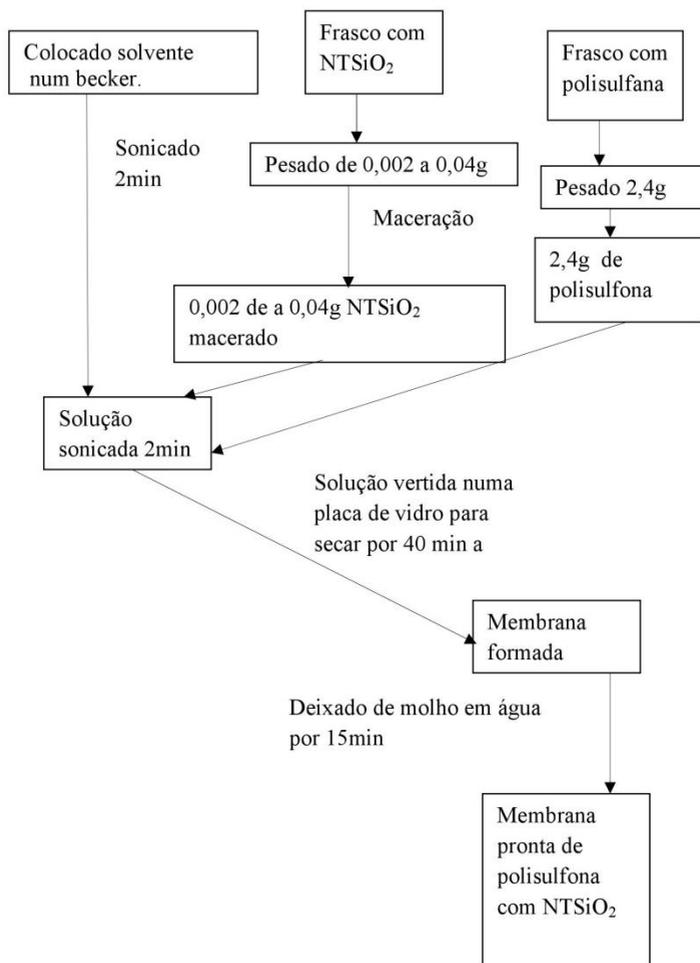
Fonte: Autor (2016).

Figura 12: Fluxograma de aplicação das membranas nanocompósitas de NTSiO_2 em um sistema de filtração de água.



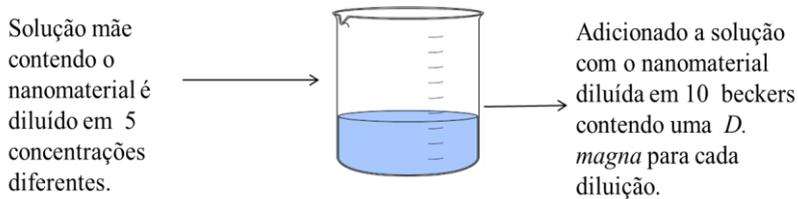
Fonte: Autor (2016).

Figura 13: Fluxograma de preparação de membranas nanocompósitas de NTSiO₂.



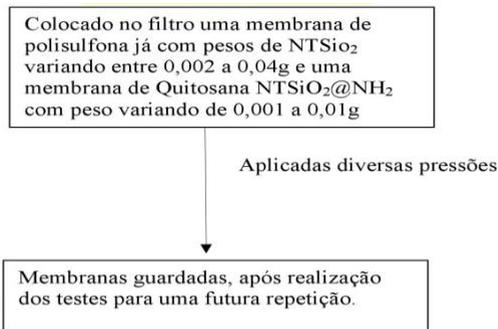
Fonte: Autor (2016).

Figura 14: Fluxograma de testes crônicos com *Daphnia magna* para os quatro tipos de NM.

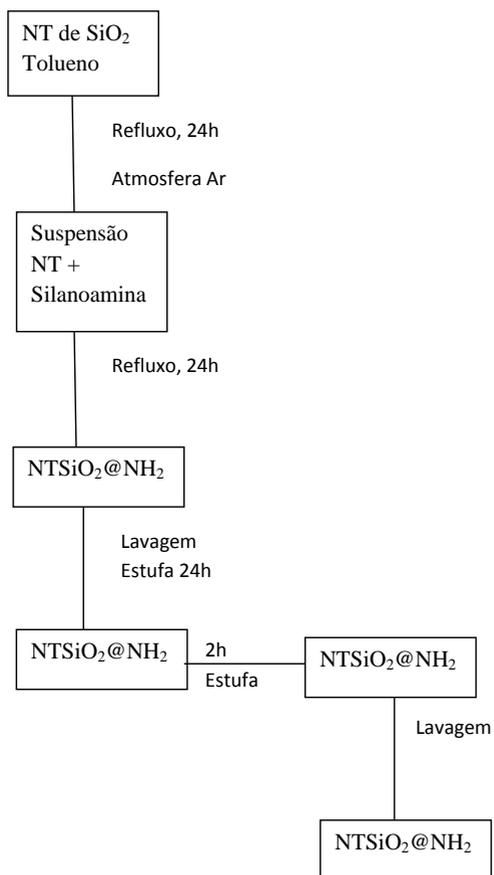


Fonte: Autor (2016).

Figura 15: Fluxograma de aplicação das membranas nanocompósitas de NTSiO₂ em um sistema de filtração de água.

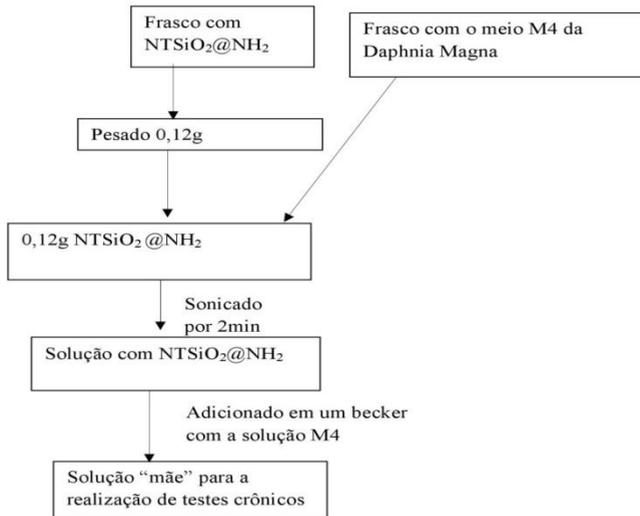


Fonte: Autor (2016).

Figura 16: Fluxograma de funcionalização do NTSiO₂ com aminosilano.

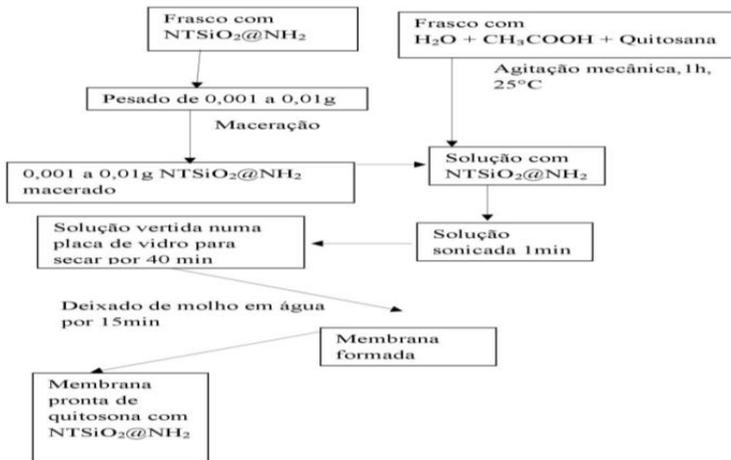
Fonte: Autor (2016).

Figura 17: Fluxograma de preparação de soluções com $\text{NTSiO}_2@NH_2$ para realização de testes crônicos com *Daphnia magna*.



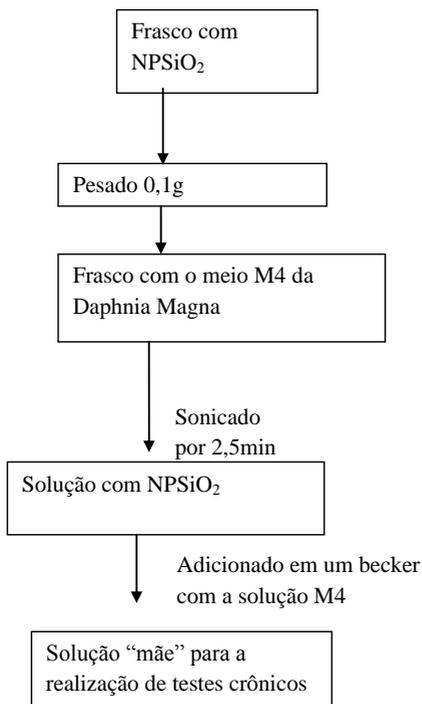
Fonte: Autor (2016).

Figura 18: Fluxograma de preparação de membranas nanocompósitas com $\text{NTSiO}_2@NH_2$.

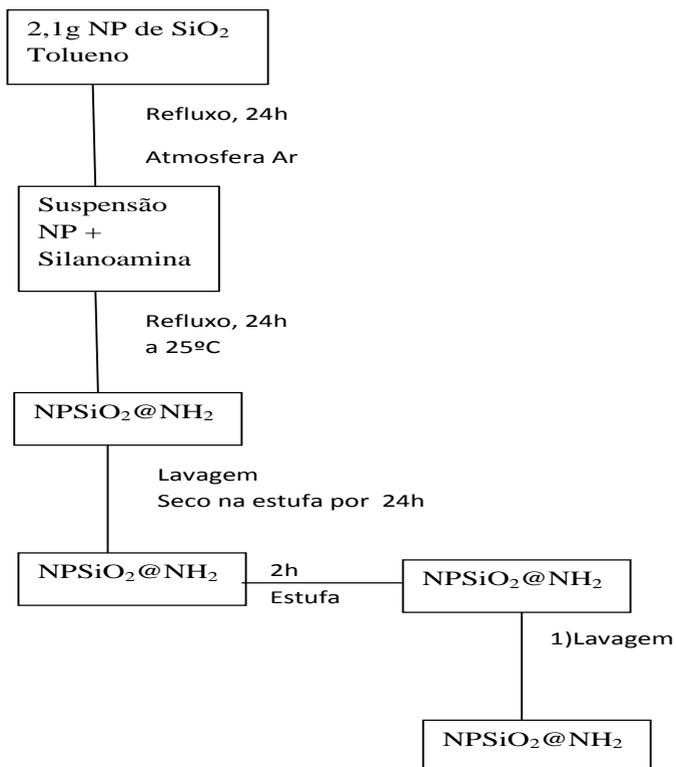


Fonte: Autor (2016).

Figura 19: Fluxograma de preparação de soluções com NPSiO_2 para realização de testes crônicos com *Daphnia magna*

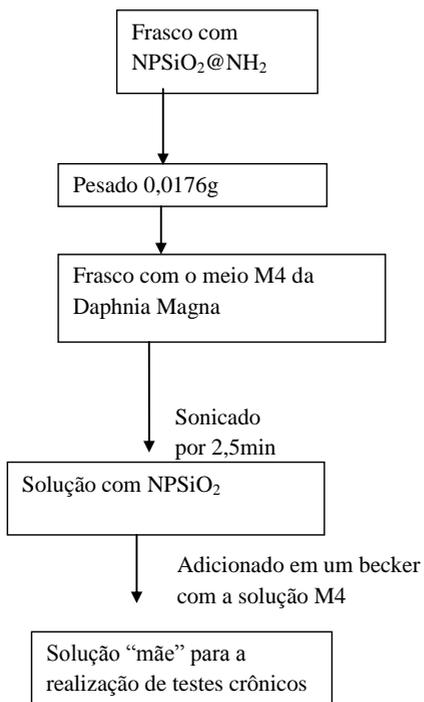


Fonte: Autor (2016).

Figura 20: Fluxograma de funcionalização da NPSiO₂ com aminosilano

Fonte: Autor (2016).

Figura 21: Preparação de soluções $\text{NPSiO}_2@\text{NH}_2$ para realizações de testes crônicos com *Daphnia magna*.



Fonte: Autor (2016).

4 RESULTADOS

Os métodos de CB foram aplicados para cada um dos tipos de NM de SiO₂ na forma amorfa, envolvendo as tarefas de manipulações e sínteses. Para facilitar o entendimento, os resultados foram separados por NM, sendo apresentados o nível de perigo, nível de exposição e o subsequente nível de risco encontrado para cada uma das tarefa realizada.

As tabelas e os fluxogramas dos quatro métodos aplicados, que são necessários para obtenção dos níveis dos perigos e dos níveis das exposições encontram-se no Apêndice 8.1.

4.1 NTSiO₂

Para identificação do nível de perigo dos NTSiO₂ nos diferentes métodos de CB, foram respondidas diversas perguntas sobre o material na sua forma macrométrica, sendo elas: limite de tolerância, carcinogenicidade, mutagênicidade, toxicidade para reprodução e irritabilidade da pele e capacidade de indução de asma. As mesmas perguntas referentes à forma macrométrica foram aplicadas aos NM. Entretanto, foram acrescentadas perguntas sobre as características físico-químicas, tais como: reatividade da superfície, forma, diâmetro e solubilidade. Também foram considerados dados conclusivos sobre a segurança, classificação de perigo e a existência de nível de perigo para um mesmo material em escala macrométrica ou substância análoga.

O SiO₂ na sua forma macrométrica pode apresentar-se na forma cristalina ou amorfa. Existem várias notificações no Inventário de Classificação e Rotulagem da Agência Química Europeia (ECHA) referente à toxicidade do SiO₂, tanto para forma cristalina como amorfa. Um exemplo de notificação de SiO₂ cristalino é reportada no CAS n° 1317-95-9, a qual registra sérios danos causados pela inalação em exposições crônicas (ECHA, 2016a). Na notificação do SiO₂ amorfo com CAS n° 112945-52-5 é reportado que a substância pode causar câncer, irritações na pele, olhos e respiratórias (ECHA, 2016b).

Os NTSiO₂ utilizados nas Tarefas de manipulações e síntese estão na sua forma amorfa. Recentes estudos toxicológicos tem avaliado a toxicidade para NM de SiO₂ com diferentes tamanhos e/ou morfologias tanto em testes *in vitro* como *in vivo* (DU et al., 2013; MASER et al., 2015; GUO et al., 2015; REN et al., 2016; VICENTINI et al., 2017).

Nos testes *in vitro*, como nos testes de cometa alcalina e de micronúcleo combinados com estudos de instilação intratraqueal de rato, foram observados que NM de SiO₂ podem induzir a genotoxicidade em altas concentrações (MASER et al., 2015). Com os microcrustáceos *D. magna*, em testes de toxicidade crônica, foram observados uma diminuição da longevidade, reprodução e crescimento proporcional ao aumento da concentração dos NM de SiO₂ (VICENTINI et al., 2017). Em testes com células Vero foram verificados um efeito tóxico sobre o nível de atividade metabólica celular (VICENTINI et al., 2017). Já em estudo com células endoteliais de veias umbilicais humanas foi observado um potencial efeito deletério sobre o endotélio vascular (GUO et al., 2015).

Em testes *in vivo*, foi verificada a inexistência de efeitos genotóxicos no pulmão de rato (MASER et al., 2015). Em outro estudo analisando células espermatogênicas ainda com ratos, foi observado uma diminuição na qualidade e quantidade dos espermatozoides, entretanto, após suspender a exposição aos NM os efeitos foram revertidos (REN et al., 2016).

As tarefas de síntese e as manipulações envolvendo os NTSiO₂ estão designadas conforme a Tabela 26.

Tabela 26: Tarefas envolvendo manipulações de NTSiO₂.

Tarefas	Descrição	Estado físico no início da tarefa
1	Preparação de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i>	Pó particulado
2	Testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	Suspensão
3	Preparação de soluções para testes com células Vero	Pó particulado
4	Testes com células Vero	Suspensão
5	Preparação de membranas nanocompósitas	Pó particulado
6	Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água	Sólido
7	Síntese	Suspensão
8	Funcionalização com aminosilano	Pó particulado

Com os níveis do perigo dos NTSiO_2 e com os níveis de exposição para cada uma das Tarefas, foram obtidos os respectivos níveis do riscos conforme a Tabela 27.

