



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

José Renato Alves Schmidt

**UM MODELO PROBABILÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DO RISCO OCUPACIONAL
ENVOLVENDO NANOMATERIAIS**

Florianópolis

2020

José Renato Alves Schmidt

**UM MODELO PROBABILÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DO RISCO
OCUPACIONAL ENVOLVENDO NANOMATERIAIS**

Tese submetida ao Programa de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. William Gerson Matias
Coorientador: Dra. Denice Schulz Vicentini

Florianópolis

2020

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

SCHMIDT, José Renato Alves

Um modelo probabilístico para avaliação do risco ocupacional envolvendo nanomateriais / José Renato Alves SCHMIDT ; orientador, William Gerson Matias, coorientador, Denice Schulz Vicentini, 2020.
154 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Ambiental. I. Matias, William Gerson . II. Vicentini, Denice Schulz . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. IV. Título.

José Renato Alves Schmidt

Título: UM MODELO PROBABILÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DO RISCO OCUPACIONAL ENVOLVENDO NANOMATERIAIS

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Luís Renato Balbão Andrade, Dr
FUNDACENTRO

Prof(a) Sílvia Modesto Nassar, Dr(a).
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor em engenharia ambiental.

Prof. Dr.(a) Maria Eliza Nagel Hassemer
Coordenador(a) do Programa

Prof. Dr. William Gerson Matias
Orientador

Florianópolis, 21 de agosto de 2020.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Aline e a minha filha Lara pelo apoio dado durante todo o desenvolvimento deste trabalho;

Aos especialistas que responderam os questionários enviados

A Universidade Federal de Santa Catarina;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001;

Ao departamento e aos professores Pós Graduação em Engenharia Ambiental;

Ao departamento e aos professores Pós Graduação em Ciência da computação;

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

A todos os colegas do Laboratório de Toxicologia Ambiental (Labtox) e em especial à Denice Vicentini pelas sugestões e orientações e ao Diego e o Marlon pelas sugestões;

Aos colegas da FUNDACENTRO em especial do colegas da regional de SC e aos membros do projeto de NANO;

À FUNDACENTRO, instituição ao qual trabalho, que o slogan é “Trabalhando para quem trabalha” por permitir esta realização.

RESUMO

O mercado de produtos nanotecnológicos tem crescido nos últimos anos devido às excelentes propriedades que alguns nanomateriais (NM) possuem, comparados aos seus análogos em escala micrométrica, os quais trazem amplas possibilidades de aplicações em diversas áreas tecnológicas. Os NM podem apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas diferentes dos materiais convencionais, o que pode acarretar em inúmeras incertezas quanto aos efeitos toxicológicos sobre os seres vivos e ao meio ambiente. Os trabalhadores e pesquisadores são os primeiros a se expor, já que desenvolvem e manufaturam produtos. Os riscos ocupacionais inerentes às exposições ainda não são totalmente conhecidos. Já existem métodos disponíveis para estimar os riscos ocupacionais associados ao manuseio de NM, no entanto, apresentam algumas desvantagens. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo probabilístico para a estimação do risco ocupacional ao manipular NM em laboratórios de pesquisa. Para tanto, para na construção inicial do modelo, foi desenvolvida uma Rede Bayesiana (RB) na qual foram analisadas variáveis que são utilizadas por outros modelos de avaliação de perigo, risco e também as recomendações de guias e instruções normativas de agências, institutos e fundações que estudam saúde e segurança do trabalho, bem como guias de universidades. As variáveis definidas pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), para definição do perigo, juntamente com as variáveis que a literatura especializada indica para auxiliar na interpretação dos resultados toxicológicos também foram consideradas. As variáveis selecionadas foram verificadas com a participação de especialistas e as que tiveram mais de 50% de aprovação foram selecionadas para compor a versão final da RB sendo as probabilidades das variáveis preenchidas manualmente pelo autor. A RB desenvolvida foi composta por um conjunto de variáveis abrangentes e aborda um maior número de dados em relação a outros modelos de avaliação de risco e perigo. O ineditismo desta Tese se deveu ao fato de ser desenvolvida uma RB para avaliar o risco ocupacional ao manipular NM. Além de avaliar o risco ocupacional, são fornecidas informações de maneira ágil e interativa através de simulações que auxiliam na tomada de decisões. A RB permite identificar e quantificar os efeitos das medidas a serem adotadas de modo a diminuir o risco.

Palavras-chave: Risco; Nanomateriais; Rede Bayesiana; Segurança ocupacional; e Saúde no Trabalho

ABSTRACT

The market of nanotechnological products has grown in recent years due to the excellent properties of some nanomaterials (NM) have, compared to their analogues in bulk scale, that brings wide possibilities for applications in several technological areas. NM can present different physical, chemical and biological properties from conventional materials, which can lead to numerous uncertainties regarding the toxicological effects on living beings and the environment. Workers and researchers are the first to be exposed, as they develop and produce these products. The occupational risks inherent in exposures are not yet totally known. There are already methods available to estimate the occupational risks associated with handling NM, however, they have some disadvantages. In this context, the aim of this study was to develop a probabilistic model for estimating occupational risk when manipulating NM in research laboratories. For this purpose, for the initial construction of the model, a Bayesian Network (RB) was developed, variables that are used by other assessment models of hazard, risk were analyzed, as well as guide instructions and normative instructions from agencies, institutes and foundations that study health and safety at work, as well as university guides. The variables selected by the globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS) to hazard definition along with the variables that the specialized literature has been used for auxiliary in the interpretation of toxicological results were also considered. The selected variables were checked with the participation of specialists and those that had more than 50% of use were selected to compose a final version of the RB and the probabilities of the variables were filled in manually by the author. The RB developed was composed of a set of comprehensive variables and approaches a larger number of data in relation to other models of risk and hazard assessment. The newness of Thesis was due the fact that a RB is developed to assess the occupational risk to the handling NM. In addition to assessing occupational risk, information is provided in an agile and interactive way through simulations that assist in decision making. The RB allows to identify and quantify the effects of the measures to be adopted in order to reduce the risk.

Keywords: Risk; Nanomaterials; Bayesian Network; Occupational safety; and Health at Work

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hierarquia de controle.....	37
Figura 2. Representação de nodos na RB. A- construção da RB; B- uso da RB com inferência bayesiana; C - exemplo de cálculo da probabilidade condicional de dois nodos.	43
Figura 3. Fluxograma das 6 etapas de construção da tese.....	45
Figura 4. RB desenvolvida antes dos especialistas.	59
Figura 5. Fluxograma de verificação.	60
Figura 6. Questão 1 - propriedades físico-químicas.....	63
Figura 7. Questão 2 - propriedades físico-químicas.....	64
Figura 8. Questão 3 - propriedades físico-químicas.....	65
Figura 9. Questão 4 - propriedades físico-químicas.....	66
Figura 10. Questão 5 - propriedades físico-químicas.....	66
Figura 11. Questão 6 - propriedades físico-químicas.....	67
Figura 12. Questão 7 - propriedades físico-químicas.....	67
Figura 13. Questão 8 - propriedades físico-químicas.....	68
Figura 14. Questão 9 - propriedades físico-químicas.....	68
Figura 15. Questão 10 - propriedades físico-químicas.....	69
Figura 16. Questão 1a – toxicologia.....	70
Figura 17. Questão 1b – toxicologia.....	70
Figura 18. Questão 2 – toxicologia.....	71
Figura 19. Questão 3 – toxicologia.....	71
Figura 20. Questão 4 – toxicologia.....	72
Figura 21. Questão 5 – toxicologia.....	73
Figura 22. Questão 6 – toxicologia.....	73
Figura 23. Questão 7 – toxicologia.....	74
Figura 24. Questão 8 – toxicologia.....	74
Figura 25. Questão 9 – toxicologia.....	75
Figura 26. Questão 10 – toxicologia.....	75
Figura 27. Questão 11 – toxicologia.....	76
Figura 28. Questão 12 – toxicologia.....	76
Figura 29. Questão 13 – toxicologia.....	77
Figura 30. Questão 14 – toxicologia.....	77
Figura 31. Questão 15 – toxicologia.....	78
Figura 32. Questão 16 – toxicologia.....	78
Figura 33. Questão 17 – toxicologia.....	79
Figura 34. Questão 18 – toxicologia.....	79
Figura 35. Questão 1 – segurança do trabalho.....	80
Figura 36. Questão 2 – segurança do trabalho.....	81
Figura 37. Questão 3 – segurança do trabalho.....	82
Figura 38. Questão 4 – segurança do trabalho.....	83
Figura 39. Questão 5 – segurança do trabalho.....	83
Figura 40. Questão 6 – segurança do trabalho.....	84
Figura 41. Questão 7 – segurança do trabalho.....	84
Figura 42. Questão 8 – segurança do trabalho.....	85
Figura 43. Questão 9 – segurança do trabalho.....	86
Figura 44. Questão 10 – segurança do trabalho.....	86
Figura 45. Questão 11 – segurança do trabalho.....	88

Figura 46. Questão 12 – segurança do trabalho	88
Figura 47. Questão 13 – segurança do trabalho	89
Figura 48. Questão 14 – segurança do trabalho	89
Figura 49. Questão 15 – segurança do trabalho	90
Figura 50. Questão 16 – segurança do trabalho	90
Figura 51. Questão 17 – segurança do trabalho	91
Figura 52. Questão 18 – segurança do trabalho	91
Figura 53. Questão 19 – segurança do trabalho	92
Figura 54. Questão 20 – segurança do trabalho	92
Figura 55. Questão 21 – segurança do trabalho	92
Figura 56. RB desenvolvida para avaliação do risco ocupacional ao manipular NM.	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Relação das propriedades das NP com possíveis efeitos biológicos.	24
Quadro 2: Classificação de perigo dos NM. (Continua)	
.....	29
Quadro 3. Vantagens e desvantagens da aplicação dos métodos quantitativos ou qualitativos.	35
Quadro 4. Exemplo de uma matriz de CB	36
Quadro 5. EPI recomendados.	40
Quadro 6. Medidas administrativas recomendadas.	41
Quadro 7: Critérios para escolha de especialistas encontrados na literatura.....	47
Quadro 8: Variáveis físico-químicas utilizadas nos modelos de CB para avaliação do perigo envolvendo NM.	50
Quadro 9: Variáveis referentes a exposição utilizadas nos modelos de CB para avaliação do perigo envolvendo NM.	52
Quadro 10: Variáveis referentes a proteção utilizadas nos modelos de CB para avaliação do perigo envolvendo NM.	53
Quadro 11: Variáveis referentes a medidas de controle medidas dos EPI e EPC utilizadas recomendadas nos guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho e guias de universidades.	55
Quadro 12: Variáveis referentes a medidas administrativas recomendadas em guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho, guias de universidades e nos modelos de CB.	57
Quadro 13: Critérios adotados para escolha de especialistas para escolha de especialistas encontrados na literatura	61
Quadro 14: Critérios atendidos pelos especialistas.....	62
Quadro 15: Abrangência das variáveis consideradas na RB desenvolvida em relação às metodologias de alguns CB e RB existentes.....	101
.....	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Critérios de perigos à saúde humana da GHS.	31
Tabela 2: Valores percentuais das variáveis que influenciam na categoria GHS.	94
Tabela 3: Valores percentuais das variáveis que influenciam as propriedades físico-químicas.	94
Tabela 4: Valores percentuais das variáveis que influenciam na exposição da tarefa.	95
Tabela 5: Valores percentuais das variáveis que influenciam no uso dos EPI.	95
Tabela 6: Valores percentuais das variáveis que influenciam no uso de medidas administrativas.	96

LISTA DE TABELAS APÊNDICE

Tabela apêndice 1. Probabilidades toxicidade aguda dérmica e a classificação GHS.	124
Tabela apêndice 2. Probabilidades toxicidade aguda por inalação gás e a classificação GHS.	124
Tabela apêndice 3. Probabilidades toxicidade aguda inalação poeira (rato) e a classificação GHS.	124
Tabela apêndice 4. Probabilidades toxicidade aguda por inalação gás (rato) e a classificação GHS.	124
Tabela apêndice 5. Probabilidades carcinogênico ou mutagênico ou tóxico para reprodução e a classificação GHS.	125
Tabela apêndice 6. Probabilidades toxicidade aguda por inalação poeira e a classificação GHS.	125
Tabela apêndice 7. Probabilidades Toxicidade aguda por inalação vapor e a classificação GHS.	125
Tabela apêndice 8. Probabilidades sensibilidade respiratória e a classificação GHS.	125
Tabela apêndice 9. Probabilidades toxicidade crônica no meio aquático e a classificação GHS.	126
Tabela apêndice 10. Probabilidades irritação/corrosão na pele e a classificação GHS.	126
Tabela apêndice 11. Probabilidades toxicidade crônica exposição dermal (rato ou coelho) e a classificação GHS.	126
Tabela apêndice 12. Probabilidades toxicidade crônica por inalação gás (rato) e a classificação GHS.	126
Tabela apêndice 13. Probabilidades toxicidade crônica por inalação poeira (rato) e a classificação GHS.	126
Tabela apêndice 14. Probabilidades irritação/danos nos olhos e a classificação GHS.	127
Tabela apêndice 15. Probabilidades aglomeração e os parâmetros físico-químicos.	127
Tabela apêndice 16. Probabilidades morfologia e os parâmetros físico-químicos.	127
Tabela apêndice 17. Probabilidades estrutura cristalina e os parâmetros físico-químicos.	127

Tabela apêndice 18. Probabilidades solubilidade em água e os parâmetros físico-químicos.....	127
Tabela apêndice 19. Probabilidades tamanho de 1 dimensão e os parâmetros físico-químicos.....	128
Tabela apêndice 20. Probabilidades estabilidade em suspensão e os parâmetros físico-químicos.....	128
Tabela apêndice 21. Probabilidades carga superficial e os parâmetros físico-químicos.....	128
Tabela apêndice 22. Probabilidades modificação superficial e as variáveis físicos químicos.....	128
Tabela apêndice 23. Probabilidades área superficial e os parâmetros físico-químicos.....	128
Tabela apêndice 24. Probabilidades duração da tarefa e a exposição na tarefa. ...	129
Tabela apêndice 25. Probabilidades quantidade e a exposição na tarefa.	129
Tabela apêndice 26. Probabilidades formação de aerossol e a exposição na tarefa.....	129
Tabela apêndice 27. Probabilidades formação de pulverulência e a exposição na tarefa.....	129
Tabela apêndice 28. Probabilidades frequência da tarefa e a exposição na tarefa.	129
Tabela apêndice 29. Probabilidades capacitação dos riscos sobre nanomateriais e a proteção por uso de medidas administrativas.....	130
Tabela apêndice 30. Probabilidades POP para tarefa a ser e a proteção por uso de medidas administrativas.....	130
Tabela apêndice 31. Probabilidades manutenção periódica dos EPC e a proteção por uso de medidas administrativas.....	130
Tabela apêndice 32. Probabilidades programa de vigilância dos riscos ambientais e a proteção por uso de medidas administrativas.....	130
Tabela apêndice 33. Probabilidades vigilância medica e a proteção por uso de medidas administrativas.....	130
Tabela apêndice 34. Probabilidades programa de proteção respiratória e a proteção por uso de medidas administrativas.....	131
Tabela apêndice 35. Probabilidades calçado e a proteção por uso de EPI.	131
Tabela apêndice 36. Probabilidades proteção respiratória e a proteção por uso de EPI.....	131
Tabela apêndice 37. Probabilidades proteção visual e a proteção por uso de EPI.	131
Tabela apêndice 38. Probabilidades para as mãos e a proteção por uso de EPI. ...	131
Tabela apêndice 39. Probabilidades protetor para o corpo e a proteção por uso de EPI.....	132
Tabela apêndice 40. Probabilidades proteção por uso de EPC e medidas de controle.....	132
Tabela apêndice 41. Probabilidades proteção por uso de medidas administrativas e medidas de controle.....	132
Tabela apêndice 42. Probabilidades proteção por uso de EPI e medidas de controle.....	132
Tabela apêndice 43. Probabilidades características de emissão e risco.	132
Tabela apêndice 44. Probabilidades medidas de controle e características de emissão.....	133
Tabela apêndice 45. Probabilidades variáveis físicos químicos e perigo.....	133
Tabela apêndice 46. Probabilidades classificação GHS e perigo.....	133
Tabela apêndice 47. Probabilidades Toxicidade aguda oral e classificação GHS. .	133

Tabela apêndice 48. Probabilidades perigo e risco.....	133
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CENO: Concentração de Efeito Não Observado

CEO: Concentração de Efeito Observado

CE₅₀: Concentração efetiva que causa imobilidade em 50% da população exposta

CL₅₀: Concentração Letal que causa morte de 50% da população exposta

CB: Controle de Bandas

EPC: Equipamento de Proteção Coletiva

EPI: Equipamento de Proteção Individual

GHS: Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos

HEPA: *High Efficiency Particulate Air*

NM: Nanomateriais

NP: Nanopartículas

NT: Nanotecnologia

PCMSO: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PPR: Programa de Proteção Respiratória

PPRA: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

SUMÁRIO

CAPITULO I	18
1. INTRODUÇÃO	18
1.1. HIPÓTESE	21
1.2. OBJETIVO GERAL.....	21
1.2.1. Objetivo específicos.....	21
CAPITULO II	22
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	22
2.1. NANOTECNOLOGIA.....	22
2.2. NANOTOXICOLOGIA.....	22
2.2.1. Propriedades intrínsecas dos NM	24
2.2.2. Toxicidade dos NM	27
2.3. EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AOS NM	31
2.4. AVALIAÇÃO DE RISCO DOS NANOMATERIAIS.....	34
2.5. MEDIDAS DE CONTROLES DE RISCOS PARA NANOMATERIAIS	37
2.6. REDES BAYESIANAS.....	42
CAPÍTULO III	45
3. MATERIAIS E MÉTODOS	45
CAPÍTULO IV	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. DESENVOLVIMENTO INICIAL DA REDE BAYESIANA	50
4.1.1. Seleção de variáveis físico-químicas	50
4.1.2. Seleção de variáveis toxicológicas	51
4.1.3. Seleção de variáveis de exposição	52
4.1.4. Seleção de variáveis relacionadas as medidas de controle	53
4.1.5. Construção inicial da rede bayesiana	58
4.2. VERIFICAÇÃO DA REDE BAYESIANA	60
4.2.1. Determinação dos critérios para escolhas dos especialistas	60
4.2.2. Seleção dos especialistas	61
4.2.3. Desenvolvimento e envio dos questionários e da carta de apresentação do trabalho	62
4.2.4. Análise das ponderações dos especialistas	63

4.2.4.1. Questionário da categoria “Caracterização de materiais: propriedades físico-químicas”	63
4.2.4.2. Questionário da categoria “Toxicologia”	69
4.2.4.3. Questionário da categoria “Segurança do Trabalho”	80
4.2.5. Adequações das variáveis e probabilidades da RB.	93
4.3. Rede bayesiana final	96
4.4. Considerações sobre a Rede bayesiana proposta	104
CAPÍTULO V	106
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
6. CONCLUSÕES	106
RECOMENDAÇÕES	107
CAPÍTULO VI	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES	124
A1 Tabelas de probabilidades da RB	124
A2 Carta de apresentação.....	134
A3 Questionários aplicados aos especialistas.....	137

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia (NT) é um dos ramos da ciência que mais cresce devido à sua importante aplicação nas mais diversas áreas, tais como: agrícola (BAKER *et al.*, 2017), industrial (RAMANATHAN *et al.*, 2020), médica (LUO; NGUYEN; LAI, 2020; RUSSELL; LIU; GRODZINSKI, 2020), construção civil (OSCAR, 2018), cosméticos (DRÉNO *et al.*, 2019), alimentícia (BAHRAMI *et al.*, 2019) têxtil (SYAFI UDDIN, 2019), remediação ambiental (DASTKHOON *et al.*, 2020), tratamento de água (SALEEM; ZAIDI, 2020), dentre outras (STATNANO, 2020).