Tabela 27: Resultados NTSiO_2 .

Tarefas	NE ¹	NEM ²	NP ³	NPM ⁴	NR ⁵	NRM ⁶	Método
1	3	4	4	4	4	4	CB Nanotool
2	2				3		
3	3				4		
4	2				3		
5	3				4		
6	2				3		
7	3				4		
8	3				4		
1	3	3	3	3	3	3	CB SST/LABNANO
2	1				2		
3	3				3		
4	1				2		
5	2				3		
6	1				2		
7	3				3		
8	3				3		
1	4	4	5	5	5	5	CB-ANSES
2	1				5		
3	4				5		
4	1				5		
5	4				5		
6	1				5		
7	4				5		
8	4				5		
1	3	4	5	5	5	5	CB-ISO/TS 12901-2
2	1				4		
3	3				5		
4	1				4		
5	2				5		
6	1				4		
7	2				5		
8	3				5		

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível máximo de exposição, ³Nível de Perigo, ⁴Nível máximo de Perigo, ⁵Nível de risco, ⁶ Nível máximo de Risco.

A avaliação do nível do perigo dos NM nos quatro métodos de CB indicaram níveis máximos de perigo, devido aos NM de SiO₂ apresentarem algumas características como: insolubilidade, dimensão preponderante e características potencialmente mutagênicas e tóxicas para reprodução.

Durante as manipulações com os NTSiO₂, as Tarefas 1 e 3, que correspondem ao preparo de soluções para as etapas 2 e 4, apresentaram exposição máxima na maioria dos métodos, devido ao estado físico ser pó, que facilita a inalação, sendo esta a principal via de contaminação por NM. Desta forma, tem uma maior ponderação de peso nos métodos. As Tarefas 2 e 4, nas quais os NM se apresentam suspensos em uma matriz líquida e na Tarefa 6 numa matriz sólida, apresentaram na maioria dos métodos o menor nível de exposição possível. Já a Tarefa 5, que consiste na preparação de membranas nanocompósitas, foram utilizadas quantidades menores de NM (0,002 a 0,04g) e com uma menor frequência de realização da Tarefa, apresentando assim uma menor exposição quando comparada com as Tarefas 1 e 3. A tarefa 8, que é funcionalização com aminosilano dos NM, apresentou uma alta exposição, devido ao seu estado físico inicial ser pó e também foi utilizada uma quantidade de NM superior às Tarefas 1 e 3 entretanto, na aplicação dos métodos atingiram os mesmos níveis de exposição e consequentemente os mesmos níveis de risco.

Nas Tarefas 1, 3 e 5 apresentaram praticamente em todos os métodos níveis máximos de risco. Já as Tarefas 2, 4 e 6 apresentaram níveis de risco menores devido à menor exposição.

A tarefa de síntese que corresponde a Tarefa 7 apresentou uma alta exposição na maioria dos métodos menos no CB da ISO TS/12901-2 que apresentou uma exposição mais baixa devido ao tipo de síntese executada. O risco na síntese foi considerado o máximo em todos os métodos.

4.2 NTSiO₂@NH₂

As informações referentes ao material na escala macrométrica e nanométrica foram consideradas as mesmas utilizadas para os NTSiO₂. Os NM funcionalizados com aminosilano mantiveram as mesmas características físicas dos NTSiO₂ na sua forma funcionalizada. Foi observado durante as tarefas uma menor pulverulência para os NM funcionalizados.

As tarefas envolvendo as manipulações dos NTSiO₂@NH₂ estão designadas conforme a Tabela 28.

Tabela 28: Tarefas envolvendo manipulações de NTSiO₂@NH₂.

Tarefas	Descrição	Estado físico no início da tarefa
1	Preparação de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i>	Pó particulado
2	Testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	Suspensão
3	Preparação de membranas nanocompósitas	Pó particulado
4	Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água	Sólido

Com os níveis do perigo dos NTSiO₂@NH₂ e com os níveis de exposição de cada uma das tarefas, foram obtidos os respectivos níveis dos riscos conforme a Tabela 29.

Tabela 29: Resultados NTSiO₂@NH₂.

Tarefas	NE ¹	NEM ²	NP ³	NPM ⁴	NR ⁵	NRM ⁶	Método
1	2	4	4	4	3	4	CB Nanotool
2	2				3		
3	2				3		
4	2				3		
1	3	3	3	3	3	3	CB SST/LABNANO
2	1				2		
3	2				3		
4	1				2		
1	3	4	5	5	5	5	CB-ANSES
2	1				5		
3	3				5		
4	1				5		
1	1	4	5	5	4	5	CB-ISO/TS 12901-2
2	1				4		
3	1				4		
4	1				4		

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível máximo de exposição, ³Nível de Perigo, ⁴Nível máximo de Perigo, ⁵Nível de risco, ⁶ Nível máximo de Risco.

Durante as manipulações com os NTSiO₂@NH₂, nas Tarefas 1 e 3, que correspondem ao preparo de solução e preparo de membranas para as etapas 2 e 4 respectivamente, apresentaram níveis de exposição

divergentes nos métodos, apresentando níveis baixos, médio e alto, este último na Tarefa 1 no método CB SST/Labnano foi devido a frequência de realização que foi considerada alta no método, ao contrário da Tarefa 3 que apresentou uma baixa frequência com isso abaixando o nível de exposição. No CB Nanotool o nível de exposição foi considerada como “menos provável” para ambas as tarefas.

A Tarefa 2, na qual os NM se apresentam suspensos em uma matriz líquida e na Tarefa 4 numa matriz sólida, apresentaram em três dos quatro dos métodos o menor nível de exposição possível, devido aos seus estados físicos e a pouca quantidade de NM utilizada na realização das tarefas. Já no método do CB Nanotool a exposição foi classificada como “menos provável”.

A avaliação do nível do perigo dos $\text{NTSiO}_2@NH_2$ nos quatro métodos de CB indicaram um nível máximo de perigo devido ao fato de ser utilizar as mesmas informações toxicologias dos NTSiO_2 que apresentam algumas características como: insolubilidade, dimensão preponderante e características potencialmente mutagênicas.

As Tarefas 1 e 3 apresentaram praticamente em todos os métodos um nível máximo de risco, divergindo apenas no método CB SST/Labnano por causa do nível de exposição já mencionado. Já as Tarefas 2 e 4 apresentaram um nível de risco menor devido à menor exposição, já que seus estados físicos são em suspensão e sólido.

A Tarefa 4 apresenta uma peculiaridade pois, nos testes de fluxo é colocada uma membrana $\text{NTSiO}_2@NH_2$ em conjunto com a membrana de NTSiO_2 para realização destes testes. Os pesos das membranas de $\text{NTSiO}_2@NH_2$ varia entre 0,001 a 0,03g e os pesos das membranas NTSiO_2 de 0,002 a 0,04 g. O peso somado das duas membranas, considerando as mais pesadas, temos um valor de 0,07g ou 70mg. Valor este que não muda o resultado referente à exposição nos métodos que consideram o peso CB Nanotool e o da CB-ISO/TS 12901-2 que consideram as quantidades de 100 mg e 1g respectivamente como quantidade determinante para incrementar uma modificação na pontuação ou faixa de exposição.

4.3 NPSiO₂

As informações referentes ao material na escala macrométrica e nanométrica foram consideradas as mesmas utilizadas para os NTSiO_2 , entretanto as NPSiO_2 apresentam uma forma esférica e a pulverulência é mais baixa em relação aos NM na forma de tubo.

As tarefas de síntese e manipulações envolvendo as NPSiO₂ estão designadas conforme a Tabela 30.

Tabela 30: Tarefas envolvendo manipulações das NPSiO₂.

Tarefas	Descrição	Estado físico no início da tarefa
1	Preparação de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i>	Pó particulado
2	Testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	Suspensão
3	Síntese	Suspensão
4	Funcionalização com NH ₂	Pó particulado

Com os níveis do perigo das NPSiO₂ e com os níveis de exposição de cada uma das Tarefas, foram obtidos os respectivos níveis dos riscos conforme a Tabela 31.

Tabela 31: Resultados NPSiO₂.

Tarefas	NE ¹	NEM ²	NP ³	NPM ⁴	NR ⁵	NRM ⁶	Método
1	2	4	3	4	2	4	CB Nanotool
2	2				2		
3	3				3		
4	3				3		
1	3	3	2	3	3	3	CB SST/LABNANO
2	1				1		
3	3				3		
4	3				3		
1	3	4	5	5	5	5	CB-ANSES
2	1				5		
3	2				5		
4	3				5		
1	1	4	5	5	4	5	CB-ISO/TS 12901- 2
2	1				4		
3	2				5		
4	2				5		

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível máximo de exposição, ³Nível de Perigo, ⁴Nível máximo de Perigo, ⁵Nível de risco, ⁶ Nível máximo de Risco.

As avaliações indicaram nível máximo nos níveis do perigo dos NM, nos CB da ANSES e da ISO, devido ao fato de ser utilizar as mesmas informações toxicológicas dos NTSiO₂, que apresentam algumas características como: insolubilidade e características potencialmente mutagênicas.

A diferença na forma tubular dos NTSiO_2 e a esférica das NPSiO_2 provoca uma mudança no enquadramento do perigo nos métodos de CB Nanotool e no CB SST/labnano. A forma esférica dos NM é ponderada com uma menor pontuação que forma tubular. Desta forma, os NM foram enquadrados no nível 3 de 4 no CB Nanotool e no nível 2 de 3 no CB SST/labnano.

A Tarefa 1 que é a preparação da solução da Tarefa 2 apresentou o nível referente à exposição divergentes entre os métodos, nos CB SST Lab nano e CB ANSES, a exposição atingiu um valor alto devido ao fato de os NM serem manipulados no estado de pó particulado, já nos métodos CB Nanotool e no CB-ISO/TS 12901-2, o valor foi mais baixo devido à pouca quantidade dos NM utilizada na realização da tarefa e também devido a sua baixa pulverulência. Já com relação aos níveis do risco, em três dos métodos foram convergentes sendo alto os níveis, já no CB Nanotool atingiu o nível 2 de 4.

A Tarefa 2 apresentou uma baixa exposição em todos os métodos, já que seu estado físico se apresenta suspenso em uma matriz líquida. Os níveis do risco obtidos nos métodos foram divergentes, sendo baixo no SST/labnano no CB Nanotool e um alto valor no CB-ISO/TS 12901-2, já no método CB ANSES atingiu o nível máximo possível, já que pela metodologia independentemente do nível da exposição, o nível do risco é enquadrado como máximo quando o perigo é enquadrado como máximo.

Na tarefa de síntese, que corresponde a Tarefa 3, a exposição apresentou valores divergentes, uma alta exposição nos métodos CB Nanotool e no CB SST/labnano e uma exposição mais baixa devido ao tipo de síntese CB-ISO/TS 12901-2 e no CB da ANSES por causa da baixa pulverulência do material. O risco durante a realização da Tarefa foi considerado o máximo em quase todos os métodos, menos no CB Nanotool que atingiu o nível 3 de 4 que é considerado elevado.

Já a Tarefa 4 de funcionalização dos NM com aminosilano apresentou uma alta exposição, devido ao seu estado físico inicial ser pó e a quantidade de NM utilizada ser elevada que por sua vez implicando no máximo nível do risco na maioria dos métodos.

4.4 $\text{NPSiO}_2@NH_2$

As informações referentes ao material na escala macrométrica e nanométrica foram consideradas as mesmas utilizadas para as NPSiO_2 , os NM aos serem funcionalizado com aminosilano mantiveram as mesmas características físicas.

As tarefas envolvendo as manipulações das $\text{NPSiO}_2@\text{NH}_2$ estão designadas conforme a Tabela 32.

Tabela 32: Tarefas envolvendo manipulações das $\text{NPSiO}_2@\text{NH}_2$.

Tarefas	Descrição	Estado físico no início da tarefa
1	Preparação de soluções para teste crônico com <i>Daphnia magna</i>	Pó particulado
2	Testes crônicos com <i>Daphnia magna</i>	Suspensão

Com os níveis do perigo das $\text{NPSiO}_2@\text{NH}_2$ e com os níveis de exposição de cada uma das Tarefas, foram obtidos os respectivos níveis dos riscos conforme a Tabela 33.

Tabela 33: Resultados $\text{NPSiO}_2@\text{NH}_2$.

Tarefas	NE ¹	NEM ²	NP ³	NPM ⁴	NR ⁵	NRM ⁶	Método
1	2	4	3	4	2	4	CB Nanotool
2	2				2		
1	3	3	2	3	3	3	CB SST/LABNANO
2	1				1		
1	3	4	5	5	5	5	CB-ANSES
2	1				5		
1	1	4	5	5	4	5	CB-ISO/TS 12901-2
2	1				4		

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível máximo de exposição, ³Nível de Perigo, ⁴Nível máximo de Perigo, ⁵Nível de risco, ⁶Nível máximo de Risco.

A Tarefa 1 que é a preparação da solução da Tarefa 2 apresentou os níveis referente a exposição divergentes entre os métodos. Nos CB SST Lab nano e da ANSES, a exposição atingiu um valor alto devido ao fato de os NM serem manipulados no estado de pó particulado. Nos métodos CB Nanotool e no CB-ISO/TS 12901-2, valor foi mais baixo devido à menor quantidade dos NM utilizada para a realização da tarefa e também devido ao fato da pulverulência ser baixa. Já com relação aos níveis do risco, em três dos métodos foram convergentes sendo alto nível, já no CB Nanotool atingiu o nível 2 de 4.

A Tarefa 2 apresentou o menor nível de exposição em 3três do quatro métodos e atingiu um valor baixo no CB Nanotool, já que seu estado físico se apresenta suspenso em uma matriz líquida. O nível do risco obtido nos métodos foi divergente, sendo baixo no SST/labnano e

no CB Nanotool e um alto valor no CB-ISO/TS 12901-2 e o nível máximo possível no CB da ANSES.

4.5 Comparação das tarefas envolvendo os NM de SiO₂ amorfo

Os resultados das manipulações e das sínteses para os quatro tipos de NM de SiO₂ foram compilados por tarefas para facilitar a comparação entre as mesmas com os diferentes NM.

Os níveis de exposição, perigo e risco das tarefas: preparação de soluções para teste crônico com *Daphnia magna*, funcionalização com aminosilano e preparação de membranas na qual se encontram num estado físico pó particulado, são apresentados nas Tabelas 34, 35 e 36.

Tabela 34: Comparação dos resultados dos métodos na preparação de soluções para teste crônico com *Daphnia magna*.

Nanomaterial	NE ¹	NP ²	NR ³	Método
NTSiO ₂	3	4	4	CB- Nanotool
NTSiO ₂ @NH ₂	2	4	3	
NPSiO ₂	1	3	3	
NPSiO ₂ @NH ₂	2	3	3	
NTSiO ₂	3	3	3	CB - SST/LABNANO
NTSiO ₂ @NH ₂	3	3	3	
NPSiO ₂	3	2	3	
NPSiO ₂ @NH ₂	3	2	3	
NTSiO ₂	4	5	5	CB-ANSES
NTSiO ₂ @NH ₂	3	5	5	
NPSiO ₂	3	5	5	
NPSiO ₂ @NH ₂	3	5	5	
NTSiO ₂	3	5	5	CB-ISO/TS 12901-2
NTSiO ₂ @NH ₂	1	5	4	
NPSiO ₂	1	5	4	
NPSiO ₂ @NH ₂	1	5	4	

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível de perigo, ³Nível de Risco.

Tabela 35: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa funcionalização com aminosilano.

Nanomaterial	NE ¹	NP ²	NR ³	Método
NTSiO ₂	3	4	4	CB - Nanotool
NPSiO ₂	3	3	3	
NTSiO ₂	3	3	3	CB - SST/LABN ANO
NPSiO ₂	3	2	3	
NTSiO ₂	4	5	5	CB-ANSES
NPSiO ₂	3	5	5	
NTSiO ₂	3	5	5	CB-ISO/TS 12901-2
NPSiO ₂	2	5	5	

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível de perigo, ³Nível de Risco.

Tabela 36: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de preparação membranas.

Preparação membranas	NE ¹	NP ²	NR ³	Método
NTSiO ₂	3	4	4	CB - Nanotool
NTSiO ₂ @NH ₂	2	4	3	
NTSiO ₂	2	3	3	CB - SST/LABN ANO
NTSiO ₂ @NH ₂	2	2	2	
NTSiO ₂	4	5	5	CB-ANSES
NTSiO ₂ @NH ₂	3	5	5	
NTSiO ₂	2	5	5	CB-ISO/TS 12901-2
NTSiO ₂ @NH ₂	1	5	4	

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível de perigo, ³Nível de Risco.

Nas tabelas 37 e 38 foram colocados os níveis de exposição, perigo e risco das tarefas: Teste crônico com *Daphnia magna* e na síntese na qual se encontram num estado físico em suspensão.

Tabela 37: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de testes crônicos com *Daphnia magna*.

Nanomaterial	NE ¹	NP ²	NR ³	Método
NTSiO ₂	2	4	3	CB - Nanotool
NTSiO ₂ @NH ₂	2	4	3	
NPSiO ₂	2	3	2	
NPSiO ₂ @NH ₂	2	3	2	
NTSiO ₂	1	3	2	CB - SST/LABN ANO
NTSiO ₂ @NH ₂	1	3	2	
NPSiO ₂	1	2	1	
NPSiO ₂ @NH ₂	1	2	1	
NTSiO ₂	1	5	5	CB-ANSES
NTSiO ₂ @NH ₂	1	5	5	
NPSiO ₂	1	5	5	
NPSiO ₂ @NH ₂	1	5	5	
NTSiO ₂	1	5	4	CB-ISO/TS 12901-2
NTSiO ₂ @NH ₂	1	5	4	
NPSiO ₂	1	5	4	
NPSiO ₂ @NH ₂	1	5	4	

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível de perigo, ³Nível de Risco.

Tabela 38: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de síntese.

Nanomaterial	NE ¹	NP ²	NR ³	Método
NTSiO ₂	3	4	4	CB- Nanotool
NPSiO ₂	3	3	3	
NTSiO ₂	3	3	3	CB - SST/LAB NANO
NPSiO ₂	3	2	3	
NTSiO ₂	4	5	5	CB- ANSES
NPSiO ₂	2	5	5	
NTSiO ₂	2	5	5	CB- ISO/TS 12901-2
NPSiO ₂	2	5	5	

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível de perigo, ³Nível de Risco.

Os níveis de riscos alcançados com as tarefas de aplicação membranas na qual se encontram num estado físico sólido foram colocados na tabela 39.

Tabela 39: Comparação dos resultados dos métodos na tarefa de aplicação membranas.

Nanomaterial	NE ¹	NP ²	NR ³	Método
NTSiO ₂	2	4	3	CB- Nanotool
NTSiO ₂ @NH ₂	2	4	3	
NTSiO ₂	1	3	2	CB - SST/LABNANO
NTSiO ₂ @NH ₂	1	3	2	
NTSiO ₂	1	5	5	CB-ANSES
NTSiO ₂ @NH ₂	1	5	5	
NTSiO ₂	1	5	4	CB-ISO/TS 12901-2
NTSiO ₂ @NH ₂	1	5	4	

Legenda: ¹Nível de exposição, ²Nível de perigo, ³Nível de Risco.

Os níveis dos riscos alcançados, com as atividades das tabelas 34 a 39, foram elevados para os diferentes tipos de NM de SiO₂ analisados, as diferenças que ocorreram nos parâmetros referentes as exposições como a pulverulência dos NM, quantidade utilização e frequência utilizada não alteraram significativamente os níveis dos riscos, já que os perigos dos NM foram enquadrados como alto nos métodos de CB.

O procedimento de macerar os NTSiO₂, que é executado para preparação de soluções para teste crônico com *Daphnia magna*, é o que proporcionou a maior exposição do pesquisador, devido ao fato dos NM estarem próximo da zona respiratória e a Tarefa ser realizada fora da capela.

Nos ensaios toxicológicos, com *Daphnia magna* e viabilidade celular com células Vero, que foram algumas das tarefas analisadas, foram observadas que as NPSiO₂ são mais tóxicas que NTSiO₂ devido à sua morfologia esférica e pela maior área superficial (VICENTINI et al., 2017). Desta forma esses resultados divergem das ponderações dos métodos CB Nanotool e o CB SST/Lab nano que pontuam mais a forma de tubo. Ainda segundo os mesmos autores, os NM de SiO₂ funcionalizados mostraram maior potencial tóxico em comparação com os NM puros, mesmo com menores áreas superficiais. Nos métodos de CB analisados não consideram como fator de incremento os NM ser funcionalizado ou não, nem a área superficial dos mesmos. Isso demonstra que essas metodologias precisam ser atualizadas e há a necessidade de mais estudos toxicológicos para a confirmação ou não destes resultados para fundamentar uma futura regulamentação sobre os NM, de modo a mitigar os possíveis riscos à saúde humana, seres vivos e ao meio ambiente.

4.6 Medidas sugeridas para mitigação dos riscos

As unidades do laboratório de pesquisa já utilizam algumas medidas preventivas com relação à saúde e segurança no trabalho como:

- Controle de acesso aos laboratórios por meio de chaves, impedindo assim que qualquer pessoa entre nas unidades sem autorização.
- Procedimentos de controle interno de segurança para produtos químicos em geral, fixados na entrada das unidades. Instruindo sobre os riscos e acidentes mais comuns e como proceder no caso de acidente. Proibição de se alimentar dentro das unidades também é informada.
- Realização de exames de sangue anuais dos pesquisadores para verificação das dosagens de metais no sangue;
- Para manipulação dos NM existem capelas com exaustão para o ambiente externo.
- Ar-condicionado do tipo Split em cada uma das unidades.
- Fornecimento de equipamento de proteção individual como: máscara de proteção respiratória tipo PFF 2, luvas de nitrila, óculos de segurança e cada pesquisador utiliza um jaleco próprio, entretanto não existe uma lista de entrega de EPIs para os pesquisadores.
- No andar das unidades do laboratório existe um sistema de lava olhos e um chuveiro de emergência.

As medidas sugeridas para mitigar os riscos são:

1. Medidas de proteção coletivas:

- Utilização de medidas de proteção coletivas nas atividades que envolvam a manipulação de NM no estado de pó particulado. Essas manipulações deverão ser realizadas em sistemas fechados com pressão negativa em relação à zona de respiração do pesquisador envolvido na operação. Podendo ser utilizado um sistema fechado como de segurança biológica, caixas de luvas ou similares.

2. Medidas administrativas:

- Todos os pesquisadores deverão ser capacitados para o uso seguro de materiais contendo NM.
- A limpeza das unidades deverão ser feita com equipamento de sucção, com filtros HEPA para evitar a dispersão das NP, ou à úmido. Colocar avisos nas entradas das unidades com a proibição de se utilizar vassouras de modo a não ressuspender os NM.
- Capacitar os terceirizados da limpeza sobre os riscos dos NM e como proceder à limpeza nas unidades do laboratório.
- Estabelecer Procedimentos Operacional Padrão (POPs) específicos para os NM envolvendo: Armazenagem; Descarte; Rotulagem/ficha de segurança; e em casos de acidentes, incidentes.
- Fazer uma vigilância médica constante dos trabalhadores para identificar qualquer alteração de saúde que possa indicar efeito devido à exposição aos NM.
- Realizar e acompanhar anualmente o Programa de controle médico de saúde ocupacional (PCMSO).
- Realizar e acompanhar anualmente o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).
- Realizar e por em prática o Programa de Proteção Respiratória (PPR).

3. Medidas de caráter individual:

- Os pesquisadores deverão utilizar duas camadas de luvas de nitrila e luvas de manga longa quando for manuseado NM em suspensão. Sendo que as luvas devem se sobrepor às mangas do jaleco e serem removidas dentro do sistema fechado.
- Os calçados deverão ser fechados e de baixa permeabilidade e também colocar avisos da proibição de trabalho com calçados abertos.
- Óculos de segurança deverão ser utilizados em todas as operações.
- Os jalecos deverão ser preferencialmente de material ‘não-tecido’ ao invés de tecidos de algodão.

- A utilização do protetor respiratório conforme as instruções do PPR.

4.7 Método mais adequado para aplicação no laboratório

Para a definição do método mais adequado para aplicação nas unidades do laboratório foram escolhidos alguns parâmetros constantes nas metodologias. Parâmetros subjetivos foram acrescentados como: facilidade de aplicar o método, rapidez na sua utilização e também parâmetro com relação se método é recente (últimos quatro anos).

Os parâmetros escolhidos que mais representam para definição do nível de Perigo: fibrosidade do material, solubilidade, forma dos NM, carcinogenicidade, mutagenicidade, toxicidade para reprodução e toxicidade na pele. Parâmetros que facilitam para definição do nível de Perigo também foram escolhidos: Perigo Material macro, Parâmetros para enquadrar a toxicidade do material macro ou nano. Para a exposição, foram escolhidos os parâmetros que contribuem com a exposição do trabalhador aos NM (frequência e duração da tarefa, quantidade e pulverulência dos NM e consideração do estado físico dos NM).

Na tabela 40 são apresentados os parâmetros e as pontuações dos métodos sendo atribuído um ponto na existência do parâmetro e nenhum ponto no caso de ausência.

Tabela 40: Parâmetros para escolha do método de CB mais adequado.

Parâmetros/ Fatores	Métodos			
	A	B	C	D
Fibrosidade do material	1	1	1	1
Solubilidade	1	1	1	1
Forma dos NM	1	1		
Perigo Material macro	1		1	1
Carcinogenicidade	1	1	1	1
Mutagenicidade	1	1	1	1
Toxicidade para reprodução	1			1
Toxicidade na pele	1			
Parâmetros para enquadrar a toxicidade do material macro ou nano			1	1
Quantidade utilizada na Tarefa	1	1		1
Frequência de realização da tarefa	1	1		
Nº de trabalhadores	1			
Duração da Tarefa	1			
Pulverulência dos NM	1	1	1	1
Considera NM no estado sólido		1	1	1
Considera NM no estado líquido		1	1	1
Considera NM no estado pó particulado		1	1	1
Propõe medidas administrativas como medidas de controle		1		
Fácil aplicabilidade do método		1		1
Rapidez na aplicação do método		1	1	1
Método recente (publicado nos últimos quatro anos)		1		1
Pontuação máxima 21 pontos	13	15	11	15
% da pontuação total	61,9	71,4	52,4	71,4

Legenda: A- CB Nanotool, B – CB SST/Lab nano, C- CB ANSES, D- CB ISO/TS 12901-2.

Conforme os critérios utilizados, dois métodos obtiveram a mesma pontuação, o CB SST/Labnano e o CB da ISO/TS 12901-2, com 71,4% dos 21 parâmetros ou fatores possíveis, portanto são os mais indicados para serem aplicados neste laboratório. Essa quantidade de pontos de um método ser maior ou menor que o outro não significa ser melhor ou pior, apenas indica o método mais adequado para aplicação nas unidades deste laboratório.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou e comparou os riscos ao se manusear e sintetizar NM de SiO_2 amorfo com duas morfologias distintas, sendo os NTSiO₂ e as NPSiO₂ e suas versões amino-funcionalizadas. Através das aplicações de quatro metodologias de CB foi possível concluir que:

- Os níveis de exposição dos pesquisadores na maioria das tarefas aos quais os NM encontram-se nos estados físicos sólido e suspensão foram baixos, já com os NM no estado de pó particulado o nível de exposição foi alto na maioria dos métodos de CB. Entretanto devido à algumas informações toxicológicas, os perigos dos NM foram enquadrado como alto, que resultou num alto nível dos riscos para o desenvolvimento das tarefas na maioria dos métodos.

- Essas metodologias de avaliação de risco tendem a considerar o risco alto quando o perigo é alto, entretanto, o CB é a metodologia mais adequada no momento, pois, não temos métricas nem protocolos de como estimar a concentração dos materiais nessa escala nem limites de tolerância para NM. Entretanto essas metodologias devem considerar outros parâmetros como funcionalização e a área superficial para definição dos perigos dos NM.

- Dentre os métodos de CB escolhidos para a avaliação dos riscos, os dois métodos mais recentes (CB SST/Labnano e CB ISO/TS 12901-2) atingiram a maior pontuação dentre os critérios definidos. Portanto, são os mais adequados para serem aplicados nesse laboratório.

- Como os riscos atingiram um alto nível nas execuções das Tarefas, algumas medidas foram propostas de modo a minimiza-los, sendo prioritário a utilização de equipamentos de proteção coletiva, seguidos das medidas administrativas e, por último, a utilização de equipamentos de proteção individual.

6 RECOMENDAÇÕES

Com base avaliações de riscos e ensaios realizadas neste trabalho e os resultados obtidos recomenda-se para a continuação e o aprimoramento dos conhecimentos:

- Desenvolver um método de Controle de Bandas que considere parâmetros específicos para avaliar as modificações superficial para diferentes tipos de NM;
- Desenvolver um trabalho para implementar as medidas de segurança do trabalho sugeridas;

7 REFERÊNCIAS

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI. **Estudo Prospectivo da nanotecnologia**, 2010. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/?q=system/files/Panorama_INI_Nanotecnologia_0.pdf>. Acesso em: 1/4/2015.

_____. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação**, 2011. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf> Acesso em: 1/4/2015.

_____. **Cartilha sobre Nanotecnologia**, 2014. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha_nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 06 dezembro 2016.

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

ARCURI, A. S. A. **Conceitos de nanotecnologia e os impactos à saúde dos trabalhadores**. Florianópolis, mar. 2014 Curso ministrado na FUNDACENTRO -SC 2014.

ARCURI, A. S. A. **Nanotecnologia e meio ambiente do trabalho**. Chápeco, 29 out. 2016. Palestra ministrada no XIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente: socioambientais, a governança dos riscos da nanotecnologia e o marco legal ciência, tecnologia e inovação do Brasil.

ARCURI, A. S. A.; VIEGAS, M. DE F. T. F.; PINTO, V. R. S. Nanotecnologia e os potenciais riscos aos trabalhadores. In: Silva, T.E.M.da; Waissmann, W. **Nanotecnologias, Alimentação e Biocombustíveis: Um olhar Transdisciplinar**. Aracaju: Criação,2014. P.97–124.

BAKAND, S.; HAYES, A. Toxicological considerations, toxicity assessment, and risk management of inhaled nanoparticles. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 6, p. 1–17, 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Portaria n° 441, de 24 de abril de 2014. Instituiu o Comitê Consultivo de Nanotecnologia - CCNANO Disponível em:

<ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsessp/bibliote/informe_eletronico/2014/iels.abr.14/Iels78/U_PT-MCTI-GM-441_240414.pdf>. Acesso em: 12/12/2015.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Portaria n° 245, de 5 de abril de 2012a :instituiu o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNano). Disponível em: http://www.lex.com.br/legis_23138521_PORTARIA_N_245_DE_5_DE_ABRIL_DE_2012.aspx. Acesso em: 12/12/2015.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Instrução Normativa n° 2, de 15 de junho de 2012b: aprovou o Regulamento Técnico que estabelece requisitos mínimos para integração dos Laboratórios Estratégicos e dos Laboratórios Associados ao Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias - SisNANO. Disponível em: http://www.lex.com.br/legis_23461758_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_2_DE_15_DE_JUNHO_DE_2012.aspx. Acesso em: 12/12/2015.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI). 2013. Governo vai investir R\$ 440 milhões emnanotecnologia. Disponível em < <http://www.ibe.usp.br/index.php/pt/noticias/313-governo-vai-investir-440-milhoes-em-nanotecnologia>>. Acesso em 12/12/15.

_____. Câmara dos Deputados. Projetos de Lei e outras proposições: PL 5076/2005. Disponível em: < <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=282392>>. Acesso em 28 nov 2016a.

. _____. Senado. Projetos e matérias legislativas: PL. 131 de 2010. Disponível em: < <http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/matéria/96840>>. Acesso em 28 nov 2016b.

_____. Câmara dos Deputados. Projetos e matérias legislativas: PL. 5133 de 2013. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>>. Acesso em 28 nov 2016c.

_____. Câmara dos Deputados. Projetos e matérias legislativas: PL. 6741 de 2013. Disponível em: <
<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso em 28 nov 2016d.

_____. Ministério do Trabalho. Legislação: normas regulamentadoras. Disponível na internet em
<http://www.mte.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acesso em: 12 de janeiro de 2016.