Pesquisas recentemente identificaram a existência de 8.875 produtos no mercado compostos por nanomateriais (NM). Tais produtos estão sendo amplamente utilizados em grande demanda por países desenvolvidos, como: Estados Unidos, China e Alemanha (STATNANO, 2020).

Estima-se que o mercado global envolvendo NT deverá crescer mais de 200% no período de 2016 a 2021, alcançando o volume de 90,5 bilhões de dólares em 2021 (ANDREW MCWILLIAMS, 2016). Tal fato corrobora com a integração de estudos sobre NT no Programa Horizonte Europa, o qual possui uma previsão de investimentos de 100 bilhões de euros no período de 2021 e 2027 (EUROPEAN COMMISSION, 2018).

Aliado ao crescente aumento de produção, faz-se necessário atentar aos possíveis riscos que a NT pode representar à saúde humana e ao meio ambiente. O avanço da NT e seus produtos foram classificados como um risco emergente por diversas instituições, dentre elas, a European Agency for Safety & Health at Work (EU-OSHA, 2009) e a Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2010). Atualmente, este risco já é uma realidade (FUNDACENTRO, 2018) considerado também pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017).

A preparação de produtos contendo NT envolve a utilização de NM em diversas formas e quantidades, o que pode ocasionar várias exposições, por exemplo:

ambiental, do consumidor e a ocupacional. Todavia, os danos inerentes a estas exposições ainda não são totalmente conhecidos (FUNDACENTRO, 2018; WHO, 2017).

Dentre as categorias de exposições, a ocupacional é a primeira com potencial de acarretar riscos, uma vez que, os trabalhadores estão envolvidos nas atividades de pesquisas, desenvolvimento e manufatura desses produtos, podendo permanecer longos períodos expostos nos seus ambientes laborais (ARCURI; PONTES, 2018; EU-OSHA, 2019; FUNDACENTRO, 2018).

Inúmeros estudos toxicológicos com NM “*in vivo*” e “*in vitro*” relatam potenciais efeitos para alguns tipos de nanopartículas (NP) como, por exemplo, potencial de resposta inflamatória e estresse oxidativos culminando em mutagenicidade (ADEYEMI *et al.*, 2020), carcinogenicidade (LAUX *et al.*, 2018), problemas na reprodução (EMA *et al.*, 2017; GONÇALVES *et al.*, 2018; VICENTINI *et al.*, 2017) dentre outros efeitos. A continuação destes estudos é necessária para identificar os riscos à saúde relacionados à exposição ocupacional aos materiais na escala nano (NIOSH, 2009a).

Para estimar o risco ocupacional na manipulação de NM, métodos qualitativos têm tido a preferência com relação aos quantitativos, uma vez que estes apresentam dificuldades quanto à técnica, métrica e aparelhos adequados para avaliação. Além de também existir a dificuldade de comparação dos resultados obtidos devido à ausência de regulamentação de limites para NM (FUNDACENTRO, 2018; LIGUORI *et al.*, 2016). Uma das principais estratégias de avaliação qualitativa é a utilização dos chamados Controle de Bandas (CB), que são amplamente utilizados por vários pesquisadores ao longo dos últimos anos devido à simplicidade em executar a avaliação do risco ocupacional.

Os CB em sua maioria apresentam como característica principal indicar qual medida de controle é a mais indicada para a mitigação do risco na realização de determinada tarefa e com determinado NM. Avaliar o risco sem considerar as medidas de controles existentes no ambiente no trabalho pode não ser suficiente.

Outra alternativa para avaliação do risco ocupacional na manipulação de NM se refere à utilização de Redes Bayesianas (RB), considerado um modelo probabilístico para a tomada de decisão com o raciocínio da incerteza (KJÆRULFF; MADSEN, 2013).

As RB são amplamente utilizadas na avaliação de risco nas mais diversas áreas, tal como a ocupacional, no que diz respeito à avaliação risco ocupacional relacionado ao conforto ambiental em Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) (VIEIRA *et al.*, 2016). Também são utilizadas na área médica (KYRIMI *et al.*, 2020) e na área ambiental para avaliar o risco de ruptura em redes de abastecimento de água (KABIR *et al.*, 2015).

Para avaliar os riscos compreendendo os NM, algumas RB também foram desenvolvidas para realizar estudos sobre risco ambiental (MONEY; RECKHOW; WIESNER, 2012) e o perigo à saúde humana (MARVIN *et al.*, 2017), bem como para avaliar o risco ocupacional de 3 tipos de NP (nanotubos de carbonos, prata e dióxido de titânio) (Murphy *et al.*, 2016).

Os autores supracitados desenvolveram uma proposta para avaliação do risco ocupacional, que engloba uma RB para avaliação do perigo. Para a exposição é necessária a avaliação da concentração das NP no ar. Por fim, o risco é obtido com aplicação dos resultados em um CB.

Ainda não foram desenvolvidas Redes Bayesianas com o propósito de avaliar o risco ocupacional ao manipular NM. Por conseguinte, tomou-se a decisão de suprir essa lacuna e propor o desenvolvimento de uma RB com esta finalidade.

No cenário global, principalmente com a iniciativa europeia de regulação das nanotecnologias (NanoREG), percebeu-se a necessidade de avaliação do risco ocupacional. Inserido neste âmbito, o Laboratório de Toxicologia Ambiental (LABTOX), do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), vem desenvolvendo diversos estudos toxicológicos com NM e também sobre o desenvolvimento de NT aplicadas ao tratamento de água e esgoto. Em 2015, a referida instituição de ensino criou um

mestrado onde foi desenvolvido o primeiro estudo com foco ocupacional e em 2017, dando sequência a este viés, foi iniciado o desenvolvimento desta Tese.

1.1. HIPÓTESE

A partir das variáveis encontradas na literatura técnica, é possível desenvolver um modelo probabilístico adequado para quantificar o risco ocupacional ao qual o trabalhador e / ou pesquisador estará exposto durante a execução de suas tarefas, envolvendo NM em laboratórios de pesquisa.

1.2. OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo geral desenvolver um modelo probabilístico para a determinação do risco ocupacional ao manipular nanomateriais em laboratórios de pesquisa.

1.2.1. Objetivo específicos

1. Definir as propriedades intrínsecas dos nanomateriais (NM), que influenciam a toxicidades dos NM e os estudos toxicológicos geral e específicos representativos para definição do perigo do ponto de vista ocupacional;
2. Definir as variáveis que influenciam a exposição na realização das tarefas;
3. Definir as medidas de controle para mitigar a exposição ocupacional envolvendo NM;
4. Criar um modelo probabilístico baseado em uma rede bayesiana, para avaliar o risco laboral de diferentes NM manipulados em laboratórios de pesquisas.

CAPITULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia (NT) é definida com a aplicação do conhecimento científico para manipular e controlar a matéria predominantemente em nanoescala, para fazer uso de propriedades e fenômenos dependentes de tamanho e estrutura distintos daqueles associados a átomos ou moléculas individuais, ou extrapolação de tamanhos maiores do mesmo material (ISO/TS 80004-1, 2015).

Os nanomateriais (NM) podem ser definidos como material com qualquer dimensão externa em nanoescala (faixa de comprimento aproximadamente de 1 nm a 100 nm), com estrutura interna ou estrutura de superfície em nanoescala (ISO/TS 80004-1, 2015). Estes materiais apresentam propriedades distintas das propriedades das moléculas e dos sólidos cristalinos típicos, devido à efeitos de tamanho e de superfície (tamanho crítico) que se tornam especialmente evidentes para dimensões tipicamente entre 1-100 nm (MARTINS; TRINDADE, 2012).

As Nanopartículas (NP) podem ser consideradas um NM se atenderem aos requisitos de tamanho nanométrico nas três dimensões e apresentarem novas propriedades devido à redução do tamanho ou podem ser apenas definidas como uma NP em nanoescala (ISO/TS 80004-1,2015).

2.2. NANOTOXICOLOGIA

A toxicologia é uma ciência multidisciplinar que estuda os efeitos nocivos decorrentes de substâncias química para os organismos (BUSCHINELLI,2020; MATIAS, 2014). Diversas áreas de conhecimento fazem parte da toxicologia, como: Química, Matemática, Biologia, Bioquímica, Pedagogia, Botânica, Ecologia, Geologia,

Saúde Pública, Farmacologia, Fisiologia, Alimentos, Genética, Estatística, Ciências Ambientais, Engenharia Ambiental e outras áreas (MATIAS, 2014).

A toxicologia pode ser dividida em diferentes campos de trabalho, como: Toxicologia de Alimentos, Toxicologia de Medicamentos e cosméticos, Toxicologia Social, Toxicologia Ambiental e Toxicologia Ocupacional (BUSCHINELLI,2020; MATIAS, 2014).

Os testes toxicológicos são realizados para verificar se um produto apresenta ou não efeitos tóxicos ou nocivos e, se for o caso, qual é a natureza destes efeitos e seu grau de toxicidade (BUSCHINELLI,2020; MATIAS, 2014) . Eles partem do princípio que os organismos-teste são expostos a certas doses, por um período determinado de tempo.

Com o desenvolvimento da nanotecnologia surgiu uma divisão da Toxicologia definida como Nanotoxicologia, que tem por objetivo estudar os efeitos tóxicos dos nanomateriais (NM) (SINGH, 2019) para diferentes organismos (MELEGARI *et al.*, 2019; VICENTINI *et al.*, 2019; COSTA PUERARI *et al.*, 2020; LALAU *et al.*, 2020; NOGUEIRA *et al.*, 2020).

A toxicidade dos NM são afetadas por diversos fatores, dentre eles: dosagem, vias de penetração dos tóxicos no organismo, metabolismo, biotransformação e as propriedades físico-químicas dos NM (WHO, 2017).

Diversas propriedades físico-químicas estão associadas à possíveis efeitos biológicos conforme são apresentados no **Quadro 1**.

Quadro 1. Relação das propriedades das NP com possíveis efeitos biológicos.

Propriedades das nanopartículas (NP)	EFEITO BIOLÓGICO
Tamanho	Atravessa tecidos e membranas celulares Lesão celular Disfunção de fagocitose, ruptura de mecanismos de defesa Migração para outros órgãos Transporte de outros poluentes ambientais
Grande área de superfície / relação de massa	Aumento da reatividade Aumento da toxicidade
Insolubilidade ou baixa solubilidade em água	Bioacumulação em sistemas vivos Potenciais efeitos de longo termo (crônicos)
Características da superfície	Geração de Espécies Reativas de oxigênio Estresse oxidativo Inflamação Produção de citocinas Diminuição de glutathione Danos mitocondriais Lesão celular Danos a proteínas e ao DNA
Aglomerção	Interrupção do processo celular Lesão celular
Morfologia	Contribuição para aumento da toxicidade
Estrutura cristalina	Modifica outras influenciam as propriedades físico-químicas aumentando assim toxicidade

Fonte: Adaptado de Bakand; Hayes (2016); Sajid et al., (2015); Nogueira et al., (2020).

2.2.1. Propriedades intrínsecas dos NM

As propriedades intrínsecas dos NM tais como: solubilidade, morfologia, tamanho, área superficial, área superficial, aglomeração, modificação superficial, estabilidade da suspensão e estrutura cristalina são essenciais para a avaliação de suas interações biológicas nos estudos de toxicologia (AKTER *et al.*, 2018; BAKAND; HAYES, 2016; BUZEA; PACHECO, 2019; FUNDACENTRO, 2018; KHAN, 2020; NAVYA; DAIMA, 2016; NOGUEIRA *et al.*, 2020; SAJID *et al.*, 2015; SHARIFI *et al.*, 2012; SUKHANOVA *et al.*, 2018; VISWANATH; KIM, 2016).

Os materiais insolúveis ou de baixa solubilidade têm maior probabilidade de internalizar e permanecer nos organismos vivos, e quando particulados podem

dispersar facilmente no ar. Alguns autores não consideram como potencialmente perigosos os NM solúveis (ANDRADE, 2013; BERTI *et al.*, 2015; DEBIA; OSTIGUY, 2015; ISO/TS 12901-2, 2014; OSTIGUY *et al.*, 2010; SAJID *et al.*, 2015).

O tamanho e a área superficial desempenham um papel importante na interação entre os NM com o sistema biológico (GATOO *et al.*, 2014; SHARIFI *et al.*, 2012). Por isso, conforme diminui o tamanho dos NM, aumenta a proporção entre superfície e volume. Assim, os materiais em nanoescala se tornam mais reativos, devido ao aumento da área superficial e a disponibilização de íons em sua superfície, o que pode tornar mais tóxicos quando comparados aos de escala micrométrica (FUNDACENTRO, 2018; SHARIFI *et al.*, 2012).

A toxicidade dependente do tamanho foi relatada por diversos estudos para diferentes tipos de NM, como: óxido de zinco, óxido de ferro, ouro, prata, dióxido de titânio e dióxido de tório (BRAAKHUIS *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2015; CHO *et al.*, 2018; HE *et al.*, 2019; HUK *et al.*, 2015; KHAN, 2020; KUANG *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2017). De acordo com estes estudos, quanto menor o tamanho, maior o efeito tóxico. Entretanto, isso não pode ser generalizado, já que tais estudos são realizado em dados “in vitro” e em alguns casos a toxicidade pode aumentar com o aumento do tamanho (KHAN, 2020).

Com relação às morfologias, os NM podem apresentar vários tipos de forma, a saber: fibras, esferas, tubos, folhas e bastões (SUKHANOVA *et al.*, 2018; VISWANATH; KIM, 2016). Diversos modelos de controle de bandas (CB) consideram tal propriedade para a definição do perigo (ANDRADE, 2013; COMMISSION, 2014; ISO/TS 12901-2, 2014; JENSEN *et al.*, 2014; OSTIGUY *et al.*, 2010; SIMEONE *et al.*, 2019; ZALK; PAIK; SWUSTE, 2009). Quando o tamanho e a área superficial de uma NP são iguais, a morfologia se torna um fator importante na avaliação toxicológica (SAJID *et al.*, 2015). A toxicidade é dependente da forma para inúmeras nanopartículas, como exemplos: nanotubos de carbono, sílica, de níquel, ouro, óxido de zinco, óxido de ferro, prata e titânio (GATOO *et al.*, 2014; KHAN, 2020; SAJID *et al.*, 2015; SHARIFI *et al.*, 2012).

A carga superficial tem um papel importante na toxicidade do NM, pois influencia a adsorção de íons e biomoléculas que podem alterar as respostas do organismo ou das células em relação às partículas (SHARIFI *et al.*, 2012; SUKHANOVA *et al.*, 2018). Além disso, a carga superficial é um dos principais determinantes do comportamento coloidal, através da formação de agregados ou aglomerados (GATOO *et al.*, 2014; SHARIFI *et al.*, 2012).

A aglomeração pode ser definida como um conjunto de partículas fracamente reunidas ou misturas que resultem em uma área superficial externa equivalente à soma das áreas das superfícies dos componentes individuais (OLIVEIRA; BERTI; ROL, 2017). A extensão da aglomeração depende do tamanho, forma, concentração, carga, temperatura e tipo de NP.

As NP aglomeradas se comportam de maneira diferente das partículas dispersas individuais, principalmente devido às alterações nas propriedades da superfície, afetando assim a toxicidade (SAJID *et al.*, 2015). A estabilização da solução coloidal é um fator-chave contra a aglomeração dos NM, sendo dependente do potencial “zeta”, e quanto maior for este potencial mais estável será o sistema (OLIVEIRA; BERTI; ROL, 2017). A aglomeração pode ser reduzida com o uso de estabilizantes ou com a funcionalização (SAJID *et al.*, 2015).

A funcionalização é uma técnica que permite modificar a superfície dos NM, permitindo o ancoramento de moléculas específicas na superfície dos NM. Tais modificações intensificam as propriedades ou conferem novas propriedades aos NM, como por exemplo a carga superficial da partícula (BHATTACHARJEE *et al.*, 2013; VICENTINI *et al.*, 2017). Esta mudança nas propriedades podem tornar os NM mais tóxicos (VICENTINI *et al.*, 2017).

A estrutura cristalina é um importante parâmetro para a toxicidade, visto que, para um mesmo nanomaterial a diferença de estrutura pode provar diferentes efeitos. Como por exemplo, as NP de dióxido de titânio com estrutura cristalina na fase anatase, que são mais tóxicas que na fase rutila (DE MATTEIS *et al.*, 2016) e em duas fases das NP de óxido de alumínio (NOGUEIRA *et al.*, 2020). As NP de óxido de ferro na fase “ α ” foram menos tóxicas que na fase “ γ ” (DEMIR *et al.*, 2015).

2.2.2. Toxicidade dos NM

Os testes toxicológicos são realizados para verificar se um produto apresenta ou não efeitos tóxicos ou nocivos e, se for o caso, qual é a natureza destes efeitos e seu grau de toxicidade (BUSCHINELLI,2020; MATIAS, 2014) . Eles partem do princípio que os organismos-teste são expostos a doses, por um período determinado de tempo.

Os estudos da toxicidade se dividem em três tipos: aguda, subcrônica 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, sendo expresso em concentração efetiva mediana (CE₅₀) ou concentração letal média (CL₅₀) (COSTA *et al.*, 2008; MATIAS, 2014; ROSSETTO, 2016).

A CE₅₀ refere-se à concentração real da amostra que causa efeito agudo a 50% dos organismos no tempo de exposição, nas condições de ensaio, sendo estes normalmente caracterizados pela imobilidade ou inibição da respiração e a CL₅₀ refere-se à concentração real da amostra que causa a morte de 50% dos organismos no tempo de exposição, nas condições de ensaio (COSTA *et al.*, 2008; MATIAS, 2014; ROSSETTO, 2016).

O resultado dos testes de toxicidade aguda normalmente é expresso através da concentração letal média (CL₅₀) ou da concentração efetiva mediana (CE₅₀).

Já a toxicidade subcrônica estuda o efeito resultante de administrações repetidas de uma substância durante um período intermediário do ciclo de vida de determinada espécie.

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 que é representada pelo CENO e CEO (COSTA *et al.*, 2008; MATIAS, 2014; ROSSETTO, 2016).

A avaliação dos testes de toxicidade crônica é feita através da concentração de efeito tóxico não observado (CENO), que é a maior concentração do produto que

não causa efeito sobre os organismos e a concentração de efeito observado (CEO), que é a menor concentração que causa efeito sobre os organismos (COSTA *et al.*, 2008; MATIAS, 2014; ROSSETTO, 2016).

As outras variáveis comumente observadas são a carcinogenicidade, mutagenicidade, teratogenicidade, a reprodução, tolerância cutânea e ocular e sensibilidade da pele (MATIAS, 2014).

Outro importante mecanismo de avaliação é o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), que tem por objetivo identificar os perigos intrínsecos das substâncias, misturas e transmitir as informações sobre estes perigos ao público-alvo. São definidos diversos critérios para a definição dos perigos físicos, de saúde e ambiental. Contudo, ainda não existem critérios específicos para realizar a definição do perigo envolvendo nanomateriais (NM) pelo GHS (UNITED NATIONS, 2019).

Para abordar os riscos ocupacionais dos NM, a Organização Mundial da Saúde (OMS) desenvolveu uma diretriz sobre a proteção dos trabalhadores contra os riscos potenciais dos NM fabricados (LEE *et al.*, 2017). Esta diretriz se dá mediante uma revisão sistemática da categorização de riscos dos NM, por meio dos critérios do GHS para materiais na escala micrométrica. Ao todo, foram analisados onze tipos de NM e classificados conforme os perigos para saúde de acordo com os critérios de classificação para a saúde do GHS (LEE *et al.*, 2017). Neste mesmo estudo, os autores classificaram a qualidade das evidências dos estudos que fundamentaram as classificações de perigo para os NM analisados.

No **quadro 2** é apresentada a classificação do perigo de acordo com os critérios do GHS para escala micrométrica para onze NM e a classificação das evidências que fundamentaram as classificações.

Quadro 2: Classificação de perigo dos NM.

(Continua)

NM	Toxicidade aguda	Irritação/ Corrosão pele	Irritação/ sérios danos olhos	Sensibilização respiratória ou pele	Mutagenicidade cel. germ.	Carcinogenicidade	Toxicidade para reprodução	Toxicidade para órgãos – alvo específicos – Exposição única	Toxicidade para órgãos – alvo específicos – Exposição repetida
Fulereo	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (ME)	Sem perigo (ME)	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem perigo (ME)
Nanotubo de carbono de parede única	Sem perigo para oral (FE). Sem perigo para inalação (ME)	Sem perigo (FE)	Categoria 2 (FrE)	Sem perigo (FE)	Categoria 2 (FrE)	Sem dados	Ambíguo (FrE)	Sem dados	Categoria 1 para inalação (FE)
Nanotubo de carbono de paredes múltiplas	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (ME)	Categoria 2 (FrE)	Categoria 2 (ME) IARC 2B	Sem perigo (ME)	Sem dados	Categoria 1 para inalação (ME), Sem perigo para oral (FE)
Prata	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Categoria 1B (ME)	Sem perigo (FE)	Sem dados	Sem perigo (FE)	Sem dados	Categoria 1 para inalação (FE), Sem perigo para oral (ME)

(conclusão)

NM	Toxicidade aguda	Irritação/ Corrosão pele	Irritação/ sérios danos olhos	Sensibilização respiratória ou pele	Mutagenicidade cel. germ.	Carcinogenicidade	Toxicidade para reprodução	Toxicidade para órgãos – alvo específicos – Exposição única	Toxicidade para órgãos – alvo específicos – Exposição repetida
Ouro	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Categoria 1 para inalação (FE)
Dióxido de silício	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (FrE)	Sem dados	Sem perigo (FE)	Sem dados	Categoria 2 para inalação (FE)
Dióxido de titânio	Sem perigo (FE)	Sem perigo (ME)	Sem perigo (ME)	Sem perigo (ME)	Sem perigo (FE)	Sem dados IARC 2B	Sem perigo (FrE)	Sem dados	Categoria 1 para inalação (FE)
Óxido de cério	Sem perigo (FrE)	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
Dendrimero	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
Nanoclay	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados	Sem dados
Óxido de zinco	Sem perigo para oral (ME). Sem perigo dermal(FE)	Sem perigo (FE)	Sem perigo (ME)	Sem dados	Sem perigo (FE)	Sem dados	Sem perigo (FE)	Sem dados	Categoria 1 para inalação (ME)

FE: forte evidência; ME: moderada evidência; FrE fraca evidência Fonte: Adaptado de Lee (2017).

Na **Tabela 1** são apresentados os critérios de perigos para a classe à saúde humana segundo o GHS. Para cada uma das 11 classes de perigo são apresentadas algumas categorias. Estas variam de acordo com a severidade do efeito, sendo que, quanto menor a categoria, mais severo é o dano. As categorias de perigo são definidas com base nos critérios previamente definidos pelo sistema de classificação para cada uma das classes. As categorias apresentam algumas subdivisões, como por exemplo: a toxicidade aguda apresenta 5 categorias para diferentes rotas de exposição (UNITED NATIONS, 2019).

Tabela 1. Critérios de perigos à saúde humana da GHS.

Classes	Categorias				
Toxicidade aguda	1	2	3	4	5
Corrosão/irritação à pele	1	2	3		
Lesões oculares graves/ irritação ocular	1	2A	2B		
Sensibilização respiratória	1AB				
Sensibilização à pele	1AB				
Mutagenicidade em células germinativas	1AB	2			
Carcinogenicidade	1AB	2			
Toxicidade à reprodução	1AB	2		Lactação	
Toxicidade para órgão- alvo específicos. Exposição única	1	2		3	
Toxicidade para órgão- alvo específicos. Exposição repetida	1	2			
Perigo por aspiração	1	2			

Fonte: (UNITED NATIONS, 2019).

2.3. EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AOS NM

A intensificação das propriedades que tornam os NM tão interessantes tem acarretado incertezas quanto aos possíveis efeitos de toxicidade sobre a saúde dos seres vivos e ao meio ambiente (FUNDACENTRO, 2018; WHO, 2017).

Um número crescente de atividades expõe direta ou indiretamente os trabalhadores à probabilidade de interagir com NM promovendo a exposição ocupacional. Estima-se que cerca de seis milhões de trabalhadores no mundo estão potencialmente expostos aos NN no presente ano, mas ainda há poucos dados sobre os riscos (PANZARINI *et al.*, 2018; ROCO; MIRKIN; HERSAM, 2010).

O primeiro caso divulgado correlacionando danos envolvendo NM e a exposição ocupacional ocorreu na China, especificamente em uma indústria de revestimentos industriais, onde sete mulheres foram expostas a NP de poliacrilato, no período de janeiro de 2007 a abril de 2008. Exames clínicos revelaram que no tecido pulmonar das pacientes havia uma inflamação pulmonar atípica, fibrose e granulomas de corpo estranho na pleura. Através de uma microscopia eletrônica, foi possível constatar que as NP se alojaram no citoplasma e no carióplasma das células epiteliais e mesoteliais pulmonares, mas também estavam localizadas no fluido torácico (SONG; LI; DU, 2009).

O segundo caso registrado foi um trabalhador de 38 anos, saudável e não fumante, que sofreu uma intoxicação aguda e veio à óbito 13 dias após inalar cerca de 1g de NP de níquel durante uma exposição aproximada de 90 minutos na realização de uma tarefa de pulverização (PHILLIPS *et al.*, 2010).

Outro caso foi uma constatação de uma enfermidade chamada de “bronquiolite obliterante com pneumonia em organização”, que ocorreu com um trabalhador de 58 anos que trabalhou por 3 meses em uma indústria de tinta, na qual foi utilizava NP de TiO_2 (CHENG *et al.*, 2012).

Os casos citados mostram que existe o risco ocupacional vinculado. Muitos dos possíveis efeitos poderão ser somente diagnosticados após vários anos de exposição, como ocorreram com outras tecnologias emergentes. Em um passado recente estas substâncias possuíam um enorme potencial em diversas áreas, 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).

Os nanomateriais (NM) podem penetrar no corpo humano de diversas formas, do ponto de vista ocupacional, as principais vias são: inalação através do sistema respiratório, ingestão através do trato gastrointestinal e absorção pela via cutânea (EU-OSHA, 2019; FUNDACENTRO, 2018; WHO, 2017).

A principal via de exposição ocupacional é a inalação (NIOSH, 2016; WHO, 2017). Os pulmões humanos representam uma excelente via de penetração para NM devido à sua grande área superficial, finas barreiras epiteliais e vascularização extensa; devido a isso é uma via de exposição que resulta em uma maior dose sistêmica de NM (VIEGAS, 2018).

Desta forma, a eficiência de deposição das nanopartículas (NP) inaladas depende principalmente de seu diâmetro e características aerodinâmicas: de fato, tamanho e morfologia são importantes para determinar qual compartimento do sistema respiratório estará exposto principalmente entre as vias aéreas superiores, as vias aéreas inferiores ou os alvéolos (PANZARINI *et al.*, 2018). Depois de serem depositadas no epitélio pulmonar, as NP podem se translocar do pulmão para o sistema circulatório atingindo outros órgãos por diferentes mecanismos e rotas (DE MATTEIS *et al.*, 2016). Esta translocação pode ocorrer por outras vias como o fluido cérebro espinhal, transposição da barreira hematoencefálica, etc (FUNDACENTRO, 2018).

A exposição dérmica é uma importante via de entrada, pois o contato da pele com os NM podem ocorrer o manuseio de suspensões, solventes, pesticidas, produtos farmacêuticos, entre outros (EU-OSHA, 2019; PANZARINI *et al.*, 2018). As características intrínsecas (tamanho, morfologia, e propriedades da superfície) dos NM são cruciais para definir sua capacidade passar através da pele.

A via por ingestão de NM é menos relevante do ponto de vista ocupacional quando comparada com a via de inalação (EU-OSHA, 2019; PANZARINI *et al.*, 2018). A entrada nessa via 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).

Segundo a NIOSH (2016) vários fatores influenciam a exposição dos trabalhadores como:

a) A rota, concentração, duração e frequência de qualquer exposição;
b) A capacidade do NM de ser facilmente disperso (tal como um pó ou aerossol); e,

c) As medidas de controle em vigor para reduzir ou limitar exposições. Os nanomateriais (NM) podem penetrar no corpo humano de diversas formas, do ponto de vista ocupacional, as principais vias são: inalação através do sistema respiratório, ingestão através do trato gastrointestinal e absorção pela via cutânea (EU-OSHA, 2019; FUNDACENTRO, 2018; WHO, 2017).

2.4. AVALIAÇÃO DE RISCO DOS NANOMATERIAIS

Ao se tratar da avaliação dos NM, os conceitos de “risco” e “perigo” devem ser delimitados como um objeto de estudo a fim de facilitar o entendimento das relações condicionantes à ambos.

A ISO define “risco” como sendo a combinação da probabilidade da ocorrência de eventos ou exposições perigosas relacionadas aos trabalhos, e da gravidade das lesões e problemas de saúde que podem ser causados pelo (s) evento (s) ou exposição (ões) (ISO 45001, 2018).

O termo “perigo” é definido como uma fonte com potencial para causar lesões ou problemas na saúde (ISO 45001, 2018). Para conhecer o perigo dos nanomateriais (NM) são necessários estudos toxicológicos.

Existe uma lacuna de conhecimento nessa área para afirmar se os NM são nocivos ou não, e se possuem uma toxicidade diferente do mesmo material na sua forma macrométrica e micrométrica (ARCURI; VIEGAS; PINTO, 2014). Entretanto, é ressaltado na revisão da literatura que as avaliações para estimar o risco ocupacional

envolvendo NM podem ser realizadas através de métodos quantitativos ou qualitativos.

No **Quadro 3** são apresentadas as vantagens e desvantagens da aplicação dos métodos quantitativos ou qualitativos.

Quadro 3. Vantagens e desvantagens da aplicação dos métodos quantitativos ou qualitativos.

	Vantagens	Desvantagens
Método Quantitativo	Resultados precisos.	
	Permite estabelecer padrões.	Indefinição com relação à métrica que será avaliada a amostra (massa, área superficial, n° de partículas).
	Permite comparar resultados com facilidade.	Dificuldade do que fazer com os resultados obtidos na amostragem, já que não existem normas para comparar o resultado e nem limites de tolerância regulamentados.
		Alto custo de aquisição dos equipamentos.
		Avaliação complexa.
		Alto custo na utilização dos equipamentos.
		Necessidade de calibração dos equipamentos.
		Dificuldade em distinguir as partículas existentes no ambiente das partículas engeneiradas.
Método Qualitativo	Baixo custo na execução da avaliação.	Menos precisão nos resultados.
	Dispensam equipamentos.	Presença de critérios subjetivos na avaliação.
	Facilidade na execução da avaliação.	Dificuldade de comparação dos resultados.

Fonte: Andrade (2013); Arcuri; Viegas; Pinto (2014);EU-OSHA (2019).

Um das principais estratégias de avaliação qualitativa é a utilização dos controle de bandas (CB). Os CB foram desenvolvidos 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 (ISO/TS 12901-2, 2014).

As substâncias são colocadas em uma matriz e classificadas em “bandas de perigo” de acordo com a toxicidade de substâncias químicas na forma macro ou análogas e em “bandas de exposição” de acordo com as exposições 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). No quadro 04 é apresentado um exemplo de uma matriz de CB.

Quadro 4. Exemplo de uma matriz de CB

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).

Na avaliação ocupacional os CB utilizam um enfoque totalmente qualitativo no qual o risco é avaliado e proposto medidas de controle diante da exposição de trabalhadores, utilizando em situações onde existem incertezas, como no caso dos potenciais danos provocados pelos NM (ANDRADE, 2013; ISO/TS 12901-2, 2014).

Inúmeras ferramentas de CB para aplicação em NM foram desenvolvidas ao longo dos últimos anos:

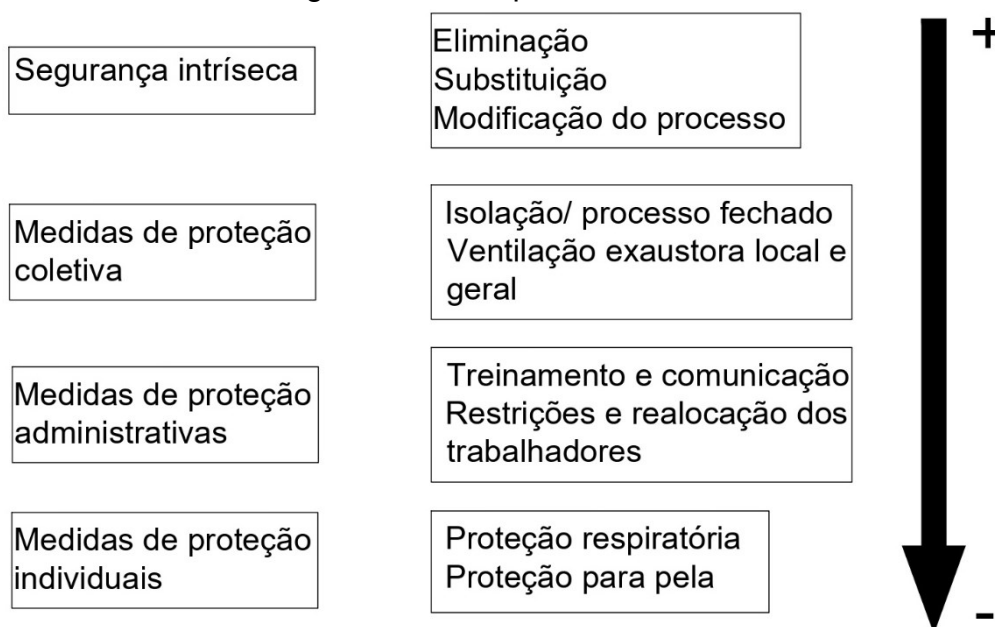
- CB Nanotool (ZALK; PAIK; SWUSTE, 2009),
- CB- ANSES (OSTIGUY *et al.*, 2010),
- CB- GoodNanoGuide (GOODNANOGUIDE, 2009),
- CB-Stoffenmanager Nano 1.0 (DUUREN-STUURMAN *et al.*, 2012)
- CB- Nanosafer (JENSEN *et al.*, 2014),
- CB -Precautionary matrix (HÖCK *et al.*, 2011).
- CB -SST/Labnano (2013) (ANDRADE, 2013),
- CB ISO (ISO/TS 12901-2, 2014)
- CB- Simeone (SIMEONE *et al.*, 2019)

Essas ferramentas apresentam de 3 a 4 faixas de 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.

2.5. MEDIDAS DE CONTROLES DE RISCOS PARA NANOMATERIAIS

A melhor maneira de controlar as potenciais exposições e proteger os trabalhadores inclui a criação e o acompanhamento de um plano de gestão de riscos (NIOSH, 2016). Na gestão de riscos laborais deve-se utilizar a hierarquia de controles tradicionalmente utilizada para contaminantes conhecidos na forma micrométrica, conforme a **Figura 1** (FUNDACENTRO, 2018; OSTIGUY *et al.*, 2015; WHO, 2017).

Figura 1. Hierarquia de controle.



Fonte: adaptado Debia; Ostiguy (2015).

O método mais eficaz de controlar os perigos envolvendo nanomateriais (NM) é a utilização da segurança intrínseca, cujo objetivo é eliminar os riscos de entrar no laboratório logo no estágio de projeto. Este conceito é a estratégia de controle preferencial, pois removerá a substância perigosa do processo, minimizará o volume ou substituirá as matérias-primas perigosas, processos e equipamentos ou práticas de trabalho por outras menos perigosas. A segurança intrínseca elimina ou, pelo menos minimiza os riscos antes de sua introdução no processo industrial ou em experimentos laboratoriais (DEBIA; OSTIGUY, 2015).

A eliminação dos NM é normalmente impossível de aplicar, pois os materiais nesta escala são sempre produzidos ou usados devido as suas propriedades mecânicas, elétricas, magnéticas, ópticas ou químicas exclusivas. Na higiene ocupacional, o princípio da substituição é frequentemente referido como um termo mais amplo que inclui a substituição de substâncias perigosas por outras menos perigosas, mudando de um tipo de equipamento de processo para outro, substituindo o próprio processo (por exemplo, trabalhando com NM em suspensão e não em pó), ou modificando práticas de trabalho (por exemplo, limpeza úmida em vez de usar ar comprimido) (DEBIA; OSTIGUY, 2015).

Não sendo possível eliminar o NM ou utilizar outra com menos perigoso devem ser adotados os controles de engenharia. Tal controle pode ocorrer isolando o trabalhador do material a ser manipulado como, por exemplo, em salas separadas, ventiladas e equipadas com sistemas de ventilação independentes, evitando assim qualquer possibilidade de contaminação no local de trabalho e a exposição do trabalhador (DEBIA; OSTIGUY, 2015; OSTIGUY *et al.*, 2015). Outro tipo de controle pode ser a utilização de ventilação local e geral exaustora.

O próximo item na hierarquia são os controles administrativos, que são as medidas para complementar os controles de engenharia e permitir que os mesmos sejam usados de forma eficaz. Esse tipo de controle pode ser usado quando os controles de engenharia não são viáveis ou não reduzem os riscos a um nível aceitável (DEBIA; OSTIGUY, 2015). Com o objetivo de reduzir os riscos de acidentes e exposição ocupacional e promover práticas seguras de trabalho, os controles administrativos incluem informações, treinamento, procedimentos de trabalho, higiene pessoal, vigilância médica e recomendações de armazenamento (DEBIA; OSTIGUY, 2015; OKSEL *et al.*, 2017).