_____. Decreto n. 6.112, de 12 de maio de 2007: Promulga o Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Governo da República Federativa do Brasil e a Comunidade Europeia, celebrado em Brasília, em 19 de janeiro de 2004. p. 2014–2016, 2007.

_____. Portaria nº 260, de 3 de maio de 2011, Ministério da Ciência e Tecnologia. p. 1999, 2011.

_____. MC. Portaria Interministerial Nº 510, de 9 de julho de 2012c. v. 7, p. 2001, 2012. Disponível em: <
http://www.lex.com.br/legis_23491756_PORTARIA_INTERMINISTERIAL_N_510_DE_9_DE_JULHO_DE_2012.aspx
Acesso em: 12 de janeiro de 2016.

_____. Ministério da Saúde - ANVISA. Portaria nº 1.358, de 20 de agosto de 2014, instituiu o Comitê Interno de Nanotecnologia (CIN) no âmbito da ANVISA

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Occupational health and safety management systems – specification BSI-OHSAS 18001.
London, 2007

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

BUZEA, C.; PACHECO, I. I.; ROBBIE, K. Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. Biointerphases, v. 2, n. 4, p. MR17-MR71, 2007.

CANCINO, J. et al. Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 521–526, 2014.

COSTA, C. H. DA. **Óxido de cromo III através de ensaios in Vivo e in Vitro**. 2014. 197f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DAMASCENO, J. C.; RIBEIRO, A. R.; BALOTTIN, L. B. L.; GRANJEIRO, J. M. Nanometrologia – desafios para a regulação sanitária. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 1, n. 4, p. 104–114, 2013. Disponível em:
<<http://www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/94/80>>.

DU, Z.; ZHAO, D.; JING, L.; et al. Cardiovascular toxicity of different sizes amorphous silica nanoparticles in rats after intratracheal instillation. **Cardiovascular Toxicology**, v. 13, n. 3, p. 194–207, 2013.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **Substance information**. Helsinki, FI. Disponível em:<
<http://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.121.463>>. Acesso em 02/05/2016a.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **Substance information**. Helsinki, FI. Disponível em:<
<http://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.118.670>>. Acesso em 02/05/2016b.

ENGELMANN, W. **A Governança dos Riscos da Nanotecnologia e as Correlações com o Novo Marco de Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil: Aspectos Jurídicos**

. Chápeco, 27 out. 2016. Palestra ministrada no XIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente: socioambientais, a governança dos riscos da nanotecnologia e o marco legal ciência, tecnologia e inovação do Brasil.

ENGELMANN, W.; HOHENDORFF, R. VON. Das nanopartículas aos riscos em grande escala: os desafios e as possibilidades do emprego da

precaução na implantação das nanotecnologias. In: Pereira , R. ; Winckler, S. **Desafios socioambientais para a construção de um marco regulatório específico para a nanotecnologia no Brasil: anais do I congresso sul brasileiro sobre direito e nanotecnologia**. São Leopoldo: Karywa , 2014. p. 126–141. Disponível em <https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/anais-do-i-congresso-sul-brasileiro-sobre- direito-e-nanotecnologia.pdf>. Acessada em 01 Dezembro de 2016.

ENGELMANN, W.; HOHENDORFF, R. VON; SANTOS, P. J. T. DOS. **A inovação nanotecnológica e suas consequências nas ciências de impacto : a necessária inovação e adaptação do direito** In: III Semana de Ciência Política da Universidade Federal de São Carlos, III, abril de 2015, São Carlos. 30p.

ENGELMANN, W.; PULZ, R. L. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. **Revista Iberoamericana de Filosofia**, v. 17, n. 33, p. 151–181, 2015.

EU-OSHA - EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. **New and emerging risks in occupational safety and health**. 2009

_____. **E-FACTS 72 Tools for the management of nanomaterials in the workplace and prevention measures**. Disponível em: <<https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures/view>>. Acesso em: 4 jan. 2016

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **Substance information**. Helsinki, FI. Disponível em:< <http://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.121.463>>. Acesso em 02/05/2016a.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (ECHA). **Substance information**. Helsinki, FI. Disponível em:< <http://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.118.670>>. Acesso em 02/05/2016b.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000**. Environmental issue report n° 22, 2001. ISBN 92-9167- 323-4

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Guidance on the risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain**. EFSA Journal, n.º 9, 2011. Disponível em: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2140.pdf>. Acesso em: 06 out 2016.

FARD, J. K.; JAFARI, S.; EGHBAL, M. A. A review of molecular mechanisms involved in toxicity of nanoparticles. **Advanced Pharmaceutical Bulletin**, v. 5, n. 4, p. 447–454, 2015.

FERREIRA, A. P.; SANT, S. A Nanotecnologia e a Questão da sua Regulação no Brasil : Impactos à Saúde e ao Ambiente. **Revista UNIANDRADE**, v. 16, n. 3, p. 119–128, 2015.

FETQUIM-CUT -Federação dos Trabalhadores do ramo Químicos da CUT do estado de São Paulo. **Termo Aditivo à Convenção Coletiva de Trabalho FETQUIM-CUT 2012/2013, de 19 de abril de 2012. Setor Farmacêutico**. Disponível em: <http://www.sindusfarma.org.br/informativos/Aditivo_ABCD_2012_2013.pdf>. Acesso em: 1 dezembro de 2016.

FLEURY, D. et al. Nanomaterials risk assessment in the process industries: Evaluation and application of current control banding methods. **Chemical Engineering Transactions**, v. 31, p. 949–954, 2013.

FORBE, T.; GARCÍA, M.; GONZALEZ, E. Potencial risks of nanoparticles Riscos potenciais do nanopartículas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 4, p. 835–842, 2011.

FRANCE/FRENCH agency for food, environmental and occupational health & safety (ANSES). **Development of a specific Control Banding Tool for Nanomaterials - Report**. Disponível em: <<http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407RaEN.pdf>>. Acesso em: 1/2/2015.

Germany (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA). **Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace.** (2007).

GOLANSKI, L.; GUILLOT, A.; TARDIF, F. Are conventional protective devices such as fibrous filter media, cartridge for respirators, protective clothing and gloves also efficient for nanoaerosols. **Efficiency of fibrous filters and personal protective ...**, v. 1, n. January, p. 1–8, 2008.

GONÇALVES, R. A. **Toxicidade de nanopartículas de óxido de cobre ao organismo marinho *Mysidopsis juniae* (SILVA, 1979).** 2014.93f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente), Universidade da região de Joinville, Joinville.

GUO, C.; XIA, Y.; NIU, P.; et al. Silica nanoparticles induce oxidative stress, inflammation, and endothelial dysfunction in vitro via activation of the MAPK/Nrf2 pathway and nuclear factor- κ B signaling. **International Journal of Nanomedicine**, v. 10, p. 1463–1477, 2015. Disponível em: <<http://www.dovepress.com/silica-nanoparticles-induce-oxidative-stress-inflammation-and-endothel-peer-reviewed-article-IJN>>.

HALLOCK, M. F. et al. Potential risks of nanomaterials and how to safely handle materials of uncertain toxicity. **Journal of Chemical Health and Safety**, v. 16, n. 1, p. 16–23, jan. 2009.

HANKIN, S. M.; CABALLERO, N. E. D. **Regulação da nanotecnologia no Brasil e na União Europeia.** 2014.

HANSON, N. et al. EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively. **Office of Inspector General Epa**, n. 12, p. 1–23, 2011.

Health and Safety Executive (HSE). **Using nanomaterials at work.** p. 27, 2013. <http://www.hse.gov.uk/pubns/books/hsg272.pdf>. Acesso em: 14/11/2016

HOUGAARD, K. S. et al. A perspective on the developmental toxicity of inhaled nanoparticles. **Reproductive Toxicology**, v. 56, p. 118–140, 2015.

HOYT, V. W.; MASON, E. Nanotechnology Emerging health issues. **Journal of Chemical Health and Safety**, v. 15, n. 2, p. 10–15, mar. 2008.

HRISTOZOV, D. et al. Frameworks and tools for risk assessment of manufactured nanomaterials. **Environment International**, v. 95, p. 36–53, 2016.

HUSSAIN, S. M. et al. Toxicity evaluation for safe use of nanomaterials: Recent achievements and technical challenges. **Advanced Materials**, v. 21, n. 16, p. 1549–1559, 2009.

IPEA. **Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo? : contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil**. Brasília, 2015. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/151013_megatendencias_mundiais_2030.pdf. Acesso em: 02 dezembro 2016.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO/TR 12885**. Technical specification. Nanotechnologies - health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies. International Organization for Standardization. 2008.

_____. **ISO 11360**. Technical report. Nanotechnologies- Methodology for the classification and categorization of nanomaterials. International Organization for Standardization. 2010.

_____. **ISO/TR 13121**. Technical specification. Nanotechnologies - Nanomaterial risk evaluation. International Organization for Standardization. 2011.

_____. **ISO/TS 12901-1**. Technical specification. Nanotechnologies - Occupational risk management applied to engineered nanomaterials - Part 1: Principles and approaches. International Organization for Standardization. 2012.

_____. **ISO/TS 12901-2**. Technical specification. Nanotechnologies- o Occupational risk management applied to engineered nanomaterials - Part 2: Use of the control banding approach. International Organization for Standardization. 2014.

_____. **ISO 31000**. Risk management - Principles and guidelines. International Organization for Standardization. 2009.

JENSEN, T. F. **Nanotecnologias na experiência recente de Negociação Coletiva do Movimento Sindical Brasileiro**. Chápeco, 29 out. 2016. Palestra ministrada no XIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente: socioambientais, a governança dos riscos de, da nanotecnologia e o marco legal ciência, tecnologia e inovação do Brasil.

JUNIOR, C. J. K.; LAZAROTTO, M.; PEREIRA, R. A União Europeia e a Regulação para a nanotecnologia: atos unilaterais nanoespecíficos (2008-2012). In: PEREIRA, R.; WINCKLER, S.; TEIXEIRA, M. M. **Cidadania e Controle Social na Governança da Nanotecnologia**. São Leopoldo: Karywa, 2014. p. 126–141. Disponível em <https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/cidadania-e-controle-social-na-governanc3a7a-da-nanotecnologia.pdf>. Acessada em 01 Dezembro de 2016.

KELLY, R. J. Occupational medicine implications of engineered nanoscale particulate matter. **Journal of Chemical Health and Safety**, v. 16, n. 1, p. 24–39, 2009.

LENZ E SILVA, G. F. B.; LENZ E SILVA, L. C. Saúde & Segurança Ocupacional: reflexões sobre os riscos potenciais e o manuseio seguro dos nanomateriais. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 1, p. 43–52, 2013. Disponível em: <http://www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/85/73>.

LI, Y.; ZHANG, Y.; YAN, B. Nanotoxicity overview: Nano-threat to susceptible populations. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 3, p. 3671–3697, 2014.

LIEBER, R. R. O Princípio da Precaução e a Saúde no Trabalho. **Saúde Soc.**, v. 17, n. 4, p. 124–134, 2008.

LIGUORI, B. et al. Control banding tools for occupational exposure assessment of nanomaterials — Ready for use in a regulatory context? **NanoImpact**, v. 2, p. 1–17, abr. 2016.

LIMA, F. J. DA S. C. **Riscos emergentes associados às nanotecnologias uma introdução**.2014.112f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Gestão da Prevenção de Riscos Laborais, Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia, Leiria.

LINKOV, I. et al. Emerging methods and tools for environmental risk assessment, decision-making, and policy for nanomaterials: summary of NATO Advanced Research Workshop. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 11, n. 3, p. 513–527, 8 abr. 2009.

LOURO, H.; BORGES, T.; SILVA, M. J. Nanomateriais manufaturados: novos desafios para a saúde pública. **Revista Portuguesa de Saude Publica**, v. 31, n. 2, p. 145–157, 2013.

MASER, E. et al. Mutation Research / Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis In vitro and in vivo genotoxicity investigations of differently sized amorphous SiO₂ nanomaterials. **Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 794, p. 57–74, 2015.

MATHIAS, F. T.; ROMANO, M. A.; ROMANO, R. M. Avaliação dos Efeitos Toxicológicos e Ambientais de Nanopartículas de Sais de Prata. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, n. 2, p. 187–193, 2014.

MATIAS, W. G.. Apostila de Toxicologia Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. 2014

MELEGARI, S. P. et al. Evaluation of toxicity and oxidative stress induced by copper oxide nanoparticles in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. **Aquatic Toxicology**, v. 142–143, p. 431–440, 2013.

MST- Ministry of Environment and Food of Danish – EPA. **Nanocat: a conceptual decision support tool for nanomaterials**. Disponível em <<http://eng.mst.dk/>> . Acesso em: 4/10/2016.

MURASHOV, V. Occupational exposure to nanomedical applications. **Wiley**, v. 1, n. April, p. 203–213, 2009.

NABESHI, H. et al. Amorphous nanosilica induce endocytosis-dependent ROS generation and DNA damage in human keratinocytes. **Particle and Fibre Toxicology**, v. 8, n. 1, p. 1, 2011.

NAPIERSKA, D. et al. The nanosilica hazard: another variable entity. **Particle and Fibre Toxicology**, v. 7, n. 1, p. 39, 2010.

NIOSH, 2009a. **Approaches to Safe Nanotechnology**. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf>> .

NIOSH, 2009b. **Qualitative Risk Characterization and Management of Occupational Hazards Control Banding (CB)**. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-152/pdfs/2009-152.pdf>. Acesso em: 4/10/2016.

NIOSH, 2012. **Filling the Knowledge Gaps for Safe Nanotechnology in the Workplace**. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-101/pdfs/2013-101.pdf>. Acesso em: 4/10/2016.

NIOSH, 2013. **Current Strategies for Engineering Controls in Nanomaterial Production and Down-stream Handling Processes**. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-102/pdfs/2014-102.pdf>>. Acesso em: 4/1/2016.

NIOSH. **Current intelligence bulletin 65: Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers**. p. 156, 2013b.

NOLASCO, L. G. **Regulamentação jurídica da nanotecnologia**. 2016.437f. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade), Universidade Federal de Goiás, Goiás.

OBERDÖRSTER, G.; OBERDÖRSTER, E.; OBERDÖRSTER, J. Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. **Environmental Health Perspectives**, v. 113, n. 7, p. 823–839, 2005.

OBERDÖRSTER, G. et al. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a

screening strategy. **Particle and Fibre Toxicology**, v. 2, n. 1, p. 8, 2005.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). **Current Developments: activities on the safety of manufactured nanomaterials**. p. 86, 2010.
[http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2010\)42&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2010)42&doclanguage=en). Acesso em: 14/12/2016

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.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DO TRABALHO – OIT.
Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación. 2010, Genebra. Disponível em:
http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_124341.pdf. Acesso em: 09/08/2015.

OSTIGUY, C. et al. **Health Effects of Nanoparticles**. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Québec, Canada. ISBN: 978-2-89631-320-4 (PDF). Disponível em: <<http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-589.pdf>>. Acesso em: 14/10/2016.

OSTIGUY, C. et al. 2015. **Best Practices Guidance for Nanomaterial Risk Management in the Workplace**. Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail (IRSST), Québec, Canada. ISBN: 978-2-89631-842-1 (PDF). Disponível em: <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-899.pdf>. Acesso em: 14/10/2016.

PAIK, S. Y.; ZALK, D. M.; SWUSTE, P. Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 52, n. 6, p. 419–428, ago. 2008.

PASCHOALINO, M. P.; MARCONE, G. P. S.; JARDIM, W. F. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 421–430, 2010.

PROJECT ON EMERGING NANOTECHNOLOGIES,
Nanotechnology Consumer Product Inventory. Washington, DC. 2015.
Disponível em: <http://www.nanotechproject.org/cpi/>. Acesso em: 11
dezembro 2016.

PAIK, S. Y.; ZALK, D. M.; SWUSTE, P. Application of a pilot control
banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle
exposures. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 52, n. 6, p. 419–428,
2008. Disponível em:
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18632731>>. Acesso em:
11/12/2014.

POHLMANN, A. R.; GUTERRES, S. S. Fórum de Competitividade em
Nanotecnologia: contribuições GT Marco Regulatório, relatório GT
Marco Regulatório, Fórum de Competitividade em Nanotecnologia.
Disponível em:
<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf>.
Acesso em: 12/12/2015.

PORTAL BRASIL. Sítio de Notícias em Ciência e Tecnologia.
Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/08/comite-de-nanotecnologia-aprova-adesao-do-brasil-ao-nanoreg>>. Acesso em: 12/12/2015.

RAI, M. et al. Nanotechnology based anti-infectives to fight microbial
intrusions. **Journal of Applied Microbiology**, n. 120, p. 527–542,
2015.

REN, L.; ZHANG, J.; ZOU, Y.; et al. Silica nanoparticles induce
reversible damage of spermatogenic cells via RIPK1 signal pathways in
C57 mice. **International Journal of Nanomedicine**, v. 11, p. 2251–
2264, 2016.

ROSSETTO, A. L. DE O. F. et al. Comparative evaluation of acute and
chronic toxicities of CuO nanoparticles and bulk using *Daphnia magna*
and *Vibrio fischeri*. **Science of The Total Environment**, v. 490, p. 807–
814, ago. 2014..

ROSSETTO, A. L. DE O. F. **Estudo comparativo entre os efeitos tóxicos agudos e crônicos do óxido de cobre na forma de nanopartícula e micropartícula.**2012.125f .Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SWA - Community Research and development Information Service . **Engineered Nanomaterials: investigating substitution and modification options to reduce potential hazards.**2010. Disponível em: < www.safeworkaustralia.gov.au>. Acesso em: 14/10/2016.

RICCARDI, S.; GUASTALDI, A. C. Nanoregulação: avaliação dos cenários internacional e brasileiro. **Revista Laborativa**, v. 2, n. 2, p. 135–162, 2013.

SAFENANO. **Working Safely with Nanomaterials in Research & Development** .1 ed., 2012. Disponível em : <http://www.safenano.org/knowledgebase/guidance/safehandling/uknsg-2012-working-safely-with-nanomaterials-in-research-and-development/>. Acesso em: 14/11/2016

_____. **Working Safely with Nanomaterials in Research & Development** .2 ed. p. 47, 2016. Disponível em: <http://www.safenano.org/media/108929/UKNSG%20Guidance%20-%20Working%20Safely%20with%20Nanomaterials%20-%202nd%20Edition.pdf>. Acesso em: 14/11/2016

SANTOS, J. P. M. DOS; BELLEZA, W. L. F. Ambiental Princípio da precaução. **Âmbito Jurídico**, v. XVII, n. 131, p. 4–6, 2014.

STARTNANO. **Nanotechnology Products Database**. Disponível em: <<http://product.statnano.com/>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

STERN, S. T.; MCNEIL, S. E. Nanotechnology Safety Concerns Revisited. **Toxicological Sciences**, v. 101, n. 1, p. 4–21, 2008.

TAVARES, E. T.; SCHRAMM, F. R. Princípio de precaução e nanotecnociências. **Revista Bioética**, v. 23, n. 2, p. 244–255, 2015.

UNIÃO EUROPEIA. Comunicação 2005/243 da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu e ao Comitê Econômico e Social Europeu – Nanociências e Nanotecnologias: plano de ação para a Europa 2005-2009.2005. Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0505&rid=1>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

_____. Comunicação 2008/366 da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho e ao Comitê Econômico e Social Europeu: aspectos regulamentares dos nanomateriais. 2008. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0366:FIN:pt:PDF>>. Acesso em 11 dez 2016.

_____. Comunicação 2009/607 da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu e ao Comitê Econômico e Social Europeu – Nanociências e Nano- tecnologias: plano de ação para a Europa 2005-2009 – Segundo Relatório de Execução 2007-2009.2009. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009DC0607&qid=1481476635699&from=PT>. Acesso em: 15 abr. 2016.

_____. Comunicação 572/2012 da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho e ao Comitê Econômico e Social Europeu: segunda revisão regulamentar relativa a nanomateriais.2012. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0572:FIN:pt:PDF>>. Acesso em 10 nov 2016.

_____. Diretiva 2008/39/CE da Comissão de 6 de março de 2008 que altera a Diretiva 2002/72/CE relativa aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contato com os gêneros alimentícios. Jornal Oficial da União Europeia, 2008, L 63/6. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:063:0006:0013:PT:PDF>>. Acesso em 11dez 2016.

_____. Diretiva 2011/65/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 08 de Junho de 2011 relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos. Jornal Oficial da União Europeia, 2011, L 174/88. Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu/legal->

content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0065&from=PT >. Acesso em 11 dez 2016.

_____. Diretiva 2012/19 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012 relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.2012. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&qid=1481475336137&from=PT>. Acesso em 10 nov 2016.

_____. Recomendação da Comissão de 18 de Outubro de 2011 sobre a definição de nanomaterial: 2011/696/UE. Jornal Oficial da União Europeia, 2011, L 275/38. Disponível em: <
https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/policy/commission-recommendation-on-the-definition-of-nanomater-18102011_en.pdf
>. Acesso em: 11 dez 2016.

_____. Regulamento (CE) N° 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho: relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH), que cria a Agência Europeia dos Produtos Químicos, que altera a Directiva 1999/45/CE e revoga o Regulamento (CEE) n.o 793/93 do Conselho e o Regulamento (CE) n.o 1488/94 da Comissão, bem como a Directiva 76/769/CEE do Conselho e as Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE da Comissão.2006. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:pt:PDF>. Acesso em 11 dez 2016.

_____. Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2008 relativo aos aditivos alimentares. Jornal Oficial da União Europeia, 2008, L 354/16. Disponível em: <
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0033:pt:PDF>>. Acesso em 11dez 2016.

_____. Regulamento (CE) n.º 1223/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de Novembro de 2009 relativo aos produtos cosméticos. Jornal Oficial da União Europeia, 2009, L 342/59. Disponível em: <
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0059:0209:pt:PDF>>. Acesso em 11dez 2016.

_____. Regulamento (UE) n.º 10/2011 da Comissão de 14 de janeiro de 2011 relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contato com os alimentos. *Jornal Oficial da União Europeia*, 2011a, L 12/1. Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:012:0001:0089:PT:PDF>>. Acesso em 11 dez 2016.

_____. Regulamento (UE) n.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2011 relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os gêneros alimentícios, que altera os Regulamentos (CE) n.º 1924/2006 e (CE) n.º 1925/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho e revoga as Diretivas 87/250/CEE da Comissão, 90/496/CEE do Conselho, 1999/10/CE da Comissão, 2000/13/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, 2002/67/CE e 2008/5/CE da Comissão e o Regulamento (CE) n.º 608/2004 da Comissão. *Jornal Oficial da União Europeia*, 2011b, L 304/18. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:PT:PDF>. Acesso em 11 dez 2016.

_____. Regulamento (UE) n.º 528/2012 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de maio de 2012, relativo à disponibilização no mercado e à utilização de produtos biocidas. *Jornal Oficial da União Europeia*, 2012, L 167/1. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:167:0001:0123:PT:PDF>. Acesso em 10 nov 2016.

_____. Resolução do Parlamento Europeu, de 24 de Abril de 2009, sobre aspectos regulamentares dos nanomateriais (2008/2208(INI)). *Jornal Oficial da União Europeia*, 2009b, C 184 E/82. Disponível em: < <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+TA+P6-TA-2009-0328+0+DOC+PDF+V0//PT>>. Acesso em 11 dez 2016.

VANCE, M. E. et al. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v. 6, n. October 2013, p. 1769–1780, 2015.

VICENTINI, D. S. et al. Toxicological impact of morphology and surface functionalization of amorphous SiO₂ nanomaterials. **NanoImpact**, v. 5, p. 6–12, 2017.

WHEELER, J.; POLAK, S. 2013. Health and Safety Executive (HSE), UK. **The use of Nanomaterials in UK Universities : an overview of occupational health and safety**. Disponível em: <http://www.hse.gov.uk/nanotechnology/nano-survey.pdf>. Acesso em: 14/11/2016.

YOKOYAMA, T. Nanoparticle Technology Handbook. Nano Today. v. 2, p.45, 2007. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1748013207701196>. v. 2, p.45, 2007.

ZANINI, C. A. Princípio da precaução aplicado à nanotecnologia In: Pereira, R.; Winckler, S.; Texeira, M., M.. **Cidadania e Controle Social na Governança da Nanotecnologia**. São Leopoldo: Karywa 2016. p. 38–50. Disponível em, <https://editorakarywa.files.wordpress.com/2014/11/cidadania-e-controle-social-na-governanc3a7a-da-nanotecnologia.pdf>. Acessada em 01 Dezembro de 2016.

WEB OF SCIENCE. Pesquisa Básica. Disponível em: <http://www.webofknowledge.com>. Acesso em 01 de nov. de 2016.

8 APÊNDICE

8.1 Resultados

8.1.1 Resultados NTSiO₂

8.1.1.1 Perigo NTSiO₂

Os dados para obtenção do perigo nos métodos foram aplicados nas tabelas 41,42 e 43 e nas figuras 22 e 23.

Tabela 41: Perigo CB Nanotool SiO₂ material macro.

Fator	Resposta Pontuação				
Limite de Tolerância (µg/m ³)	<10 10	10-10 ² 5	101-10 ³ 2,5	>10 ³ 0	Desconhecido 7,5
Carcinogênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade de reprodução	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Mutagênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade na pele	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Capacidade de produzir Asma	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Pontuação total macro	23,5				

Tabela 42: Perigo CB Nanotool NTSIO₂.

Fator	Resposta Pontuação			
	Alta 10	Média 5	Baixa 0	Desconhecida 7,5
Reatividade da superfície	Alta 10	Média 5	Baixa 0	Desconhecida 7,5
Forma da partícula	Tubular ou fibrosa 10	Anisotrópica 5	Compacta ou esférica 0	Desconhecida 7,5
Diâmetro da partícula (nm)	1-10 10	11-40 5	>40 0	Desconhecida 7,5
Solubilidade	Insolúvel 10	Solúvel 5	Desconhecida 7,5	
Carcinogênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade de reprodução	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Mutagênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade na pele	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Capacidade de produzir Aasma	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Pontuação total nano	54			

Tabela 43: Perigo CB SST/Labnano NTSIO₂.

Escore de Perigo			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial	Sim	0	+1
	Não	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante	Sim	+1	+1
	Não	-1	
O material contém NP solúveis ou lábeis	Sim	+1	-1
	Não	-1	
O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	Sim	+1	+1
	Não	-1	
			+2

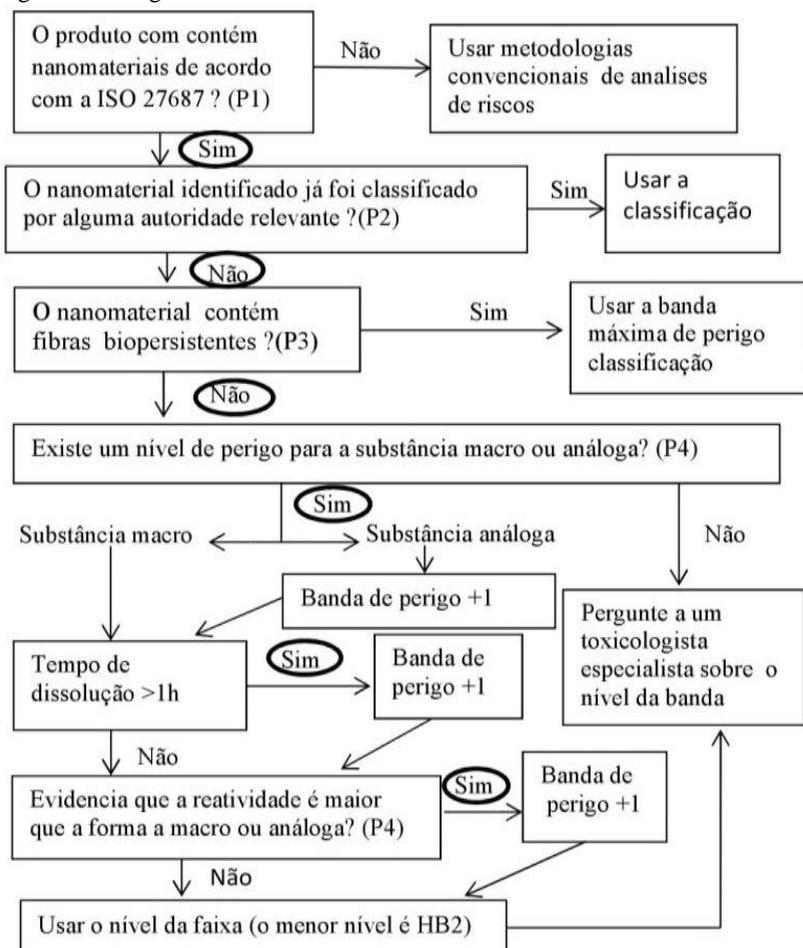
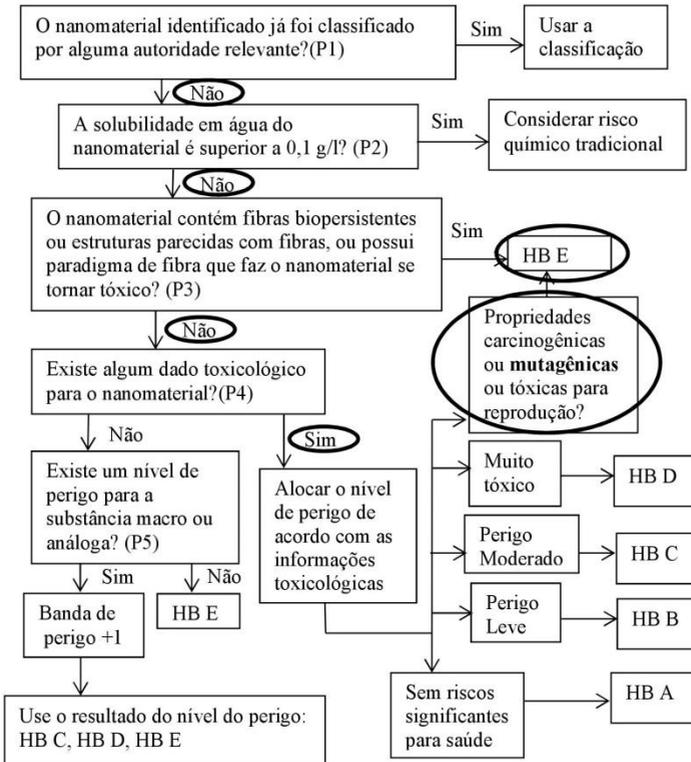
Figura 22: Perigo CB ANSES NTSIO₂.

Figura 23: Perigo CB ISO/TS 12901-2 SiO₂

8.1.1.2 Exposições NTSiO₂

Foram acompanhadas as manipulações de seis tarefas com NTSiO₂ e também sua síntese e a funcionalização com NH₂.

8.1.1.2.1 Preparação de soluções para teste crônico com *Daphnia magna*

Os dados referentes à exposição da Preparação de soluções para teste crônico com *Daphnia magna* foram aplicados nas tabelas 44,45 e 46 e na figura 24.

Tabela 44: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com *Daphnia magna* CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	65				

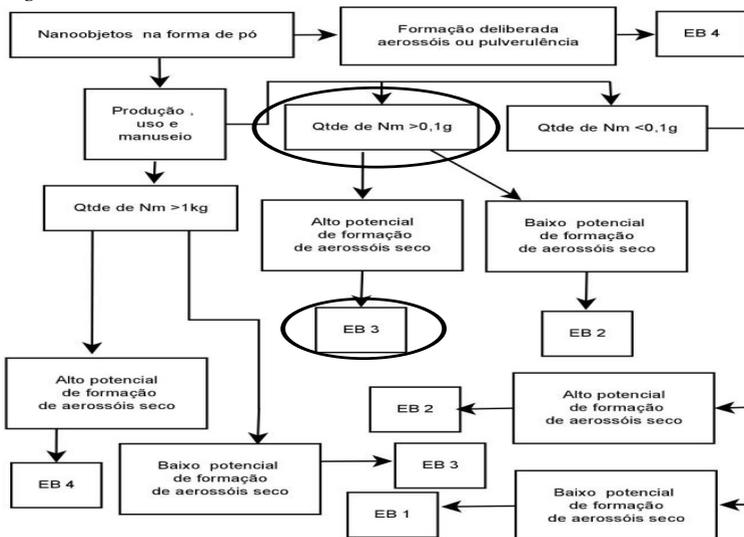
Tabela 45: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com *Daphnia magna* CB SST Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			+3

Tabela 46: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com *Daphnia magna* CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 24: Exposição no preparo de soluções para teste crônico com *Daphnia magna* CB ISO/TS 12901-2.