Após exauridas as etapas anteriores, vem os equipamentos de proteção individual como por exemplo, luvas, óculos de segurança, roupas, calçados e mascarar.

Alguns estudos avaliaram os materiais utilizados nos equipamentos de proteção individual (EPI), visando identificar os matérias adequados para as tarefas

que envolvem risco com NM, um exemplo de estudo sobre a eficiência das luvas de nitrila, vinil, látex e neoprene com nanopartículas (NP) esférica de grafite foi observado que não houve penetração através das luvas (GOLANSKI *et al.*, 2009). Já em outro estudo com NP de dióxido de titânio houve penetração das luvas após uma exposição de 5 e 7 horas (VINCHES *et al.*, 2013).

Para NP de ouro com tamanho de 5 e 50 nm após 3 horas de deformações mecânicas foi observado que para NP de maior tamanho não houve penetração na luva ao contrário para NP de menor tamanho ocorreu penetração. Entretanto, ao analisar um segundo lote de luvas não foram observadas penetração para ambos os tamanhos. Os autores relatam a dificuldade de entender como as variáveis externas que podem influenciar a penetração de NP e que também a composição química da luvas ainda não está bem controlada no processo de fabricação (VINCHES *et al.*, 2016). De acordo com um trabalho de Golanski *et al.* (2009), a eficiência da luva (nitrila, vinil, látex, neoprene) é alta para aerossóis de grafite de 20–100 nm.

Nos **Quadros 5 e 6** são listados os principais EPI, medidas administrativas e equipamentos de proteção coletivas (EPC) recomendadas pelos principais guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho e NM no Brasil, Estados Unidos, Canadá e Europa (no período de 2008 a 2019), como também os recomendados pelos guias de universidades internacionais.

Quadro 5. EPI recomendados.

Tipo	Recomendação	Referência
Luva-nitrila	*Uso duplo *Troca com frequência *trocar a camada superior das luvas sempre que houver contaminação visível *Manga estendida *Considerar resistência ao material e ao meio utilizado * Serem removidas dentro do sistema fechado	(US/DOE, 2008; UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL, 2008; AMOABEDINY et al., 2009; UNIVERSITY OF RHODE ISLAND, 2012; ANDRADE, 2013; UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, 2013; NIOSH, 2016; GOTTARDO et al., 2017)
Luva- Látex	*com proteção lateral	(UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL, 2008; GIACOBBE ET AL., 2009; ANDRADE, 2013; UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, 2013; AIHA, 2015).
Óculos de segurança		(UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL, 2008; US/DOE, 2008; US/DOE/STANFORD, 2008; EU-OHSA, 2009; GIACOBBE ET AL., 2009; GROSO ET AL., 2010; NIOSH, 2012, 2016; ANDRADE, 2013; HSE, 2013; DEBIA; OSTIGUY, 2015)
Óculos ampla visão		(BSI, 2007; GROSO ET AL., 2010; DOLEZ, 2015; GOTTARDO ET AL., 2017; UNIVERSITE CONCORDIA, 2017)
Protetor facial	*Com material sintético de preferência como de polipropileno ou material equivalente	(UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL, 2008; GROSO ET AL., 2010; NIOSH, 2012B; ANDRADE, 2013)
Aventais ou jalecos		(ANDRADE, 2013; EU-OSHA, 2013; DEBIA; OSTIGUY, 2015; NIOSH, 2016)
Jalecos sem especificações de material	*Para MN não perigosos	(GIACOBBE ET AL., 2009; UKNSPG, 2012; UNIVERSITY OF RHODE ISLAND, 2012; UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, 2013; HOORNICK, NAUSIKAA VAN ET AL., 2017)
Jalecos de algodão		(EUROPEAN COMMISSION, 2013; AIHA, 2015)
Macacões	* com capuz do tipo tyre® com elástico no pescoço, punhos e tornozelos	(DEBIA; OSTIGUY, 2015)
Calçado fechado	*recomendado baixa permeabilidade *botas descartáveis	(US/DOE/STANFORD, 2008; UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL, 2008; AMOABEDINY et al., 2009; NIOSH, 2012, 2016; UNIVERSITY OF RHODE ISLAND, 2012; UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, 2013; ANDRADE, 2013; AIHA, 2015; DEBIA; OSTIGUY, 2015; DOLEZ, 2015)
Calçado de segurança		(BOUILARD, 2008; HSE, 2013)
Máscara de proteção	De acordo com o programa de proteção respiratória específico	(BLEURY, 2009; NIOSH, 2012; UNIVERSITY OF RHODE ISLAND, 2012; ANDRADE, 2013; AIHA, 2015; DEBIA; OSTIGUY, 2015; NIH, 2015)

Fonte: autor (2020).

Quadro 6. Medidas administrativas recomendadas.

Tipo	Recomendação	Referência
Boas práticas de trabalho		(UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL, 2008; US/DOE, 2008; EU-OSHA, 2009A, 2013; NIOSH, 2009A, 2012; AMOABEDINY ET AL., 2009; INAIL, 2011; UKNSPG, 2012; UNIVERSITY OF RHODE ISLAND, 2012; ANDRADE, 2013; UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, 2013; NIH, 2014; DEBIA; OSTIGUY, 2015; SAVOLAINEN; PIETROIUSTI, 2017; UNIVERSITE CONCORDIA, 2017)
Capacitação sobre os riscos dos NM		
Manutenção periódica no EPC	*recomendado uma vez no ano	(EU-OSHA, 2009B, 2013; AMOABEDINY ET AL., 2009; NIOSH, 2012; ANDRADE, 2013; DEBIA; OSTIGUY, 2015)
Vigilância médica		(TEXAS A&M, 2005; BAUA, 2007; BSI, 2007; NIOSH, 2009a, 2012, 2016; OSTIGUY ET AL., 2009; EU-OSHA, 2009a, 2013; AMOABEDINY et al., 2009; INAIL, 2011; UKNSPG, 2012; UNIVERSITY OF RHODE ISLAND, 2012; ANDRADE, 2013; UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, 2013; DEBIA; OSTIGUY, 2015; NIH, 2015; UKNSG, 2016; SAVOLAINEN; PIETROIUSTI, 2017) (US/DOE, 2008; NIOSH, 2009b, 2009a, 2012, 2016; GROSO et al., 2010; UKNSPG, 2012; ANDRADE, 2013; EU-OSHA, 2013; DEBIA; OSTIGUY, 2015; NIH, 2015; UKNSG, 2016)
Monitorização ambiental		(ANDRADE, 2013)

Fonte: autor (2020).

Para os EPC são recomendadas as seguintes medidas:

- Ventilação geral natural ou mecânica para risco leve.
- Ventilação Local: exaustor, capa protetora, cobertura de mesa para risco médio.
- Ventilação Fechada: cabine ventilada, capela, reator fechado com abertura normal, contenção Completa: caixa de luva/bolsas para risco elevado (BAUA, 2007; UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL, 2008; US/DOE, 2008; PAIK *et al.*,

2008; FRANCE/FRENCH AGENCY FOR FOOD, 2010; INAIL, 2011; UNIVERSITY OF RHODE ISLAND, 2012; NIOSH, 2012; ANDRADE, 2013; UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, 2013; HSE, 2013; ISO/TS 12901-2, 2014; OSTIGUY *et al.*, 2015; UKNSG, 2016; UNIVERSITE CONCORDIA, 2017).

2.6. REDES BAYESIANAS

Uma Rede Bayesiana (RB) é uma estrutura gráfica que permite ao usuário a representação e o raciocínio sobre um domínio incerto (KJÆRULFF; MADSEN, 2013).

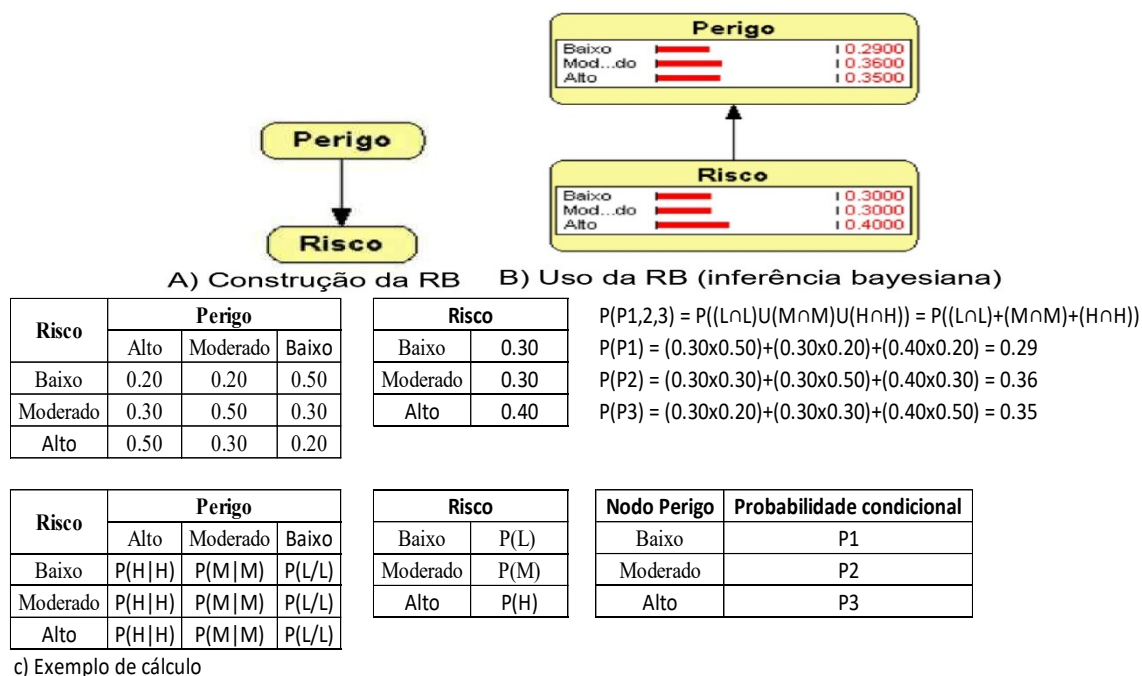
As RB são compostas de duas partes complementares: uma parte qualitativa e a outra quantitativa (KJÆRULFF; MADSEN, 2013). A parte qualitativa é um modelo gráfico no qual as variáveis são os “nodos” e as conexões entre os nodos são feitas por meio de “arcos” (setas) nos quais representam-se as dependências entre as variáveis.

Na **Figura 2a** são mostrados dois nodos na construção da RB. O pai “Perigo” e o filho “Risco”, onde o link entre eles mostra a relação entre si. O nodo pai assume um papel de “causa” e o nodo filho assumem o papel de “efeito” e há uma ligação do pai para com o filho.

Na **Figura 2b** mostra-se o uso da RB através da inferência bayesiana que consiste em obter estimativas de probabilidades de eventos relacionados aos dados, à medida que novas informações ou evidências sejam conhecidas (VOTO, 2013). Na inferência bayesiana ocorre a reversão do nodo, ou seja, o sentido das setas e a relação de pai e filho se invertem. É do efeito para causa que o cálculo é efetuado (KJÆRULFF; MADSEN, 2013), desta forma é do nodo “Risco” para o nodo “Perigo”.

Na **Figura 2c** é apresentada a tabela de probabilidade condicional que quantifica os efeitos que o nodo “Perigo” exerce sobre o nodo “Risco”.

Figura 2. Representação de nodos na RB. A- construção da RB; B- uso da RB com inferência bayesiana; C - exemplo de cálculo da probabilidade condicional de dois nodos.



Fonte: autor (2020).

Segundo Nassar (2018), a parte quantitativa de uma RB é composta por três classes de probabilidade:

a) O conjunto de probabilidades condicionais associadas aos arcos existentes no modelo gráfico da parte qualitativa;

b) As probabilidades estimadas a priori das hipóteses diagnósticas ou categorias de classificação (nodo de saída);

c) As probabilidades de cada nodo de entrada.

Na RB especifica-se uma distribuição de probabilidade conjunta exclusiva $P(U)$ fornecida pelo produto de todos os nodos especificados na RB. Seja RB composta de $U = \{A1, \dots, Aj, \dots, An\}$. Então a equação que representa probabilidade é mostrada na Equação 1, onde $pa(Ai)$ são probabilidades dos pais do nodo Ai e $P(Ai | pa(Ai))$ especifica a distribuição da probabilidade condicional.

$$P(U) = \prod_{i=1}^n P(A_i | pa(A_i)) \quad (01)$$

Os cálculos são realizados segundo a teoria Bayesiana, a qual a probabilidade do evento A_j condicionado ao evento U é expressado por:

$$P(A_j|U) = \frac{P(U|A_j) \times P(A_j)}{P(U)} \quad (02)$$

Nessa equação a probabilidade a priori de A_j , $P(U|A_j)$ é probabilidade condicional de U sobre condição do conhecimento do evento A_j e a $P(U)$ é a probabilidade a priori de U .

Geralmente, uma RB pode ser construída manualmente com conhecimento especializado ou semi-automaticamente a partir de critérios descritos na literatura (MARVIN *et al.*, 2017).

Os cálculos na RB utilizam informações anteriores, considerando inclusive julgamentos subjetivos para construir um modelo da distribuição a priori do parâmetro da distribuição estudada (CALIL, 2009). Tais redes têm uma maior eficiência em aperfeiçoar inferências incertas, especialmente ao vincular várias formas de informação, tais como pareceres de especialistas, dados empíricos e resultados de outros modelos (LEU; CHANG, 2013).

A modelagem das RB pode ser executada por vários programas comerciais específicos disponíveis, como por exemplo os softwares: “Netica” (www.norsys.com), “BNG” (<http://www.mcw.edu/midas/bng.html>), “Graphical-Belief” (<http://bayes.stat.washington.edu/almond/gb/graphical-belief.html>), “Hugin” (www.hugin.com), entre outros (NASSAR, 2018). No Centro de Investigação sobre Sistemas Inteligentes de UNED (em Madri) existe uma versão livre, “Open Markov”, com código aberto que permite efetuar os cálculos na utilização das RB.

CAPÍTULO III

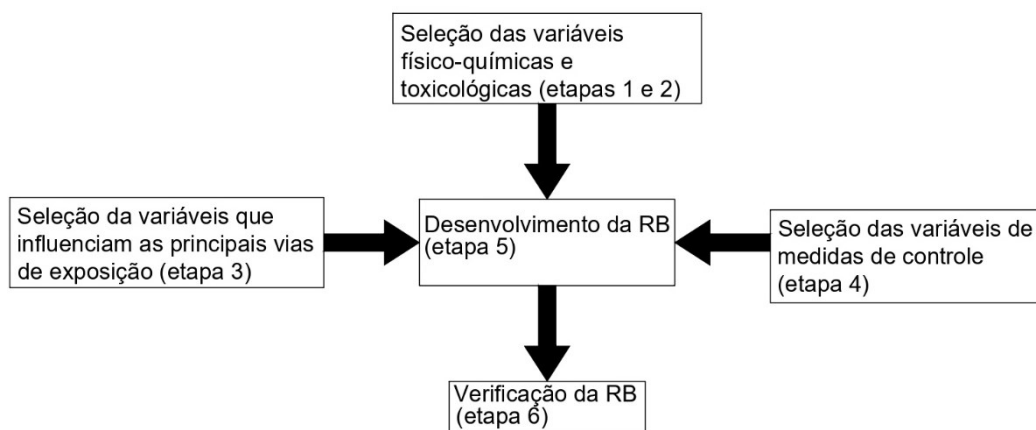
3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta para atender o objetivo desta tese foi dividida em seis etapas:

- 1) Selecionar variáveis físicas e químicas que influenciam no perigo dos nanomateriais (NM);
- 2) Selecionar variáveis toxicológicas que influenciam no perigo dos NM;
- 3) Selecionar as variáveis de exposição definidas pelos modelos de controle de bandas (CB) e nos guias publicados pelas principais agências mundiais de saúde e segurança do trabalho envolvendo NM;
- 4) Selecionar as medidas de controle mais adequadas para os NM;
- 5) Construção da rede bayesiana (RB) inicial;
- 6) Verificação da RB.

Na **Figura 3** é apresentada o fluxograma de construção da tese

Figura 3. Fluxograma das 6 etapas de construção da tese.



Fonte: O autor (2020).

Na etapa “1” foram analisadas as variáveis físico-químicas de 10 modelos de CB e uma RB, como critério de seleção foram selecionadas as variáveis que estão em $\geq 50\%$ dos modelos de CB e RB.

Para complementar a escolha foram analisadas as variáveis que a literatura especializada vem utilizando para auxiliar na interpretação dos resultados toxicológicos.

Na etapa “2” foram utilizados como critérios de seleção das variáveis toxicológicas, variáveis definidas pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) para definição do perigo à saúde humana e ao meio ambiente.

Na etapa “3” foram analisadas as variáveis de 10 modelos de CB que são utilizados para definição da exposição ao manusear NM. Como critério foram selecionadas as variáveis que estão em $\geq 50\%$ dos modelos de CB.

Na etapa “4” as recomendações de guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam sobre saúde e segurança do trabalho foram analisadas, bem como guias de universidades, sendo um total de 34 documentos considerando medidas de proteção coletiva e individuais e 20 documentos para as medidas administrativas. Foram analisadas as variáveis de 10 modelos de CB que são utilizados para definição da exposição do trabalhador de acordo com as medidas de controle existentes ou recomendações sugeridas de acordo com o nível do risco obtido na avaliação. Como critério foram selecionadas as variáveis que estão em $\geq 50\%$ dos guias e modelos de CB.

Já a etapa “5” que envolve a criação da RB, foi realizada após as seleções das variáveis físicas e químicas, das toxicológicas, de exposição e as medidas de controle. Além disso, nessa etapa foi incorporado o princípio da precaução no desenvolvimento da RB, o qual é utilizado para orientar medidas nas situações em que o conhecimento científico está ainda incompleto, denotando a incerteza que é o caso dos NM e é recomendado nas avaliações de risco (EU-OSHA, 2019; NOVELLO *et al.*, 2020).

Para realizar os cálculos das probabilidades condicionais foi utilizado o *software* “Open Markov”, que está disponível para *download* (<http://www.openmarkov.org/>). Para facilitar a leitura da RB desenvolvida neste *software*, a mesma foi desenhada no *software* “Autocad 2016 versão estudante”.

Na última etapa, a verificação da RB, ocorreu através da opinião de especialistas. Esta etapa foi subdividida em 6 partes: 1) Determinação dos critérios para escolha dos especialistas; 2) Seleção dos especialistas; 3) Desenvolvimento do questionário e da carta de apresentação do trabalho; 4) Envio do questionário aos especialistas; 5) Análise e ponderações das respostas e seleção das variáveis; 6) Adequação do modelo com as variáveis e adequação das probabilidades da RB.

Para a determinação dos critérios para a escolha dos especialistas, vários estudos na literatura definem critérios variando em função do objeto de análise. Em uma avaliação sobre a forma de escolher os especialistas foi verificado que não havia consenso e os critérios eram vagos e de dupla interpretação (RAJENDRAN, 2006). Este mesmo autor ampliou o conjunto de variáveis para escolha dos especialistas sendo, desde então, um autor referência para a maioria dos trabalhos encontrados na literatura (MOREIRA, 2017).