8.1.1.2.2 Testes crônicos com *Daphnia magna*

Os dados referentes à exposição na realização dos testes crônicos com *Daphnia magna* foram aplicados nas tabelas 47,48 e 49 e na figura 25.

Tabela 47: Exposição nos testes crônicos com *Daphnia magna* CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	< 30dias 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	47,5				

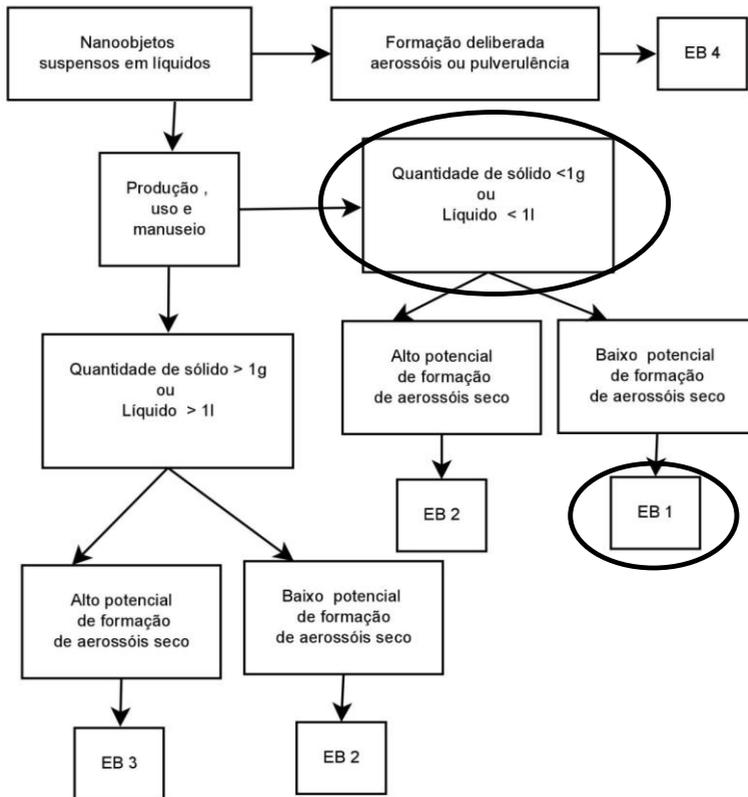
Tabela 48: Exposição nos testes crônicos com *Daphnia magna* CB SST Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			-3

Tabela 49: Exposição nos testes crônicos com *Daphnia magna* CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 25: Exposição nos testes crônicos com *Daphnia magna* CB ISO/TS 12901-2.



8.1.1.2.3 Preparação de soluções para testes com células Vero

Os dados referentes à Preparação de soluções para testes com células Vero, foram aplicados nas tabelas 50,51 e 52 e na figura 26.

Tabela 50: Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (h)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	60				

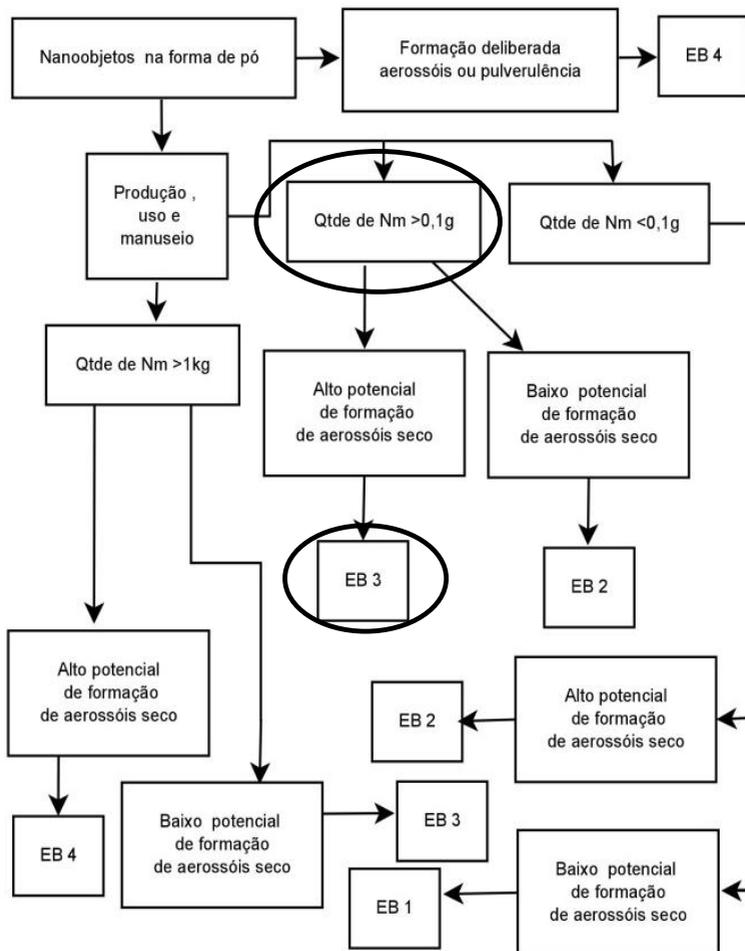
Tabela 51: Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB SST Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			2

Tabela 52. Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 26: Exposição na preparação de soluções para testes com células Vero CB ISO/TS 12901-2.



8.1.1.2.4 Testes com células Vero

Os dados referentes à realização dos testes com células Vero, foram aplicados nas tabelas 53,54 e 55 e na figura 27.

Tabela 53. Exposição nos testes com células Vero CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (h)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	47,5				

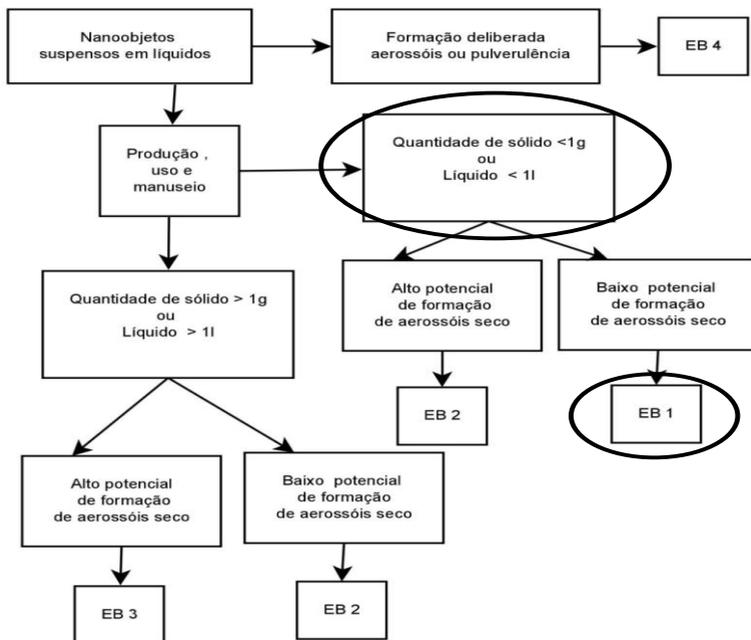
Tabela 54: Exposição nos testes com células Vero CB SST/Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominação)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			-4

Tabela 55. Exposição nos testes com células Vero CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 27: Exposição nos testes com células Vero CB ISO/TS 12901-2.



8.1.1.2.5 Preparação de membranas nanocompósitas

Os dados referentes à Preparação de membranas nanocompósitas, foram aplicados nas tabelas 56,57 e 58 e figura 28.

Tabela 56: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	52,5				

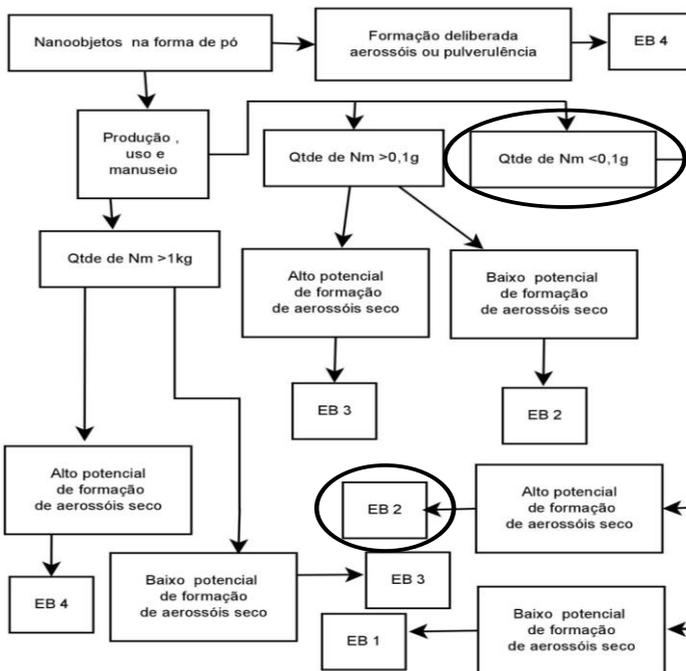
Tabela 57: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB SST/ Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			0

Tabela 58: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 28: Exposição na preparação de membranas nanocompósitas CB ISO/TS 12901-2



8.1.1.2.6 Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água

Os dados referentes à aplicação de membranas nanocompósitas, foram aplicados nas tabelas 59,60 e 61 e na figura 29.

Tabela 59: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	28,75				

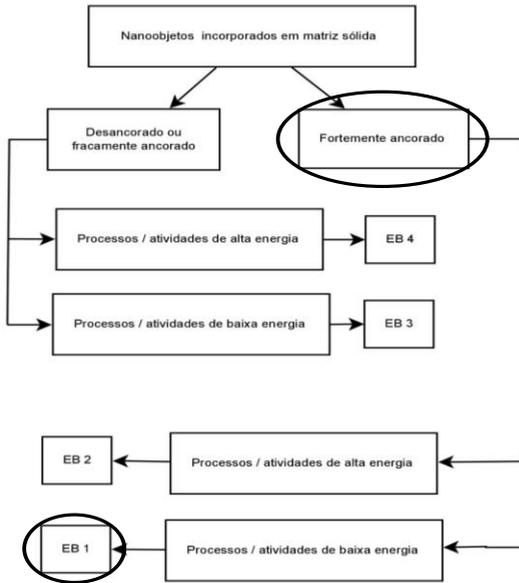
Tabela 60: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB SST/labnano .

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			-3

Tabela 61: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 29: Exposição: Aplicação das membranas nanocompósitas em um sistema de filtração de água CB ISO/TS 12901-2



8.1.1.2.7 Síntese

Os dados referentes à síntese foram aplicados nas tabelas 62,63 e 64 e na figura 30.

Tabela 62: Exposição na síntese CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	70				

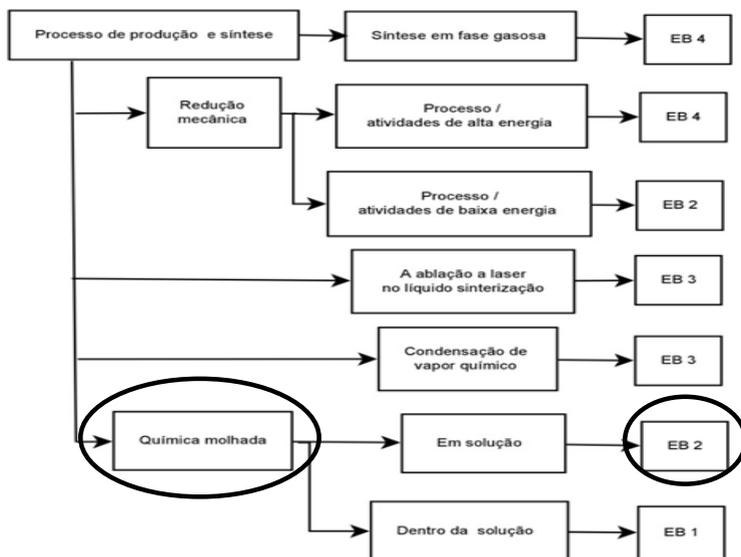
Tabela 63: Exposição na síntese CB SST labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total	+2		

Tabela 64: Exposição na síntese CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 30: Exposição na síntese CB ISO/TS 12901-2.



8.1.1.2.8 Funcionalização no NTSiO₂ com aminosilano

Os dados referentes à funcionalização do nanomaterial com aminosilano foram aplicados nas tabelas 65,66 e 67 e na figura 31.

Tabela 65: Exposição na funcionalização do NTSiO₂ com NH₂ CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	75				

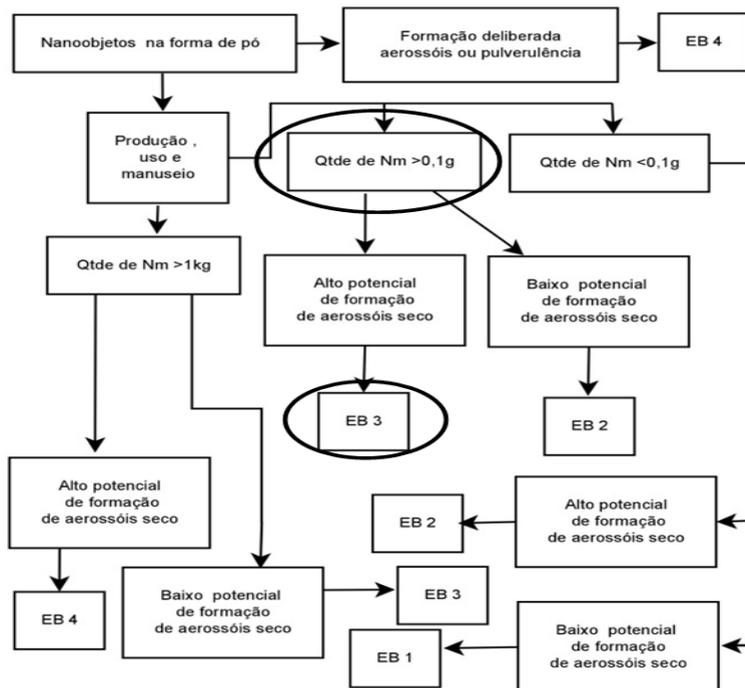
Tabela 66: Exposição na funcionalização do NTSiO₂ com NH₂ CB SST/Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total	+2		

Tabela 67: Exposição na funcionalização do NTSiO₂ com NH₂ CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 31: Exposição na funcionalização do NTSiO_2 com NH_2 CB ISO/TS 12901-2.



8.1.2 Resultados $\text{NTSiO}_2@NH_2$

8.1.2.1 Perigo $\text{NTSiO}_2@NH_2$

Os dados para obtenção do perigo nos métodos foram aplicados nas tabelas 68,69 e 70 e nas figuras 32 e 33.

Tabela 68: Perigo macro NTSiO₂@NH₂ CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	<10 10	10-10 ² 5	101-10 ³ 2,5	>10 ³ 0	Desconhecido 7,5
Limite de Tolerância (µg/m ³)					
Carcinogênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade de reprodução	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Mutagênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade na pele	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Capacidade de produzir Asma	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Pontuação total macro	23,5				

Tabela 69: Perigo nano NTSiO₂@NH₂ CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação			
	Reatividade da superfície	Alta 10	Média 5	Baixa 0
Forma da partícula	Tubular ou fibrosa 10	Anisotrópica 5	Compacta ou esférica 0	Desconhecida 7,5
Diâmetro da partícula (nm)	1-10 10	11-40 5	>40 0	Desconhecida 7,5
Solubilidade	Insolúvel 10	Solúvel 5	Desconhecida 7,5	
Carcinogênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade de reprodução	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Mutagênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade na pele	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Capacidade de produzir Asma	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Pontuação total nano	54			

Tabela 70: Perigo NTSiO₂@NH₂ CB SST/Labnano.