O **Quadro 7** ilustra alguns critérios encontrados na literatura para escolha dos especialistas, os critérios foram colocados de forma mais genérica para facilitar o entendimento.

Quadro 7: Critérios para escolha de especialistas encontrados na literatura
(continua)

Autor	Critério	Detalhamento
Alder e Ziglio (1996) apud Alsalman (2012)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conhecimento e experiência com a questão em estudo; 2. Capacidade e vontade de participar; 3. Tempo suficiente para participar do método Delphi; 4. Habilidades de comunicação eficazes. 	Critérios de escolha de especialistas para Delphi
Rogers; Lopez, (2002)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser autor ou coautor de duas ou mais publicações na área; 2. Ter feito três ou mais apresentações em eventos sobre o tema; 3. Ter sido membro de comitês de pesquisa sobre o tema; 4. Atuar profissionalmente na área por pelo menos 5 anos; 5. Ser professor nas áreas ligadas ao tema. 	Possuir pelo menos dois destes critérios
Rajendran (2006)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser autor ou coautor de duas ou mais publicações na área nos últimos cinco anos; 2. Ter feito três ou mais apresentações em eventos sobre o tema; 3. Autor de livros ou capítulos, ou editor de anais de congressos no domínio da segurança e da saúde; 	Possuir pelo menos três destes critérios

(Conclusão)		
Autor	Critério	Detalhamento
Rajendran (2006)	<ol style="list-style-type: none"> 4. Ter sido membro comitês de pesquisa sobre o tema; 5. Ser professor nas áreas ligadas ao tema; 6. Ter, no mínimo, graduação na área ou áreas afins; 7. Possuir as atribuições formais para trabalhar na área do tema pesquisado; 8. Trabalhar na área do tema estudado por pelo menos cinco anos. 	Possuir pelo menos três destes critérios
Agumba (2013)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Experiência mínima de cinco anos na academia ou indústria; 2. Pelo menos um ano de formação na área; 3. Ser editor, autor de livro ou capítulo, autor de artigos relacionados ao tema; 4. Ter, no mínimo, graduação na área ou áreas afins; 5. Ter cinco ou mais publicações em congressos ou periódicos; 6. Ser professor nas áreas ligadas ao tema; 7. Ser membro de associação de classe ligada ao tema; 8. Ter experiência em promover capacitações sobre o tema. 	Possuir pelo menos três destes critérios
Alsalman (2012)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trabalhar na área do tema estudado por pelo menos 10 anos em projetos de mais de \$5 milhões; 2. Trabalhar na área do tema estudado por pelo menos cinco anos; 3. Ser professor nas áreas ligadas ao tema; 4. Ser autor ou coautor de duas ou mais publicações na área; 5. Ter sido membro comitês sobre o tema; 6. Ter feito apresentações em eventos sobre o tema. 	Possuir pelo menos três destes critérios
Hallowell; Gambatese (2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registro profissional; 2. Experiência profissional; 3. Apresentação em congresso; 4. Membro de uma comissão; 5. Presidente de uma comissão; 6. Artigo da revista revisada por pares; 7. Membro do corpo docente de universidade; 8. Escritor / editor de um livro; 9. Escritor de um livro capítulo; 10. Graus avançados: Graduação, Mestrado, Doutorado. 	Os autores propuseram pontuação para cada requisito. Os escolhidos foram os obtiveram o maior escore.
Moreira (2017)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser autor ou coautor de duas ou mais publicações na área; 2. Ter três ou mais apresentações em eventos na área; 3. Atuar profissionalmente na área por pelo menos 5 anos; 4. Ser professor nas áreas; 5. Autor de livros ou capítulos, ou editor de anais de congressos sobre o tema. 6. Possuir formação em graduação ou pós-graduação na área; 7. Ser Doutor; 8. Ter experiência em promover capacitações sobre os temas; 9. Ter participado ou acompanhado o desenvolvimento de modelos relacionados na área. 	Possuir pelo menos quatro dos critérios

Fonte: Adaptado de Moreira (2017); Autor (2020).

O contexto de avaliação de riscos envolvendo NM apresenta uma série de peculiaridades, assim como o questionário que foi encaminhado para a análise dos especialistas também envolve conhecimentos específicos, tais como: parâmetros físico-químicos, toxicologia e segurança do trabalho. Dessa forma, considera-se os critérios em função dos parâmetros encontrados na literatura e das especificidades do

contexto em que se apresenta esta tese. Os especialistas atenderam a critérios que envolvem publicações, apresentações em eventos, experiência profissional sobre os conhecimentos específicos envolvidos na tese e também foi considerado como critério a titulação do especialista.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DESENVOLVIMENTO INICIAL DA REDE BAYESIANA

4.1.1. Seleção de variáveis físico-químicas

Foram analisados 10 modelos de controle de bandas (CB) desenvolvidos nos últimos anos e uma RB. O **Quadro 8** apresenta as variáveis físico-químicas utilizadas para avaliação do perigo envolvendo nanomateriais (NM).

Quadro 8: Variáveis físico-químicas utilizadas nos modelos de CB para avaliação do perigo envolvendo NM.

Variáveis analisadas	Parâmetros físico-químicos											
	Solubilidade em água	Carga em superfície	Modificação superficial	Estabilidade em suspensão	Área superficial	Morfologia	Tamanho	Aglomerção	Densidade	Persistência	Reatividade	Estrutura cristalina
CB nanotool Zalk et al. (2009)												
CB Ostiguy et al. (2010)												
CB ISO (2014)												
CB sst/lab nano Andrade et al. (2013)												
CB Simeone et al. (2019)												
CB Stoffenmanager												
Duuren-Stuurman et al. (2012)												
CB Nanosafer Jensen et al. (2014)												
EC Guidance Commission(2014)												
Ivam guidance Cornelissen et al. (2011)												
RB Marvin et al. (2017)												
% nos métodos	81,8	9,1	18,2	9,1	9,1	63,6	27,3	9,1	9,1	9,1	18,2	0,0

Fonte: O autor (2020).

As variáveis selecionadas foram as que estão presentes em $\geq 50\%$ dos modelos analisados. Portanto, as selecionadas foram: formação de solubilidade em água e morfologia.

Para complementar a escolha foram analisadas as variáveis físico-químicas que a literatura especializada vem utilizando para auxiliar na interpretação dos resultados toxicológicos. Tais propriedades têm um grande efeito na interação com células específicas e toxicidade dos NM. Além das variáveis selecionadas no **Quadro 8** outras variáveis que contribuem para influenciar a toxicidade dos NM foram escolhidas para compor a versão inicial da rede bayesiana (RB), tais como: carga superficial (AKTER *et al.*, 2018; GATOO *et al.*, 2014), modificação superficial (GONÇALVES *et al.*, 2018; MELEGARI *et al.*, 2019; VICENTINI *et al.*, 2017), estabilidade em suspensão (NAVYA; DAIMA, 2016), área superficial (NOGUEIRA *et al.* 2019; GATOO *et al.* 2014; KÖERICH *et al.* 2020), tamanho (AKTER *et al.*, 2018; KHAN, 2020), aglomeração (GATOO *et al.*, 2014; NAVYA; DAIMA, 2016) e estrutura cristalina (Nogueira *et al.* 2020).

4.1.2. Seleção de variáveis toxicológicas

Para a seleção das variáveis toxicológicas foram usados os critérios definidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) para a definição do perigo à saúde humana e ao meio ambiente para materiais na escala “micrométrica”.

Foram selecionados os valores e critérios de estimativa de toxicidade aguda e crônica para categorias de “perigo”, “toxicidade aguda e crônica” conforme a rota de exposição (oral, dermal, gases, vapores, e poeira).

Para a corrosão/irritação dos olhos e da pele foram selecionadas as categorias de dano e para a sensibilidade da pele e respiratória foram utilizados os critérios para a definição das subcategorias 1A e 1B.

As variáveis com relação à mutagenicidade, carcinogenicidade e à toxicidade para a reprodução foram incorporadas em apenas uma variável. Tais efeitos em

variáveis separadas na rede bayesiana (RB) iriam classificar erroneamente no nodo Classificação GHS. Assim, quando um ou dois destes testes apresentarem-se sem efeitos e o outro apresentar evidência para humanos, os dois resultados negativos iriam amenizar os efeitos do teste positivo.

Foram selecionados os valores e critérios de estimativa de toxicidade aguda e crônica para categorias de risco de toxicidade aguda e crônica no ambiente aquático do GHS.

4.1.3. Seleção de variáveis de exposição

Foram analisadas as variáveis utilizadas que contribuem para definir a exposição em 10 modelos de controle de bandas (CB) no período de 2009 a 2019. As variáveis utilizadas nos modelos são apresentadas no **Quadro 9**.

Quadro 9: Variáveis referentes a exposição utilizadas nos modelos de CB para avaliação do perigo envolvendo NM.

Variáveis analisadas	Exposição							
	Duração	Frequência	Quantidade	Formação de aerosol	Formação de pulverulência	Número de trabalhadores	Tipo de trabalho	Proximidade com a tarefa
CB nanotool Zalk et al. (2009)								
CB Ostiguy et al. (2010)								
CB ISO (2014)								
CB sst/lab nano Andrade et al. (2013)								
CB Simeone et al. (2019)								
CB Stoffenmanager Duuren-Stuurman et al. (2012)								
CB Nanosafer Jensen et al. (2014)								
EC Guidance COMMISSION (2014)								
CB Eemc Van Hoornick et al. (2017)								
Ivam guidance Cornelissen et al. (2011)								
% nos métodos	60	50	80	50	50	20	70	20

Fonte: O autor (2020).

As variáveis selecionadas foram as que estão presentes em $\geq 50\%$ dos modelos analisados. Desse modo, as selecionadas foram: “formação de aerossol, formação de pulverulência, frequência, duração e quantidade utilizada”.

A variável “tipo de trabalho” não foi escolhida para integrar a rede bayesiana (RB) pois existe uma variedade grande de tipos de trabalho que podem ocorrer nos laboratórios de pesquisa, o que dificulta a escolha dos mais representativos numa mesma variável na rede.

4.1.4. Seleção de variáveis relacionadas as medidas de controle

Foram analisadas as variáveis de 10 modelos de controle de bandas (CB) que são utilizados para a definição da exposição do trabalhador, de acordo com as medidas de controle existentes ou as recomendações sugeridas conforme o nível do risco obtido na avaliação do risco. No **Quadro 10** são apresentadas as variáveis referentes aos equipamentos de proteção individual (EPI) e equipamentos de proteção coletiva (EPC) recomendados.

Quadro 10: Variáveis referentes a proteção utilizadas nos modelos de CB para avaliação do perigo envolvendo NM.

Variáveis analisadas	Medidas de controle EPC e EPI					
	Proteção para as mãos	Proteção para o corpo	Proteção para os pés	Proteção para os olhos	Proteção respiratória	EPC
CB nanotool Zalk et al. (2009)						
CB Ostiguy et al. (2010)						
CB ISO (2014)						
CB sst/lab nano Andrade et al. (2013)						
CB Simeone et al. (2019)						
CB Stoffenmanager Duuren-Stuurman et al. (2012)						
CB Nanosafer Jensen et al. (2014)						
EC Guidance COMMISSION (2014)						
ivam guidance Cornelissen et al. (2011)						
Sistemática de sst para laboratórios com nanotecnologia (S-SST/LabNano)						
% nos métodos	10	10	10	10	20	100

Fonte: O autor (2020).

Com base no quadro 10, todos os modelos 100% de CB analisados recomendam as medidas de proteção coletivas como meios para mitigar o risco ou considera-se tal medida como critério de avaliação do risco. Já as medidas de proteção individuais apresentam uma baixa porcentagem de recomendações ou são pouco utilizadas como parâmetros para a avaliação do risco.

As recomendações de guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho, guias de universidades e as recomendações nos modelos de CB sobre os EPI (para as mãos, corpo, olhos, pés, respiratória) e EPC são apresentadas no **Quadro 11**.

Quadro 11: Variáveis referentes a medidas de controle medidas dos EPI e EPC utilizadas recomendadas nos guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho e guias de universidades.

Variáveis analisadas	Medidas de controle EPC e EPI					
	Proteção para as mãos	Proteção para o corpo	Proteção para os pés	Proteção para os olhos	Proteção respiratória	EPC
University of South Australia (2013)						
Groso et al. (2016)						
Amoabediny et al. (2009)						
AIHA (2015)						
NIOSH (2016)						
DOE- NSRC (2008)						
Gottardo et al. (2017)						
University of Rhode Island (2012)						
University of Massachusetts-Lowell (2008)						
NIH (2015)						
uBAuA (2007)						
KNSG (2016)						
Ostiguy et al. (2015)						
UNIVERSITE CONCORDIA (2017)						
NIOSH (2012)						
ES&H Division Publishing (2008)						
Groso et al. (2010)						
Dolez (2015)						
BSI (2007)						
HSE (2013)						
NIOSH (2016)						
Van Hoornick et al. (2017)						
INAIL (2011)						
EU-OSHA (2013)						
UKNSG (2016)						
COMMISSION (2014)						
Hallock et al. (2009)						
EU Nanosafe (2008)						
NanoValid (2015)						
Debia; Ostiguy (2015)						
Savolainen; Pietroiusti (2017)						
% nos guias	100	100	67,6	97	100	100

Fonte: O autor (2020).

Em 100% dos documentos analisados recomenda-se as medidas de proteção coletivas e as medidas de proteção individuais para as mãos, corpo e via respiratória. As medidas de proteção para os olhos e a proteção para os pés foram recomendadas respectivamente em 97 e 67,6% dos documentos. Desta forma, as medidas individuais (para as mãos, corpo, olhos, pés, via respiratória) e também as medidas de proteção coletiva foram selecionadas para incorporar a versão inicial da rede.

As recomendações de guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho, guias de universidades e as recomendações nos modelos de CB sobre as medidas administrativas são apresentadas no **Quadro 12**.

Quadro 12: Variáveis referentes a medidas administrativas recomendadas em guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho, guias de universidades e nos modelos de CB.

Variáveis analisadas	Medidas administrativas					
	Programa de proteção respiratória	Boas práticas de trabalho	Capacitação sobre os riscos dos NM	Manutenção periódica nos EPC	Vigilância médica	Vigilância dos riscos ambientais ocupacionais
University of South Australia (2013)						
Amoabediny et al. (2009)						
AIHA (2015)						
DOE- NSRC (2008)						
University of Rhode Island (2012)						
NIH (2015)						
UKNSG (2016)						
Ostiguy et al. (2015)						
Universite Concordia (2017)						
NIOSH (2012)						
NIOSH (2016)						
INAIL (2011)						
UKNSG (2016)						
NIH (2015)						
NanoValid (2015)						
EU-OSHA (2009)						
Debia; Ostiguy (2015)						
Savolainen; Pietroiusti (2017)						
Sistemática de sst para laboratórios com nanotecnologia (S-SST/LabNano)						
% nos guias	60	90	85	55	60	5

Fonte: O autor (2020).

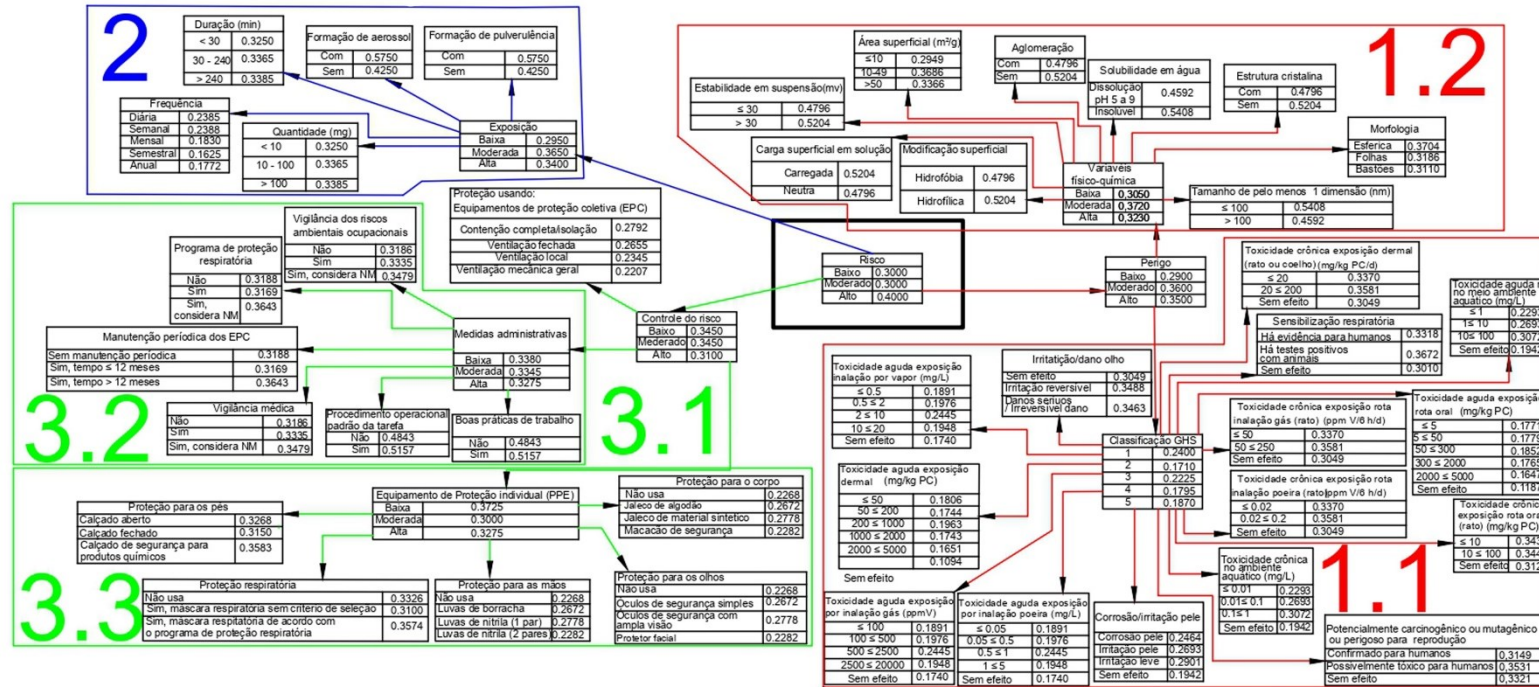
As variáveis referentes às medidas administrativas que foram recomendadas ($\geq 50\%$ dos documentos) foram escolhidas para compor a versão inicial da rede bayesiana (RB). As selecionadas foram: programa de proteção respiratória; boas práticas de trabalho; capacitação sobre os riscos dos NM; manutenção periódica dos EPC e vigilância médica.

O termo vigilância dos riscos ambientais ocupacionais não aparece com um termo específico na maioria dos documentos analisados, mas engloba em partes: antecipação e reconhecimentos dos riscos; estabelecimento de prioridades e metas de avaliação e controle; avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores; implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia; monitoramento da exposição aos riscos; registro e divulgação dos dados (BRASIL, 2019). Portanto, esta variável foi também considerada para compor a RB inicial.

4.1.5. Construção inicial da rede bayesiana

Após as seleções das variáveis físico-químicas, toxicológicas; variáveis referentes à exposição e às medidas de controle, foi construída a versão inicial da rede bayesiana (RB). Na **Figura 4** é apresentada a versão inicial da rede.

Figura 4. RB desenvolvida antes dos especialistas.



Fonte: O autor (2020).

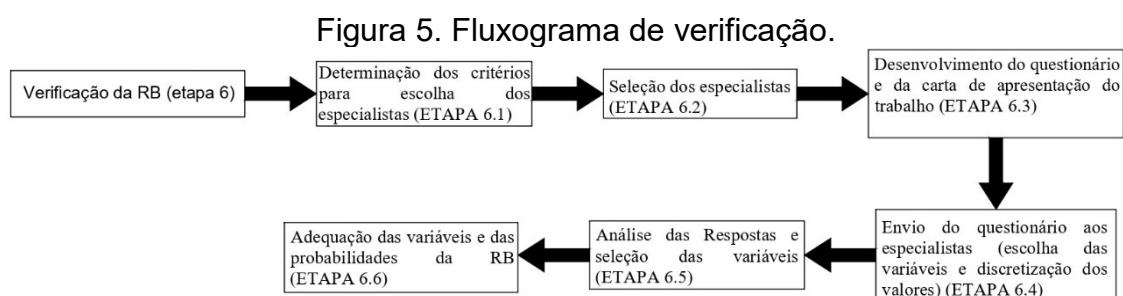
4.2. VERIFICAÇÃO DA REDE BAYESIANA

Após o desenvolvimento da versão inicial da rede bayesiana (RB), foi dada a sequência em sua verificação mediante a opinião de especialistas. Esta etapa foi subdividida em 6 partes:

- 1) Determinação dos critérios para escolha dos especialistas
- 2) Seleção dos especialistas
- 3) Desenvolvimento do questionário e da carta de apresentação do trabalho
- 4) Envio do questionário aos especialistas
- 5) Análise e ponderações das respostas e seleção de variáveis
- 6) Adequação do modelo com as variáveis e adequação das probabilidades

da RB

Na **Figura 5** é apresentado o fluxograma de realização das 6 subetapas da verificação da RB.



Fonte: O autor (2020).

4.2.1. Determinação dos critérios para escolhas dos especialistas

A escolhas dos especialistas envolveu critérios como: autoria, experiência profissional e titulação. Sendo que os especialistas deverão atender pelo menos a seis dos seguintes critérios definidos no **Quadro 13**.

Quadro 13: Critérios adotados para escolha de especialistas para escolha de especialistas encontrados na literatura

Número	Critério	Descrição
1	Autoria	Ser autor ou coautor de duas ou mais publicações em envolvendo nanomateriais (NM).
2	Autoria	Ser autor ou coautor de duas ou mais publicações em envolvendo toxicologia.
3	Autoria	Ser autor ou coautor de duas ou mais publicações em envolvendo segurança do trabalho.
4	Autoria	Ter feito três ou mais apresentações em eventos sobre NM.
5	Autoria	Ter feito três ou mais apresentações em eventos sobre toxicologia.
6	Autoria	Ter feito três ou mais apresentações em eventos sobre segurança do trabalho.
7	Experiência profissional	Atuar profissionalmente na área por pelo menos 5 anos.
8	Experiência profissional	Ser professor ou pesquisador nas áreas ligadas ao tema.
9	Titulação	Ser Doutor.

Fonte: O autor (2020).

Na literatura não há uma orientação absoluta sobre qual deve ser número de especialistas convidados a participar de uma pesquisa científica. Pelo menos seis especialistas devem ser incluídos; caso contrário, pode haver perguntas sobre a robustez dos resultados (KNOL *et al.*, 2010 apud COOKE; Probst, 2006). Segundo os mesmos autores, não é benéfico ter mais do que 12 especialistas na participação de pesquisas.

4.2.2. Seleção dos especialistas

Após a definição dos critérios para a escolha dos especialistas foi realizada uma busca de currículos no sistema da “Plataforma Lattes” do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Foram selecionados ao todo 11 especialistas com diversas formações (biólogos, químicos, engenheiros, médicos, dentre outras formações). Os critérios atendidos por cada um dos especialistas se encontram no **Quadro 14**.

Quadro 14: Critérios atendidos pelos especialistas.

Especialista	Nº dos Critérios atendidos
1	1,2,3,4,5,6,7,8,9
2	1,3,4,6,7,8,9
3	1,2,3,4,5,6,7,8
4	1,2,4,5,8,9
5	1,3,4,6,7,8
6	1,2,3,4,5,6,7,8,9
7	1,2,4,5,8,9
8	1,2,4,5,7,8,9
9	1,2,4,5,7,8,9
10	1,2,4,5,7,8,9
11	1,2,4,5,7,8,9

Fonte: O autor (2020).

4.2.3. Desenvolvimento e envio dos questionários e da carta de apresentação do trabalho.

Foram elaborados questionários com perguntas referentes às variáveis selecionadas e às discretizações dos valores para cada nodo da rede bayesiana (RB) inicialmente desenvolvida.

Para a construção e a disponibilização dos questionários aos especialistas foi utilizada a plataforma “Google Forms”.

Para facilitar a categorização das respostas dos especialistas foram criados 3 questionários nas seguintes categorias: “toxicologia”, “caracterização de materiais: propriedades físico-químicas” e “segurança do trabalho”. Os links dos questionários foram encaminhados pelo e-mail informado no currículo “Lattes”, juntamente com uma carta de apresentação do trabalho a ser executado.

Nos apêndices **A1** e **A2** encontram-se os questionários aplicados na 1ª parte e a carta de apresentação do trabalho, respectivamente.

Aos especialistas foi dado um prazo de 21 dias para o preenchimento, entretanto, devido ao baixo retorno no prazo estabelecido, foi encaminhado novamente um e-mail reforçando a importância do preenchimento do questionário e pedindo a colaboração de todos.

Após o preenchimento dos questionários, foi realizada a análise das ponderações dos especialistas utilizando como critério de seleção de variáveis as que

obtiveram $\geq 50\%$ de aceitação. Após a análise das ponderações, as variáveis inicialmente escolhidas foram ajustadas na RB.

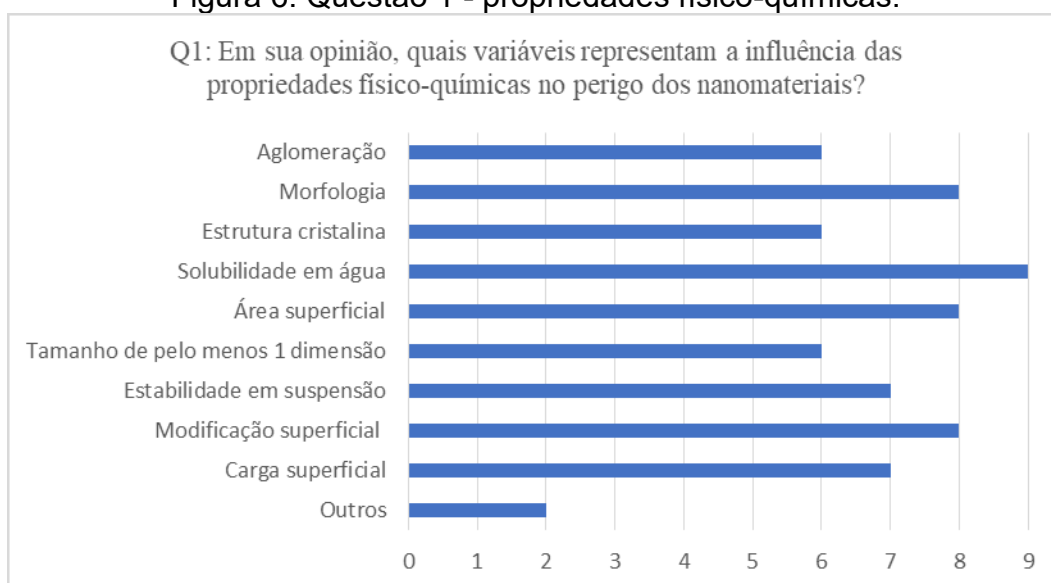
4.2.4. Análise das ponderações dos especialistas

4.2.4.1. Questionário da categoria “Caracterização de materiais: propriedades físico-químicas”.

O questionário “Caracterização de materiais: propriedades físico-químicas” teve a participação de **9 especialistas**.

Na **Figura 6** é mostrada a questão 1: Em sua opinião, quais variáveis representam a influência das propriedades físico-químicas no perigo dos nanomateriais (NM)?

Figura 6. Questão 1 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outros” obteve-se 2 respostas na questão 1:

- Resposta 1: “em tese todos os fatores têm o potencial de alterarem a toxicidade (e portanto, o perigo) dos nanomateriais. Forma e área superficial parecem ser os preponderantes na literatura”.

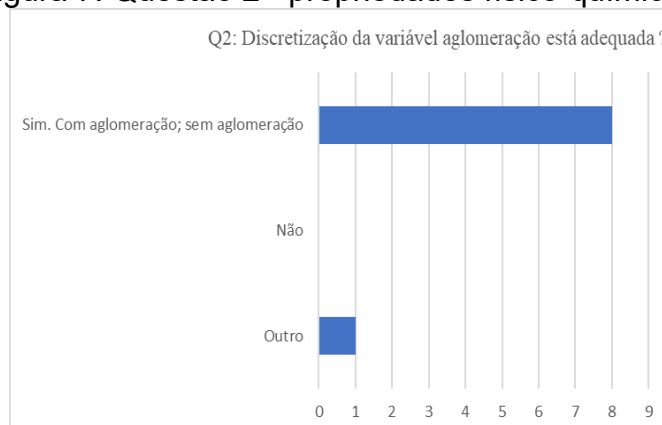
Todas as variáveis selecionadas podem influenciar na toxicidade dos NM (AKTER *et al.*, 2018; DURÁN *et al.*, 2018; GATOO *et al.*, 2014; ISWARYA *et al.*, 2018; KHAN, 2020; SHIN; SONG; UM, 2015; SILVA *et al.*, 2014; SUKHANOVA *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2019).

- Resposta 2: “porosidade; condutividade.”

Estas duas propriedades não são utilizadas para avaliar os efeitos toxicológicos envolvendo NM (AKTER *et al.*, 2018; GATOO *et al.*, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2018; KÖERICH *et al.*, 2020; MELEGARI *et al.*, 2019; NAVYA; DAIMA, 2016; NOGUEIRA *et al.*, 2020; VICENTINI *et al.*, 2017).

Na **Figura 7** é mostrada a questão 2: discretização da variável aglomeração está adequada?

Figura 7. Questão 2 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” obteve-se 1 resposta na questão 2:

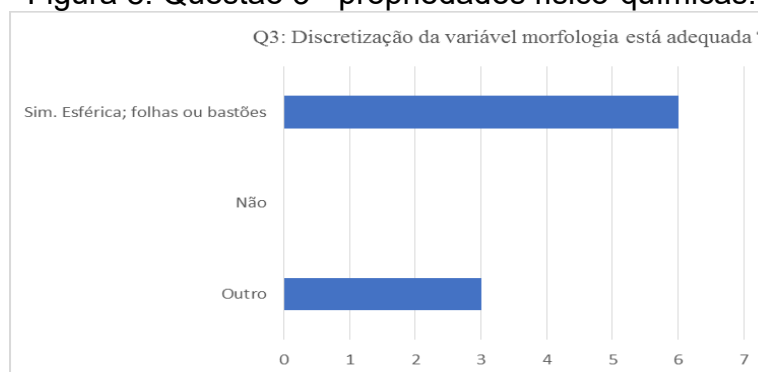
- Resposta: “poderia ser considerado um grau de aglomeração com relação ao tamanho da NP, por exemplo, aglomerado até 10 vezes o tamanho da NP, de 11 a 100 vezes, etc.”

Foi optado para facilitar a alimentação na rede, com ou sem aglomeração, já que as nanopartículas (NP) aglomeradas se comportam de maneira diferente das

partículas dispersas individuais e, dessa forma, alteram as propriedades superficiais, afetando assim a toxicidade (SAJID *et al.*, 2015).

Na **Figura 8** é mostrada a questão 3: “A discretização da variável morfologia está adequada?”

Figura 8. Questão 3 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

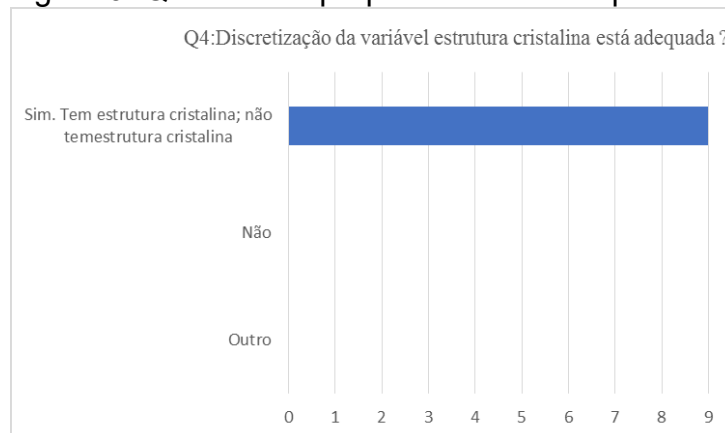
Na opção “outro” obteve-se 3 respostas na questão 3:

- Resposta 1: “além dos citados, considerar disforme/irregular”;
- Resposta 2: fios, agulhas, tubos”;
- Resposta 3: “melhor talvez seja 3, 2 ou 1 dimensão nano. Nem todas com 3 dimensões nano são esféricas”.

Foi atendida uma sugestão de um especialista, visto que a melhor maneira de englobar todas as morfologias possíveis seria alterar o critério para dimensões e assim englobar todas as morfologias em termos de dimensões, conforme a ISO (ISO/TS 80004-2, 2015).

Na **Figura 9** é mostrada a questão 4: “A discretização da variável estrutura cristalina está adequada?”

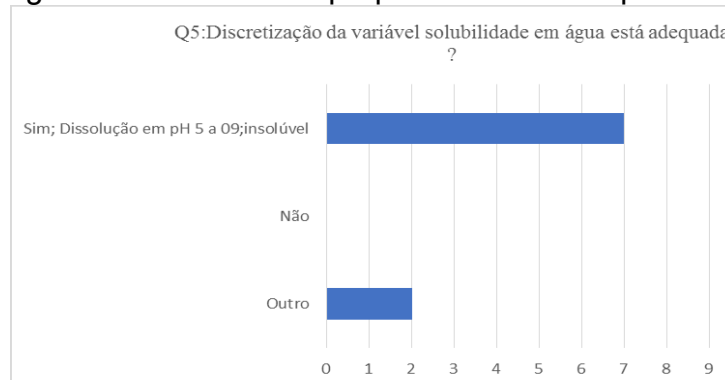
Figura 9. Questão 4 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 10** é mostrada a questão 5: “A discretização da variável solubilidade em água está adequada?”

Figura 10. Questão 5 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

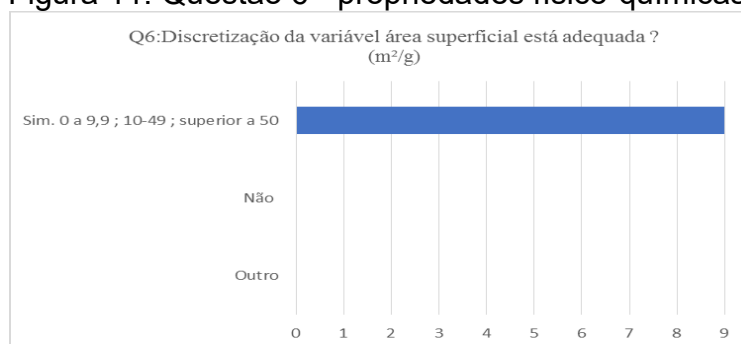
Na opção “outro” obteve-se 2 respostas na questão 5:

- Resposta 1: “não sei avaliar a faixa”.
- Resposta 2: “porque somente no intervalo de 5-9?”

Foi acatada a sugestão do especialista em não restringir somente em uma faixa de pH, já que alguns autores não consideram como potencialmente perigosos os NM solúveis (ANDRADE, 2013; BERTI *et al.*, 2015; ISO/TS 12901-2, 2014; OSTIGUY *et al.*, 2010, 2015; SAJID *et al.*, 2015).

Na **Figura 11** é mostrada a questão 6: “A discretização da variável área superficial está adequada?”

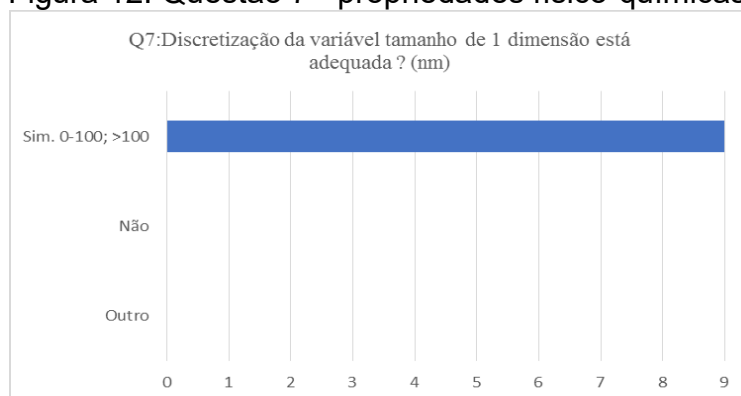
Figura 11. Questão 6 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 12** é mostrada a questão 7: “A discretização da variável tamanho de 1 dimensão está adequada?”

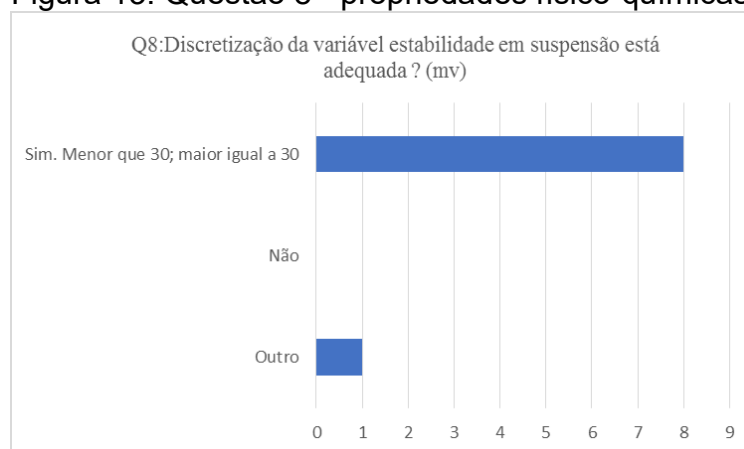
Figura 12. Questão 7 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 13** é mostrada a questão 8: “A discretização da variável estabilidade em suspensão está adequada?”

Figura 13. Questão 8 - propriedades físico-químicas.