Escore de Perigo			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial	Sim	0	+1
	Não	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante	Sim	+1	+1
	Não	-1	
O material contém NP solúveis ou lábeis	Sim	+1	-1
	Não	-1	
O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Resultado			+2

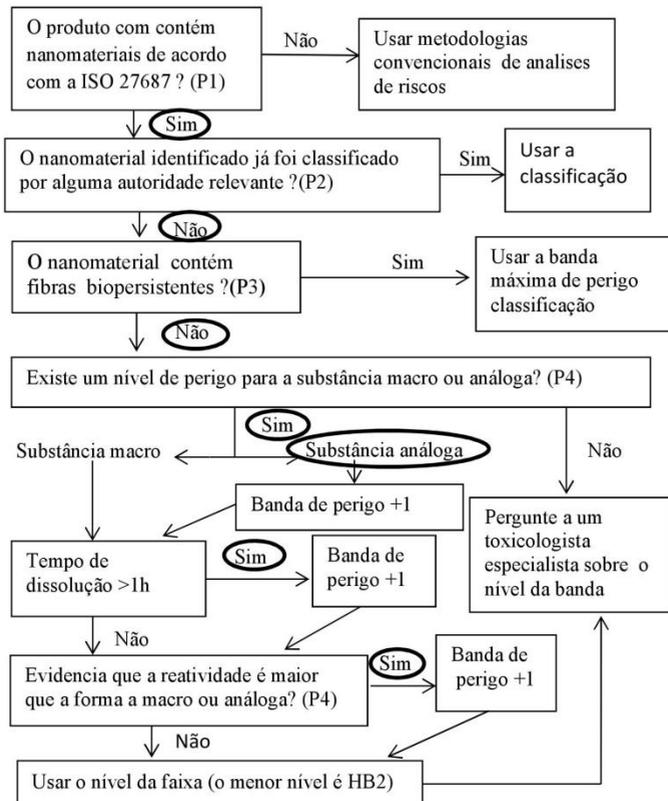
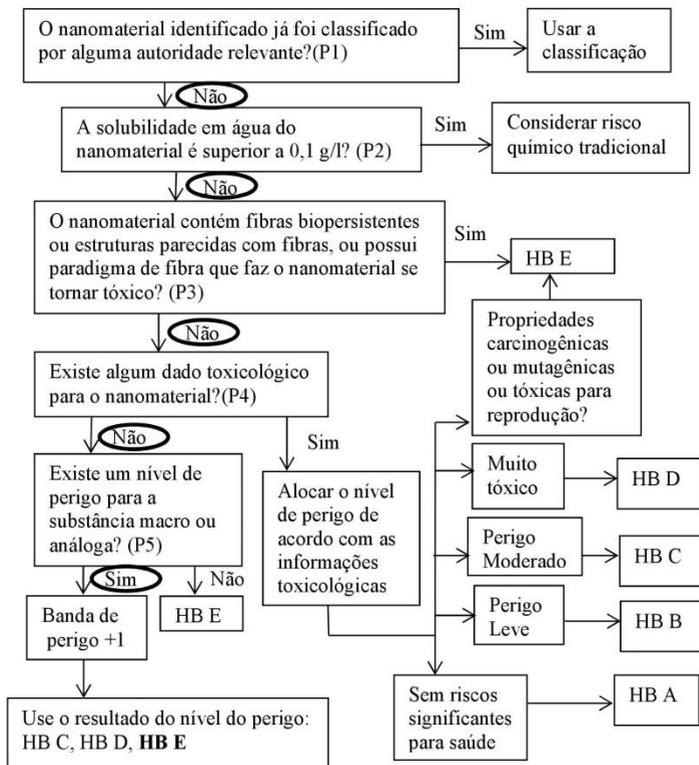
Figura 32: Perigo NTSiO₂@NH₂ CB ANSES.

Figura 33: Perigo NTSiO₂@NH₂ CB ISO/TS 12901-2.

8.1.2.2 Exposição

Foram acompanhadas as manipulações envolvendo 4 Tarefas com NTSiO₂@NH₂.

8.1.2.2.1 Preparo de solução para teste crônico

Os dados referentes ao preparo de solução para teste crônico foram aplicados nas tabelas 71,72 e 73 e na figura 34.

Tabela 71: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	30				

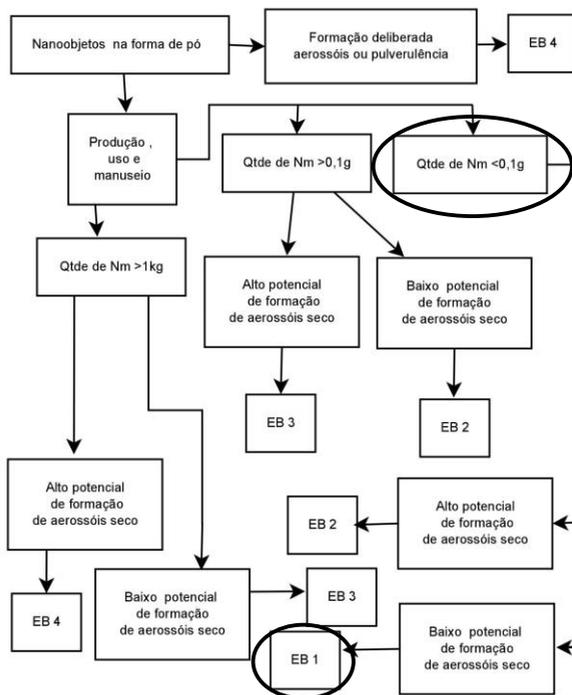
Tabela 72: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB SST/Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total	+1		

Tabela 73: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 34: Exposição no preparo de solução para teste crônico CB ISO/TS 12901-2.



8.1.2.2.2 Teste crônico

Os dados referentes ao preparo de solução para teste crônico foram aplicados nas tabelas 74,75 e 76 e na figura 35.

Tabela 74: Exposição nos testes crônico CB Nanotoool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	40				

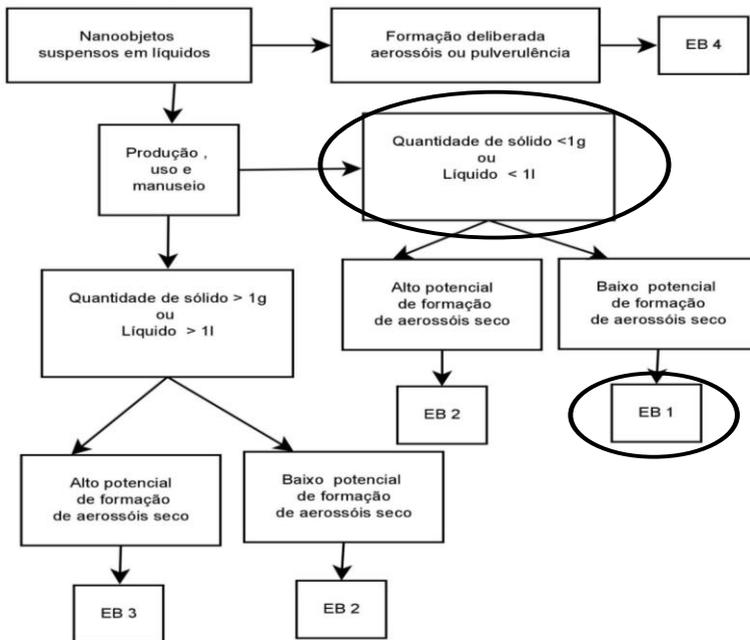
Tabela 75: Exposição nos testes crônicos CB SST/Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	-1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			-3

Tabela 76: Exposição nos testes crônicos CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-	
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-	

Figura 35: Exposição nos testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.



8.1.2.2.3 Preparo de membranas de quitosana

Os dados referentes ao preparo de membranas de quitosana foram aplicados nas tabelas 77,78 e 79 e na figura 36.

Tabela 77: Exposição no preparo de membranas de quitosona CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	30				

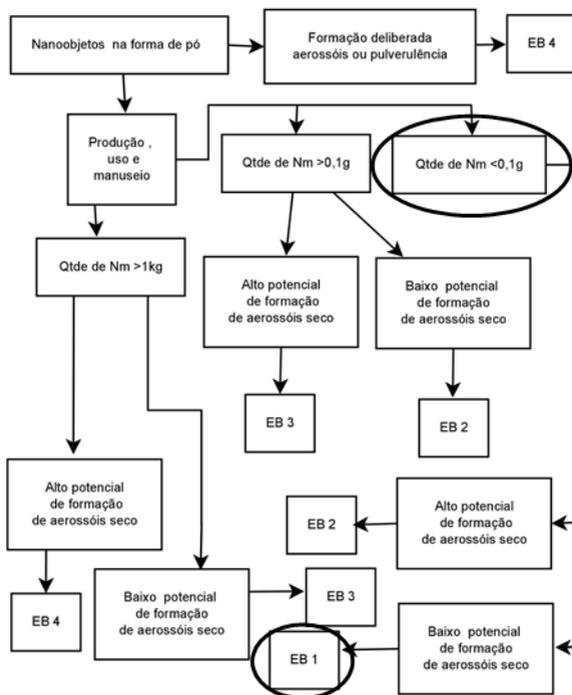
Tabela 78: Exposição no preparo de membranas de quitosona CB SST/Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total	0		

Tabela 79: Exposição no preparo de membranas de quitosona CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 36: Exposição no preparo de membranas de quitosona CB ISO/TS 12901-2.



8.1.2.2.4 Teste de fluxo com membrana de quitosana

Os dados referentes ao preparo de membranas de quitosona foram aplicados nas tabelas 80, 81 e 82 e na figura 37.

Tabela 80: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	35				

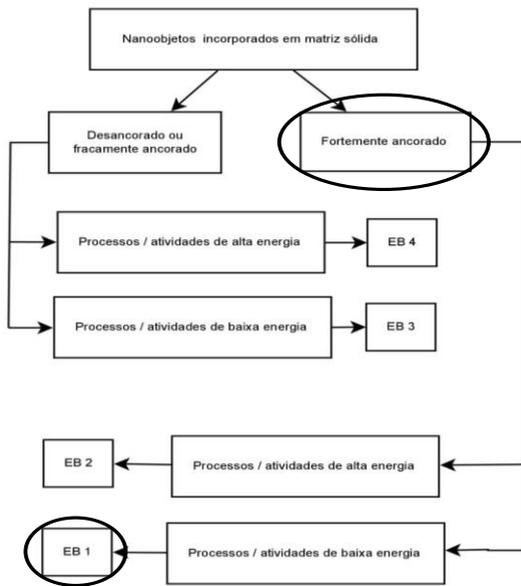
Tabela 81: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB SST/Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	-1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			-4

Tabela 82: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 37: Exposição nos testes de fluxo com membrana de quitosona CB ISO/TS 12901-2.



8.1.3 Resultados NPSiO₂

8.1.3.1 Perigo NPSiO₂

Os dados para obtenção do perigo nos métodos foram aplicados nas tabelas 83,84 e 85 e nas figuras 38 e 39.

Tabela 83: Perigo macro NPSiO₂ CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	<10 10	10-10 ² 5	101-10 ³ 2,5	>10 ³ 0	Desconhecido 7,5
Limite de Tolerância (µg/m ³)					
Carcinogênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade de reprodução	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Mutagênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade na pele	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		

Capacidade de produzir Asma	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3
Pontuação total macro	23,5		

Tabela 84: Perigo nano NPSiO₂ CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação			
Reatividade da superfície	Alta 10	Média 5	Baixa 0	Desconhecida 7,5
Forma da partícula	Tubular ou fibrosa 10	Anisotrópica 5	Compacta ou esférica 0	Desconhecida 7,5
Diâmetro da partícula (nm)	1-10 10	11-40 5	>40 0	Desconhecida 7,5
Solubilidade	Insolúvel 10	Solúvel 5	Desconhecida 7,5	
Carcinogênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade de reprodução	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Mutagênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade na pele	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Capacidade de produzir Asma	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Pontuação total nano	44			

Tabela 85: Perigo NPSiO₂ CB SST/Labnano.

Escore de Perigo			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial	Sim	0	+1
	Não	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante	Sim	+1	-1
	Não	-1	
O material contém NP solúveis ou lábeis	Sim	+1	-1
	Não	-1	
O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Resultado			0

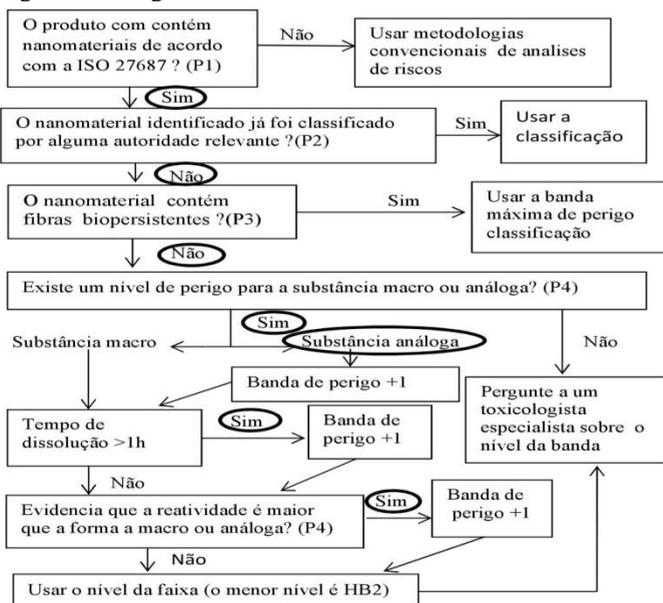
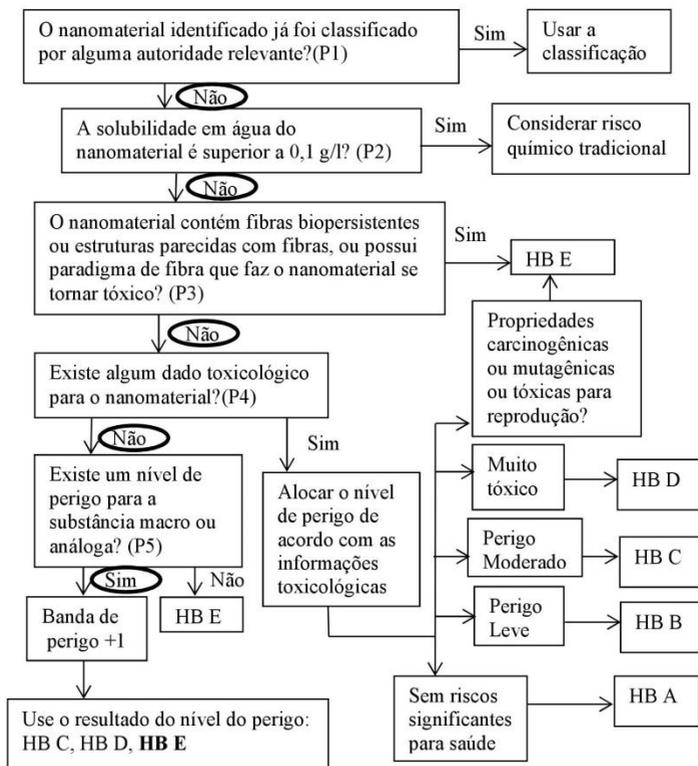
Figura 38: Perigo NPSiO₂ CB ANSES.

Figura 39: Perigo NPSiO₂ CB ISO/TS 12901-2.

8.1.3.2 Exposição

Foram acompanhadas a síntese, a funcionalização e duas manipulações envolvendo a NPSiO₂.

8.1.3.2.1 Preparação de testes crônicos

Os dados referentes ao preparo de testes crônicos foram aplicados nas tabelas 86,87 e 88 e na figura 40.

Tabela 86: Exposição na preparação de testes crônicos CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	30				

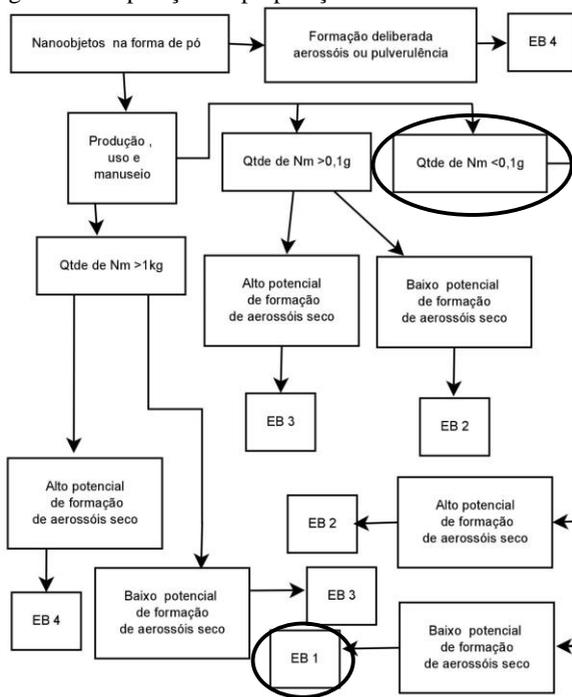
Tabela 87: Exposição na preparação de testes crônicos CB SST Labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total	+1		

Tabela 88: Exposição na preparação de testes crônicos CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 40: Exposição na preparação de testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.