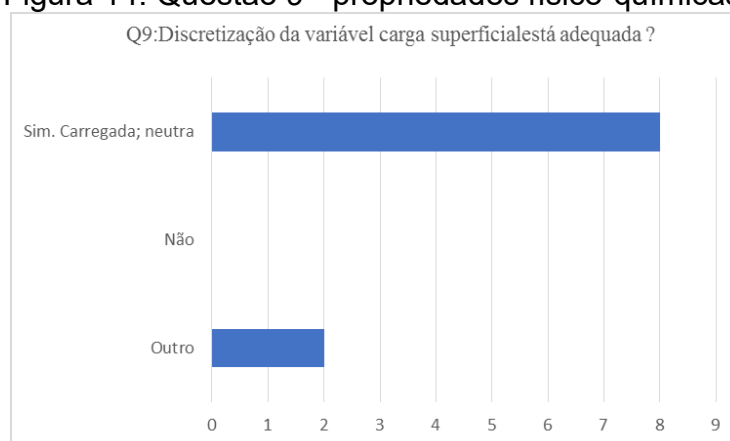
Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” obteve-se 1 resposta na questão 8:

- Resposta 1: “não sei avaliar”

Na **Figura 14** é mostrada a questão 9: “A discretização da variável carga superficial está adequada?”

Figura 14. Questão 9 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” obteve-se 1 resposta na questão 9:

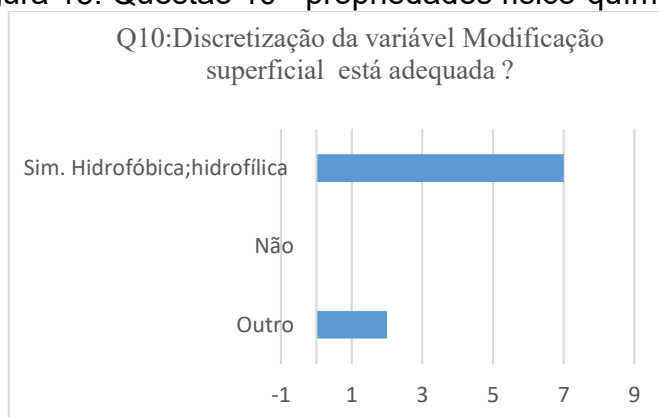
- Resposta 1: “minha sugestão é: positiva, neutra, negativa”.

Foi acatada a sugestão do especialista em colocar como positiva, neutra ou negativa, uma vez que há influência nas NP carregadas positivamente. As mesmas apresentam uma toxicidade maior que as cargas negativamente e as neutras. Desta

forma, não distinguir a polaridade química estaria incorreto (SUKHANOVA *et al.*, 2018).

Na **Figura 15** é mostrada a questão 10: “A discretização da variável modificação superficial está adequada?”

Figura 15. Questão 10 - propriedades físico-químicas.



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” obteve-se 2 respostas na questão 10:

- Resposta 1: “não ficou claro, não entendi.... Com grupamentos hidrofóbicos e hidrofílicos?”
- Resposta 2: “a modificação superficial pode ser de várias naturezas. Não sei se é suficiente classificar apenas entre hidrofóbica ou hidrofílica”.

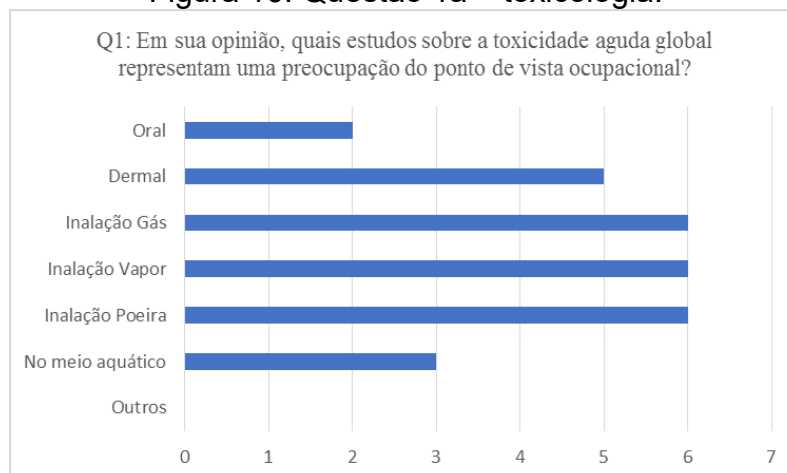
Foi optado em retirar a classificação de hidrofóbica ou hidrofílica, desta forma deixando apenas com a opção com ou sem modificação superficial.

4.2.4.2. Questionário da categoria “Toxicologia”.

O questionário caracterização da categoria “Toxicologia” teve a participação de **7 especialistas**.

Na **Figura 16** é mostrada a questão 1a: “Em sua opinião, quais estudos sobre a toxicidade aguda global representam uma preocupação do ponto de vista ocupacional?”

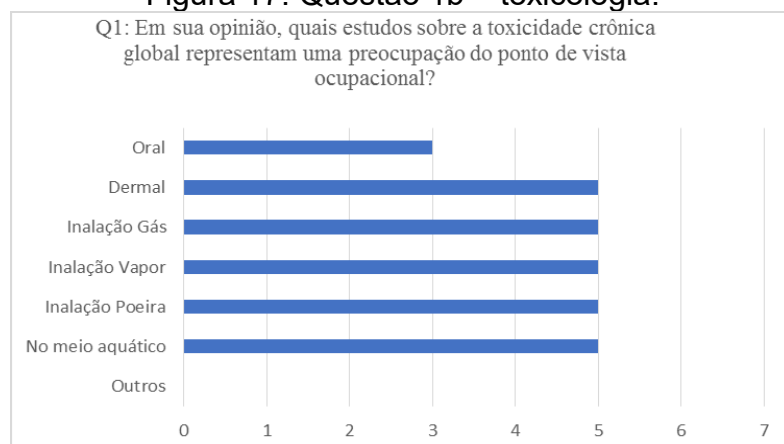
Figura 16. Questão 1a – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 17** é mostrada a questão 1b: “Em sua opinião, quais estudos sobre a toxicidade crônica global representam uma preocupação do ponto de vista ocupacional?”

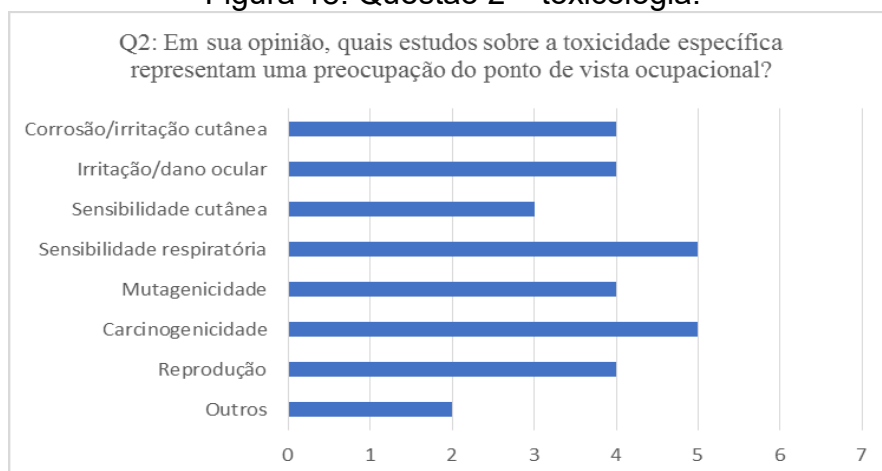
Figura 17. Questão 1b – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 18** é mostrada a questão 2: “Em sua opinião, quais estudos sobre a toxicidade específica representam uma preocupação do ponto de vista ocupacional?”.

Figura 18. Questão 2 – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foram obtidas 2 respostas na questão 2:

- Resposta 1: “toxicidade sobre algum órgão específico”.

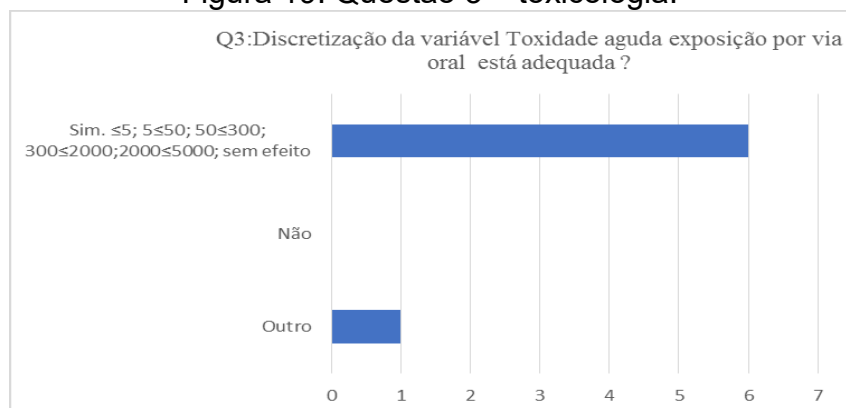
Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana segundo o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS).

- Resposta 2: “todos”.

A escolha por todas as opções na opção “outros” não foi correta, pois o especialista poderia ter selecionados todos os estudos individualmente.

Na **Figura 19** é mostrada a questão 3: “A discretização da variável toxicidade aguda exposição por via oral está adequada?”

Figura 19. Questão 3 – toxicologia.



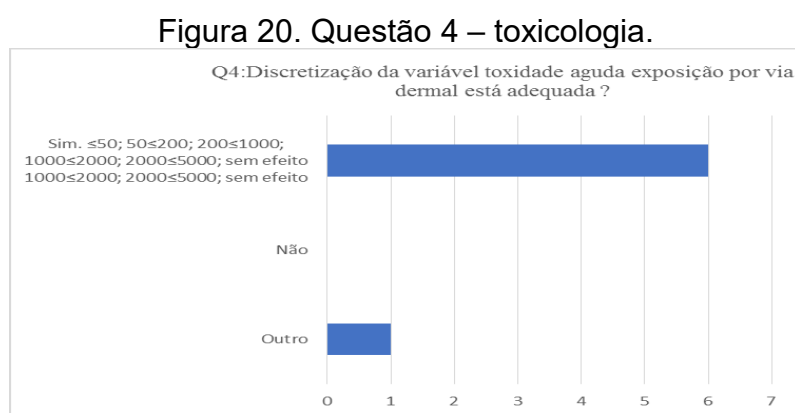
Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 3:

- Resposta: “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial”.

Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS.

Na **Figura 20** é mostrada a questão 4: “A discretização da variável toxicidade aguda exposição via dermal está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

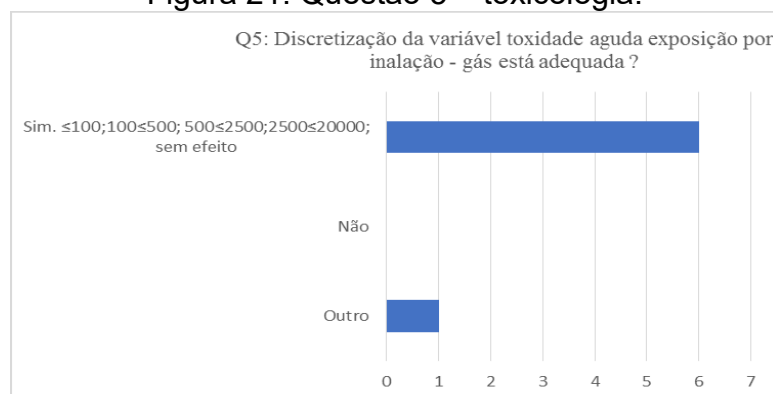
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 4:

- Resposta: “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial”.

Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS.

Na **Figura 21** é mostrada a questão 5: “A discretização da variável toxicidade aguda exposição por inalação – gás está adequada?”

Figura 21. Questão 5 – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 5:

- Resposta: “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial”.

Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS.

Na **Figura 22** é mostrada a questão 6: “A discretização da variável toxicidade aguda exposição por inalação – poeira está adequada?”

Figura 22. Questão 6 – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

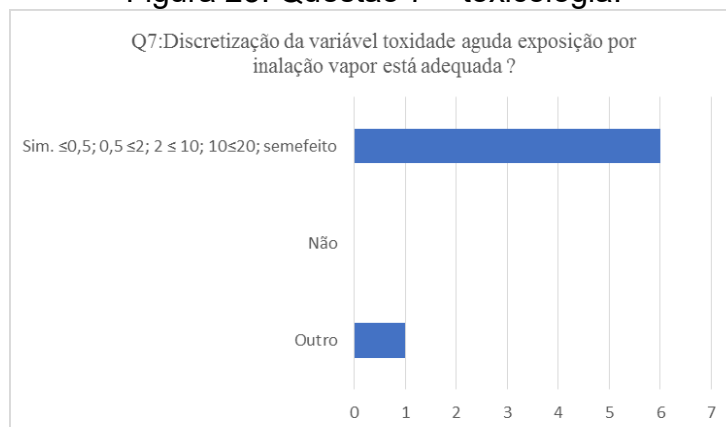
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 6:

- Resposta “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial e ao meio ambiente.

Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana segundo o GHS.

Na **Figura 23** é mostrada a questão 7: “A discretização da variável toxicidade aguda exposição por inalação – vapor está adequada?”

Figura 23. Questão 7 – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

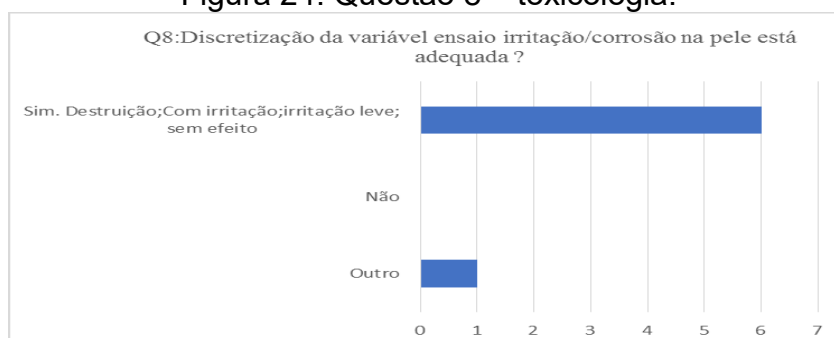
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 7:

- Resposta “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial”.

Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS.

Na **Figura 24** é mostrada a questão 8: “A discretização da variável toxicidade aguda exposição ensaio irritação/corrosão na pele está adequada?”

Figura 24. Questão 8 – toxicologia.



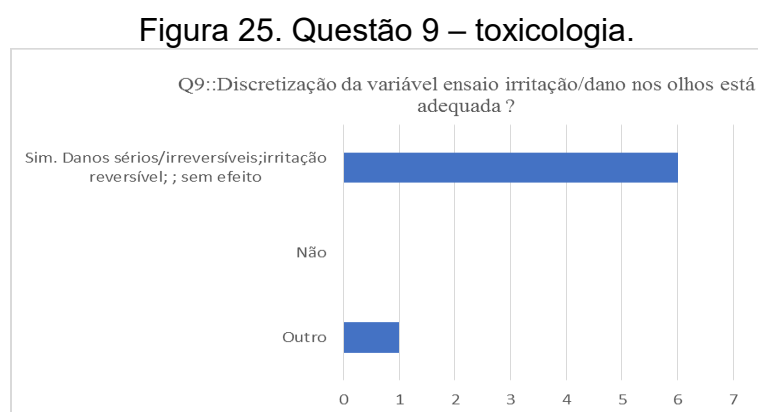
Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 8:

- Resposta “testes sem uso de animais”.

Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS.

Na **Figura 25** é mostrada a questão 9: “A discretização da variável toxicidade aguda exposição ensaio irritação/dano nos olhos está adequada?”



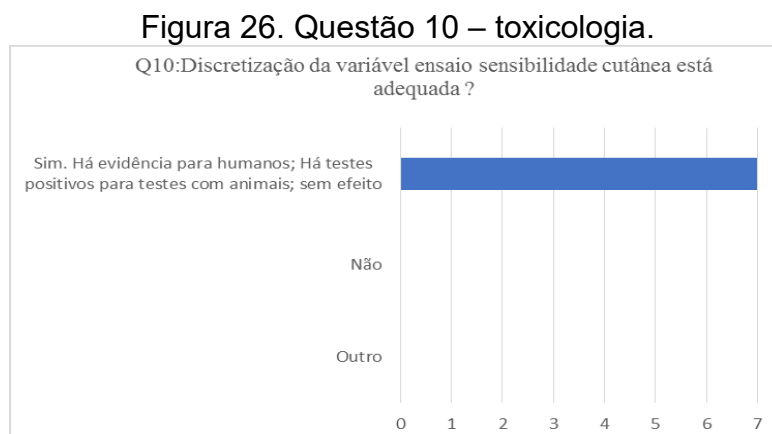
Fonte: O autor (2020).

Na opção ‘outro’ foi obtida 1 resposta na questão 9:

- Resposta “testes sem uso de animais”.

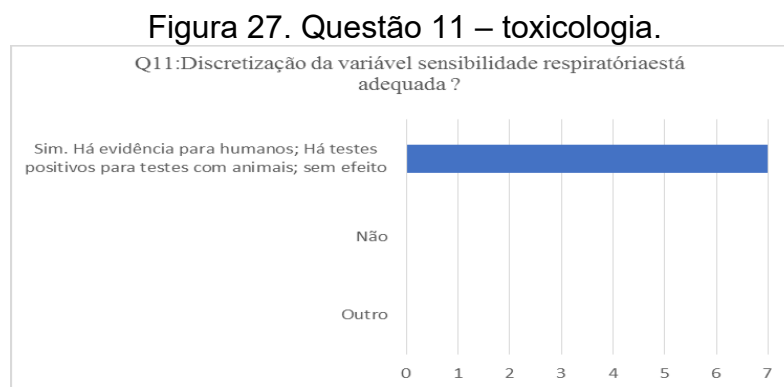
Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS.

Na **Figura 26** é mostrada a questão 10: “A discretização da variável toxicidade aguda sensibilidade cutânea está adequada?”



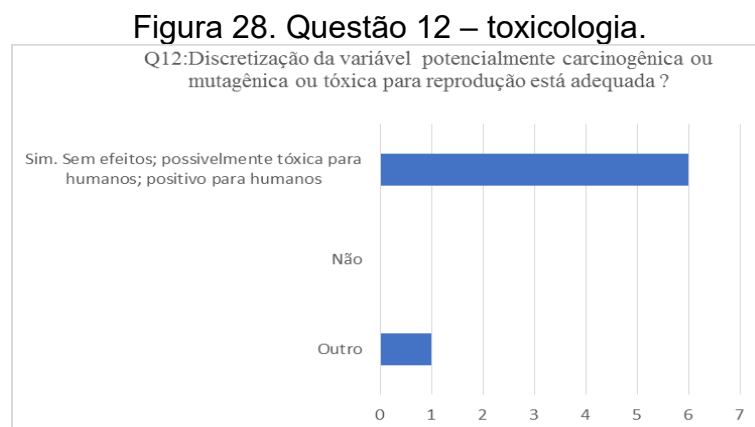
Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 27** é mostrada a questão 11: “A discretização da variável toxicidade aguda sensibilidade respiratória está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 28** é mostrada a questão 12: “A discretização da variável potencialmente carcinogênica ou mutagênica ou tóxica para reprodução está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

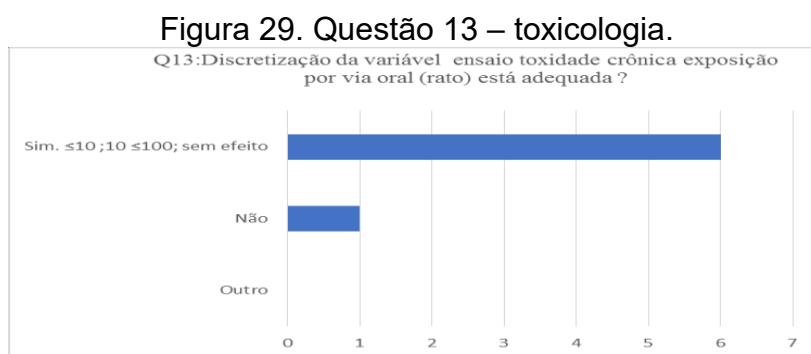
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 12:

- Resposta: “Sugiro separar estas 3 categorias. É diferente considerar uma substância como reconhecidamente carcinogenicidade ou que provoca efeitos adversos à reprodução”.