8.1.3.2.2 Testes crônicos

Os dados referentes testes crônicos foram aplicados nas tabelas 89,90 e 91 e na figura 41.

Tabela 89: Exposição nos testes crônicos CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	40				

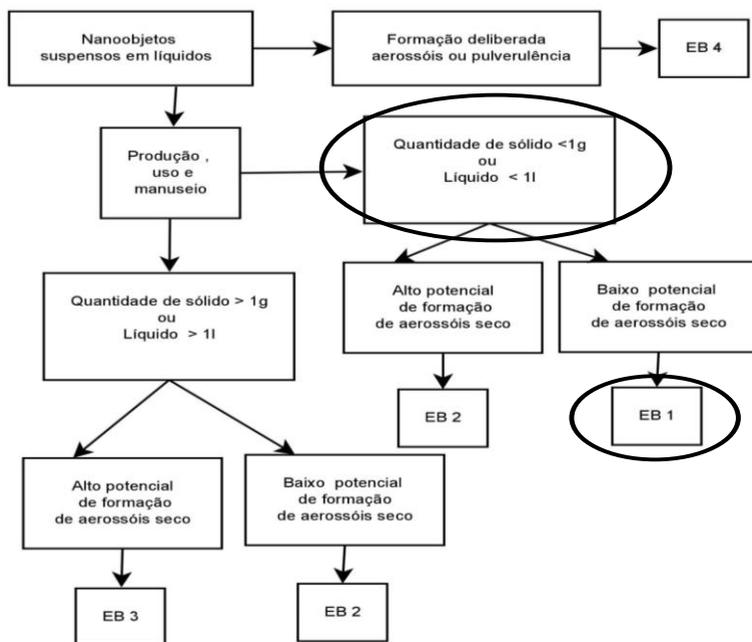
Tabela 90: Exposição nos testes crônicos CB SST/labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	-1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			-3

Tabela 91: Exposição nos testes crônicos CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 41: Exposição nos testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.



8.1.3.2.3 Exposição na síntese

Os dados referentes à síntese foram aplicados nas tabelas 92, 93 e 94 e na figura 42.

Tabela 92: Exposição na síntese CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	55				

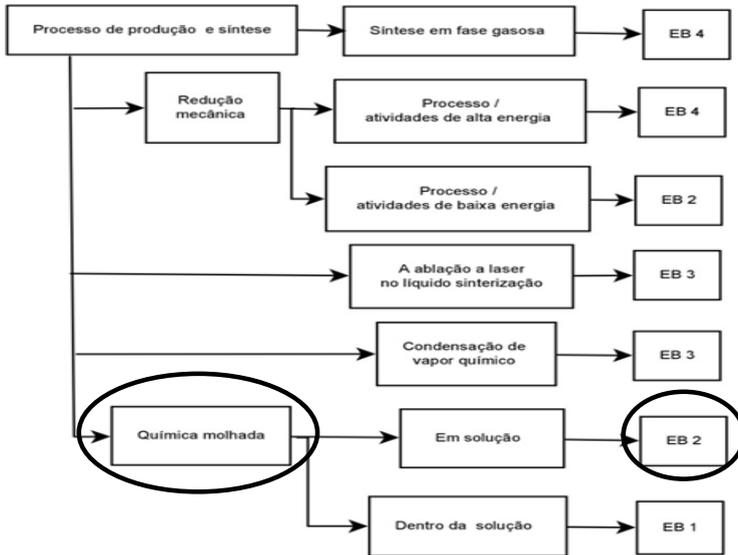
Tabela 93: Exposição na síntese CB SST/labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			+2

Tabela 94: Exposição na síntese CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 42: Exposição na síntese CB ISO/TS 12901-2.



8.1.3.2.4 Funcionalização do NHSiO_2 com aminosilano

Os dados referentes à síntese foram aplicados nas tabelas 94 ,95 e 96 e na figura 43.

Tabela 95: Exposição na funcionalização CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	Quantidade usada na tarefa (mg)	> 100 25	11-10 ² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	55				

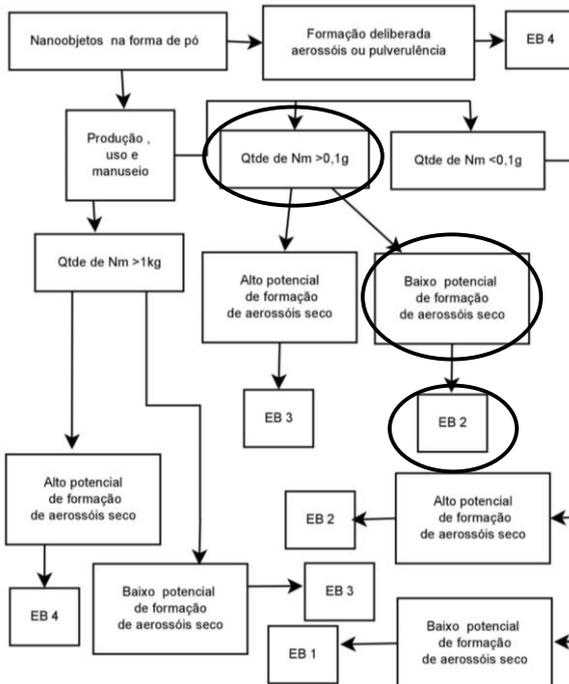
Tabela 96: Exposição na funcionalização CB SST/labnano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	0
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total	+2		

Tabela 97: Exposição na funcionalização CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 43: Exposição na funcionalização CB ISO/TS 12901-2.



8.1.4 Resultados NPSiO₂@NH₂

8.1.4.1 Perigo NPSiO₂@NH₂

Os dados para obtenção do perigo nos métodos foram aplicados nas tabelas 98,98 e 100 e nas figuras 44 e 45.

Tabela 98: Perigo macro NPSiO₂@NH₂ CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
	<10 10	10-10 ² 5	101-10 ³ 2,5	>10 ³ 0	Desconhecido 7,5
Limite de Tolerância (µg/m ³)					
Carcinogênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade de reprodução	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Mutagênico	Sim 4	Não 0	Desconhecido 3		
Toxicidade na pele	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Capacidade de produzir Asma	Sim 4	Não 0	Desconhecida 3		
Pontuação total macro	23,5				

Tabela 99: Perigo nano NPSiO₂@NH₂ CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação			
	Alta 10	Média 5	Baixa 0	Desconhecida 7,5
Reatividade da superfície	Alta 10	Média 5	Baixa 0	Desconhecida 7,5
Forma da partícula	Tubular ou fibrosa 10	Anisotrópica 5	Compacta ou esférica 0	Desconhecida 7,5
Diâmetro da partícula (nm)	1-10 10	11-40 5	> 40 0	Desconhecida 7,5
Solubilidade	Insolúvel 10	Solúvel 5	Desconhecida 7,5	
Carcinogênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade de reprodução	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Mutagênico	Sim 6	Não 0	Desconhecido 4,5	
Toxicidade na pele	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Capacidade de produzir Asma	Sim 6	Não 0	Desconhecida 4,5	
Pontuação total nano	44			

Tabela 100: Perigo NPSiO₂@NH₂ CB SST/Labnano.

Escore de Perigo			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
Há dados conclusivos sobre a segurança do nanomaterial	Sim	0	+1
	Não	+1	
Os nano-objetos são fibrosos ou contém uma dimensão preponderante	Sim	+1	-1
	Não	-1	
O material contém NP solúveis ou lábeis	Sim	+1	-1
	Não	-1	
O nanomaterial contém elementos potencialmente cancerígenos ou mutagênicos	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Resultado total			0

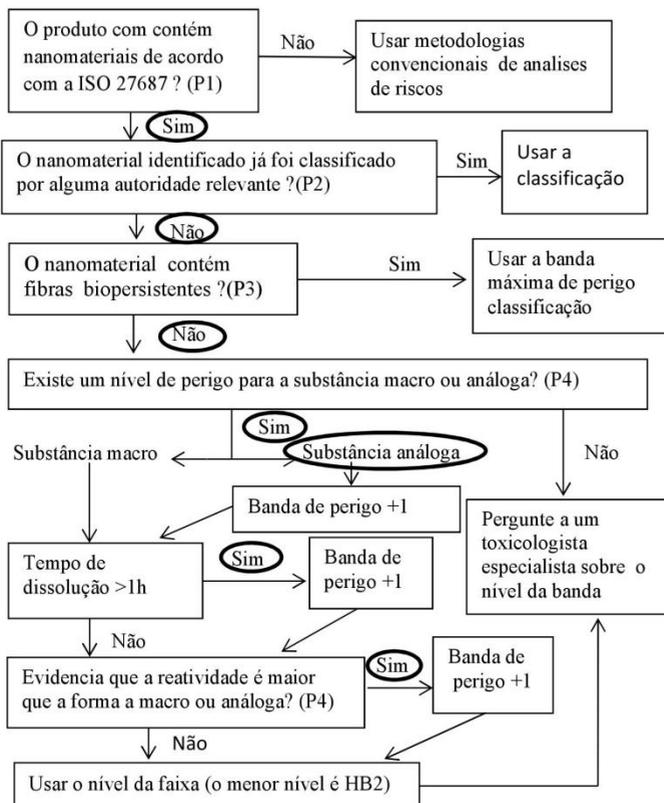
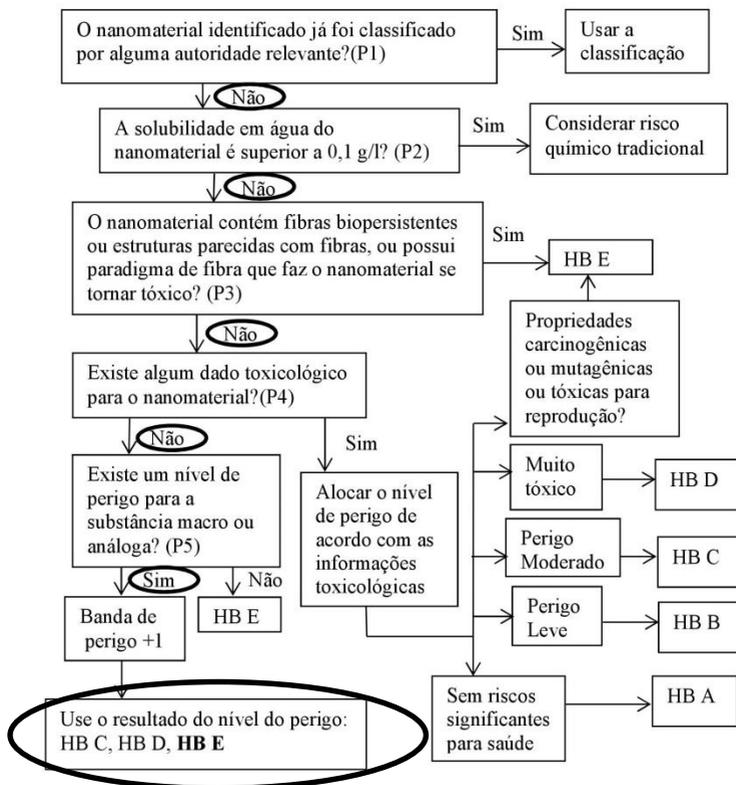
Figura 44: Perigo NPSiO₂@NH₂ CB ANSES.

Figura 45: Perigo NPSiO₂@NH₂ CB ISO/TS 12901-2.

8.1.4.2 Exposição

Foram acompanhadas a funcionalização do NPSiO₂ com aminosilano e as manipulações com NPSiO₂ em 2 Tarefas.

8.1.4.2.1 Preparação de testes crônicos

Os dados referentes ao preparo de testes crônicos foram aplicados nas tabelas 101,102 e 103 e na figura 46.

Tabela 101: Exposição na preparação de testes crônicos CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensa 1 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	30				

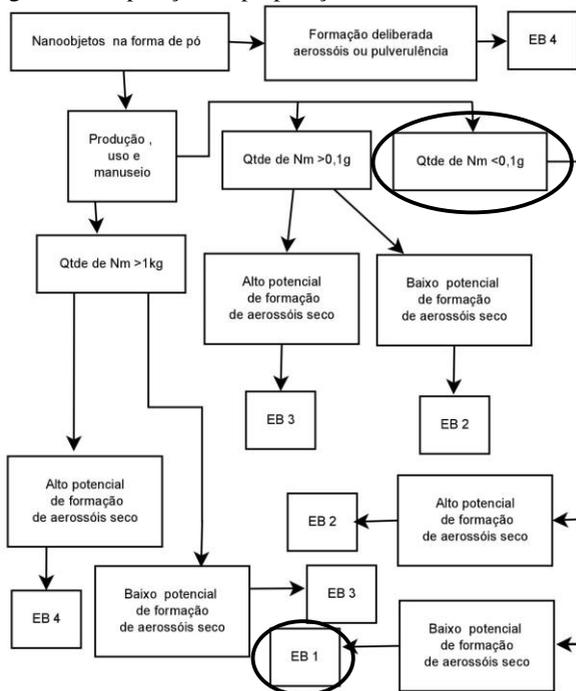
Tabela 102: Exposição na preparação de testes crônicos CB SST/Labanano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	+1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	+1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total	+1		

Tabela 103: Exposição na preparação testes crônicos CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 46: Exposição na preparação de testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.



8.1.4.2.2 Testes crônicos $\text{NPSiO}_2@NH_2$

Os dados referentes ao preparo de testes crônicos foram aplicados nas tabelas 104, 108 e 106 e na figura 47.

Tabela 104: Exposição nos testes crônicos CB Nanotool.

Fator	Resposta Pontuação				
Quantidade usada na tarefa (mg)	>100 25	11-10² 12,5	0-10 6,25	Desconhecido 18,75	
Pulverulência	Alta 30	Media 15	Baixa 7,5	Desconhecida 22,5	
Nº de trabalhadores	>15 15	11-15 10	6-10 5	1-5 0	Desconhecido 11,25
Frequência da tarefa	Diária 15	Semanal 10	Mensal 5	<Mensal 0	Desconhecida 11,25
Duração da tarefa (horas)	>4 15	1-4 10	0,5-1 5	<0,5 0	Desconhecida 11,25
Pontuação total	40				

Tabela 105: Exposição nos testes crônicos CB SST/Labanano.

Escore de exposição			
Questão	Resposta	Ação	Resultado
A frequência do uso dos NM é: alta = mais de uma vez por semana; média= 1 vez por mês/ baixa= menos de 1 vez por mês.	Alta	+1	+1
	Média	0	
	Baixa	-1	
As quantidades usadas são grandes	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM estão livres (isto é, não fazem parte de uma matriz sólida ou líquida)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Os NM são manipulados na forma de nanopós	Sim	-1	-1
	Não	-1	
Há possibilidade de dispersão das NP no ar (típicas em operações de corte ou cominuição)	Sim	+1	-1
	Não	-1	
Resultado total			-3

Tabela 106: Exposição nos testes crônicos CB ANSES.

Forma física	Sólido	Líquido	Pó	Aerosol
Potencial emissão	EP1	EP2	EP3	EP4
Casos específicos de modificação de banda devido à tendência natural do material				
	Sólido friável? (+2bandas)	Líquido altamente volátil? (+1banda)	Pós com alta ou moderada capacidade de formar poeira (+1banda)	-
Casos específicos de modificação de banda devido ao processo operacional				
	Geração de poeiras por forças externas (+3bandas) Fusão (+1banda) Dispersão em líquido (+1banda)	Pó gerado por evaporação (+1/+2 banda de acordo com a capacidade de formação de poeira). Spray (+2bandas) Não formação de aerossol durante o processo (-1banda)	Spray (+1banda)	-

Figura 47: Exposição na preparação de testes crônicos CB ISO/TS 12901-2.