Os efeitos carcinogênicos, mutagênico e tóxico para reprodução ficaram juntos em uma mesma variável pois, na inserção na rede bayesiana (RB) o resultado

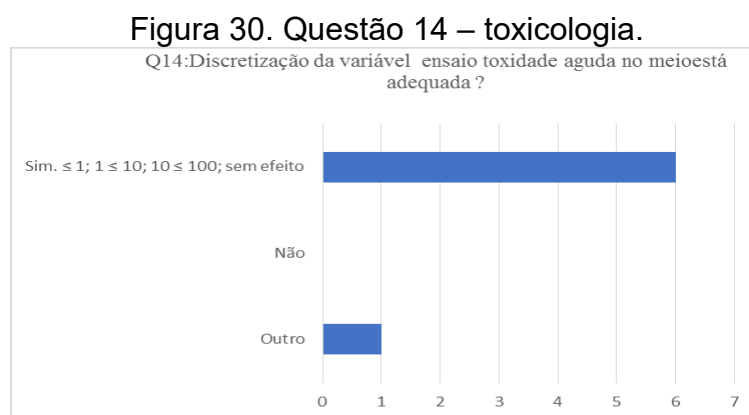
no nodo classificação GHS poderia ficar incorreto. Por exemplo, um nanomaterial (NM) carcinogênico confirmado para humanos mas sem efeitos de mutagenicidade e não tóxico para reprodução seria enquadrado com uma classificação com menor severidade do que realmente representa.

Na **Figura 29** é mostrada a questão 13: “A discretização da variável ensaio toxicidade crônica exposição por via oral (rato) está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 30** é mostrada a questão 14: “A discretização da variável ensaio toxicidade aguda no meio está adequada?”



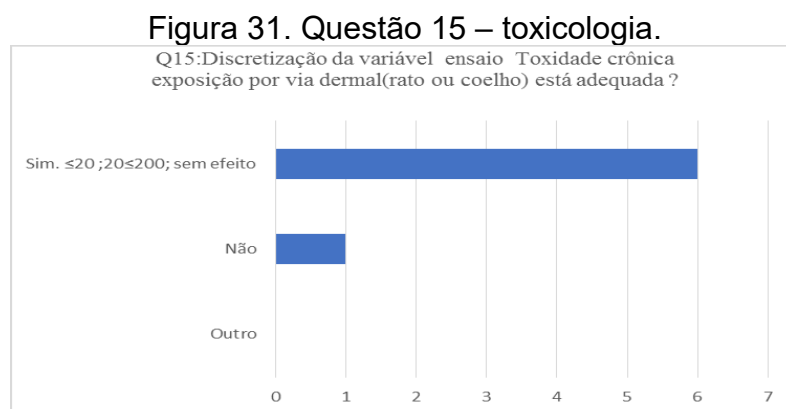
Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 14:

- Resposta: “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial”.

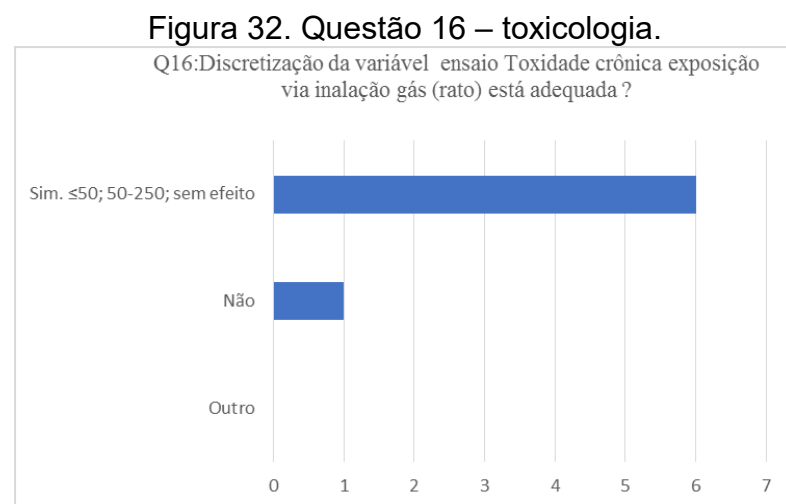
Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS.

Na **Figura 31** é mostrada a questão 15: “A discretização da variável toxicidade crônica exposição por via dermal (rato ou coelho) está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

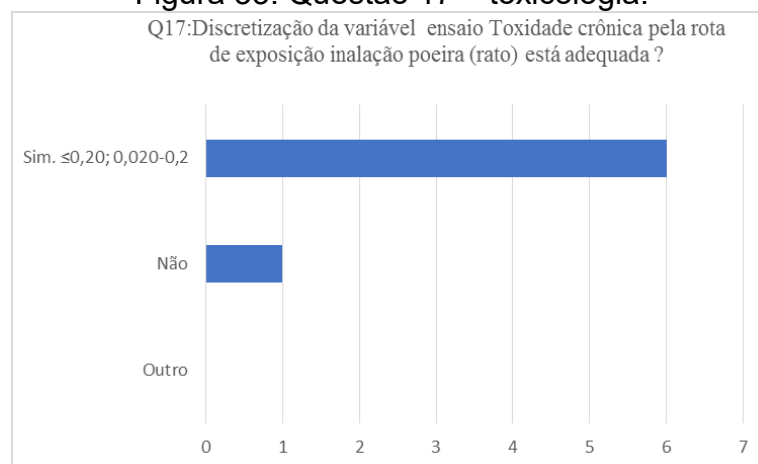
Na **Figura 32** é mostrada a questão 16: “A discretização da variável toxicidade crônica exposição via inalação gás (rato) está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 33** é mostrada a questão 17: “A discretização da variável ensaio Toxicidade crônica pela rota de exposição inalação poeira (rato) está adequada?”

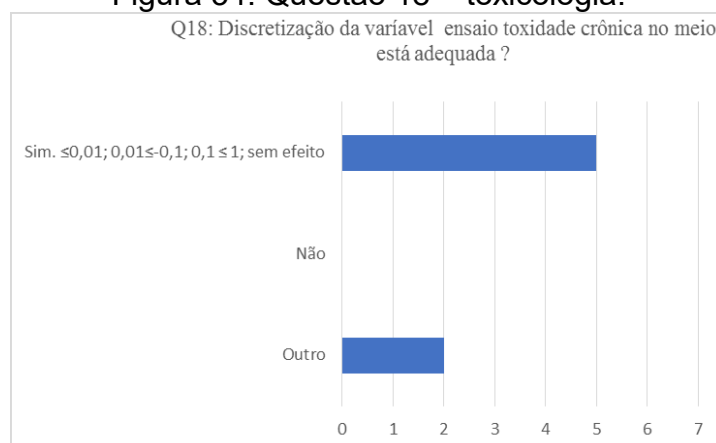
Figura 33. Questão 17 – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 34** é mostrada a questão 18: “A discretização da variável ensaio toxicidade crônica no meio está adequada?”

Figura 34. Questão 18 – toxicologia.



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foram obtidas 2 respostas na questão 18:

- Resposta 1: “deve ser considerado Concentração de Efeito Não Observado (CENO) e Concentração de Efeito Observado (CEO). Para todos os demais ensaios, acredito que a indicação de valores definidos na discretização pode ser arriscada uma vez que os NM apresentam toxicidades diferentes para cada organismo. Contudo, o intervalo de doses/concentrações foi amplificado para alguns, entanto para outros

não... Sugiro uniformizar esse intervalo para todos os ensaios. Senti falta de um espaço para comentários no formulário”.

Foram utilizados os critérios de perigos para a classe à saúde humana e ao meio ambiente segundo o GHS. Os espaços para comentários estavam na opção “outro” em todas as perguntas do formulário.

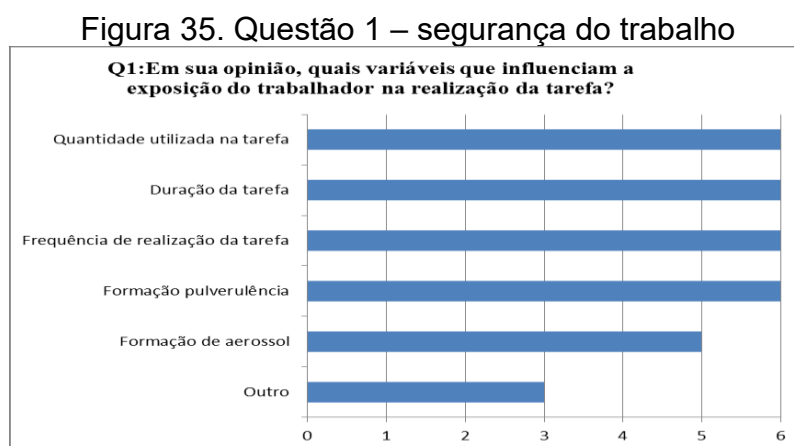
- Resposta 2: “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial”.

A influência da área superficial é verificada no nodo área superficial dentro das variáveis físico-químicas.

4.2.4.3. Questionário da categoria “Segurança do Trabalho”.

O questionário caracterização da categoria “Segurança do Trabalho” teve a participação de **6 especialistas**.

Na **Figura 35** é mostrada a questão 1: “Em sua opinião, quais variáveis influenciam a exposição do trabalhador na realização da tarefa?”



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foram obtidas 3 respostas na questão 1:

- Resposta 1: “composição”.

A composição é um fator importante, mas como existe um número elevado de composições para os nanomateriais (NM) torna-se inviável a inclusão de um nodo específico para composição dos NM.

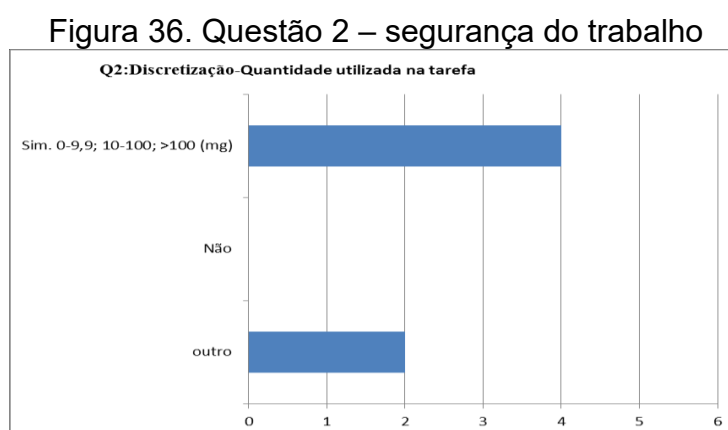
- Resposta 2: “a possibilidade de exposição será influenciada pela composição destes fatores e também pelo tipo de atividade realizada. Entretanto seria possível associar o parâmetro pulverulência com a atividade de cominuição, por exemplo. Obviamente a existência de controles será provavelmente o principal fator para definição da exposição”.

Incluir um nodo com atividade a ser executada é inviável pois, existem inúmeras atividades que podem ser executadas em um laboratório.

- Resposta 3: “execução da atividade, Ausência de equipamentos de proteção coletiva”.

Para equipamentos de proteção coletiva existe o nodo com a proteção por uso de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) no qual o usuário poderá colocar qual equipamento é utilizado e na ausência da referida proteção deve-se apenas não alimentar com uma resposta.

Na **Figura 36** é mostrada a questão 2: “A discretização da variável quantidade utilizada na tarefa está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

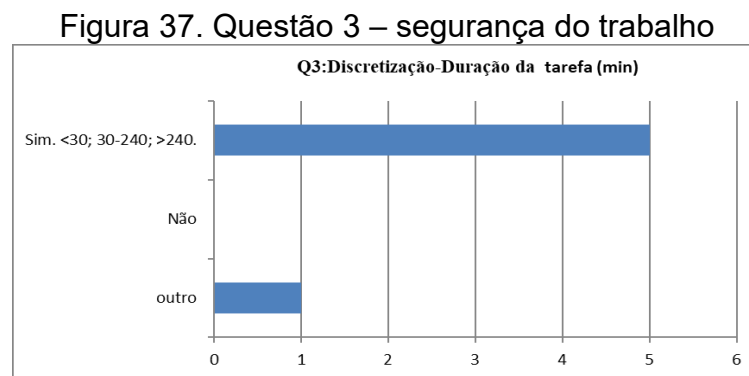
Na opção “outro” foram obtidas 2 respostas na questão 2:

- Resposta 1: “esta unidade mg, pode ser útil para estudos de trabalho de laboratório, mas é muito pequena para avaliar situações em empresas que manipulem ou produzam nanomateriais”.

Para uma quantidade maior, o usuário irá escolher a opção >100 mg. Desta forma, será enquadrado com uma ponderação maior, referente à quantidade que irá influenciar na exposição da tarefa.

- Resposta 2: “há que avaliar, para cada caso, efeitos com maior dependência da área superficial”.

Na **Figura 37** é mostrada a questão 3: discretização da variável duração da tarefa está adequada?



Fonte: O autor (2020).

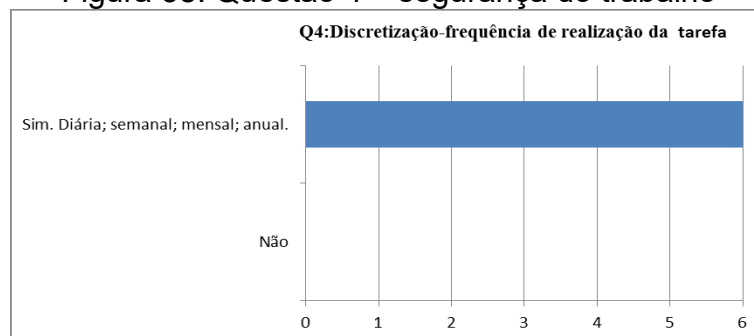
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 3:

- Resposta: “Vale a resposta SIM. É quase óbvio que trata-se de duração diária, mas eventualmente seria interessante explicitar.”

Foi acatada a sugestão do especialista alterar a nomenclatura do nodo para duração diária.

Na **Figura 38** é mostrada a questão 4: “A discretização da variável duração da frequência está adequada?”

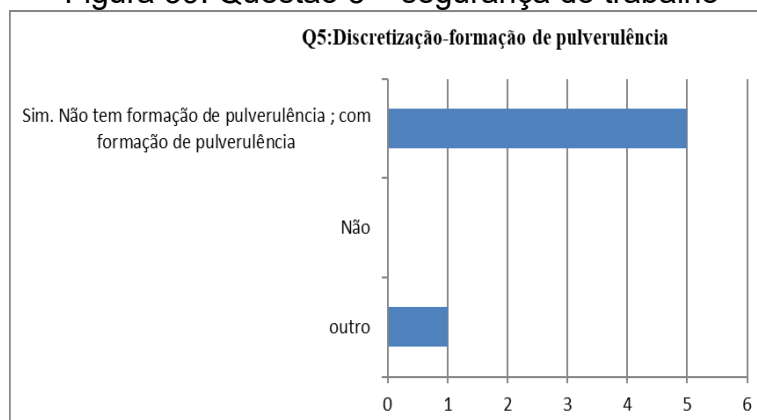
Figura 38. Questão 4 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 39** é mostrada a questão 5: “A discretização da variável formação de pulverulência está adequada?”

Figura 39. Questão 5 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

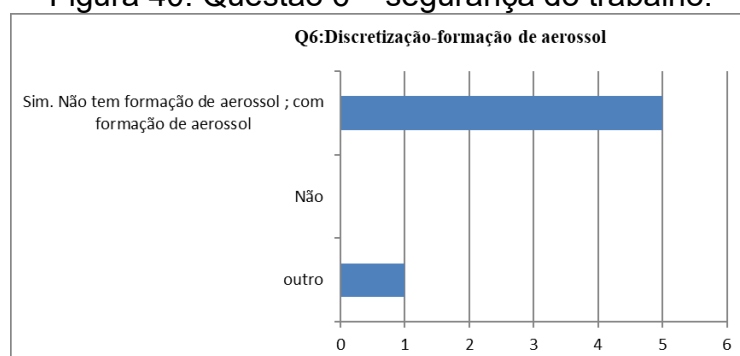
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 5:

- Resposta: “vale a resposta SIM. Detalhe: pulverulência refere-se a formação de pó. O pó será formado, não a pulverulência. Acredito ser possível utilizar apenas a aerossolização como parâmetro (vide observação para o item "formação de aerossol".Pulverulência: o estado do que é pulverulendo, que é a capacidade de se reduzir a pó ou que se apresenta no estado de pó.”

Os dois termos pulverulência e a aerossol são utilizados, por exemplo no controle de bandas (CB) da ISO (ISO,2014). Assim, foi optado pela permanência dos dois termos.

Na **Figura 40** é mostrada a questão 6: “A discretização da variável formação de aerossol está adequada?”

Figura 40. Questão 6 – segurança do trabalho.



Fonte: O autor (2020).

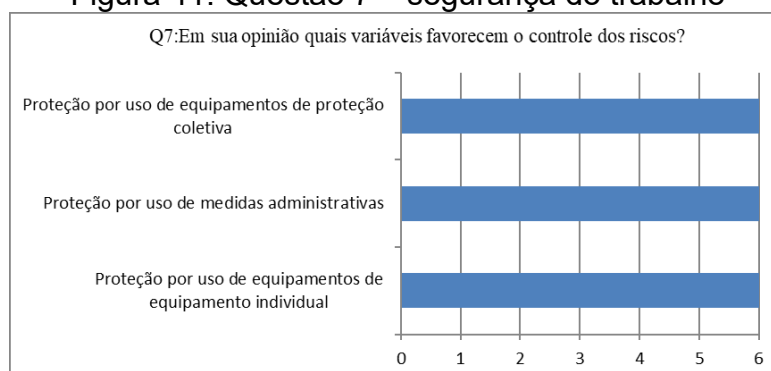
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 6:

- Resposta: “vale a resposta SIM. Detalhe: Aerossolização (formação de aerossol) poderia englobar a pulverulência, já que a definição de aerossol seria: "Suspensão de partículas finíssimas sólidas ou, a maior parte das vezes, líquidas num gás" (Dicionário PRIBERAN da Língua Portuguesa) ”.

Os dois termos pulverulência e a aerossol são utilizados, por exemplo no CB da ISO (ISO,2014), desta forma foi optado pela permanência dos dois termos.

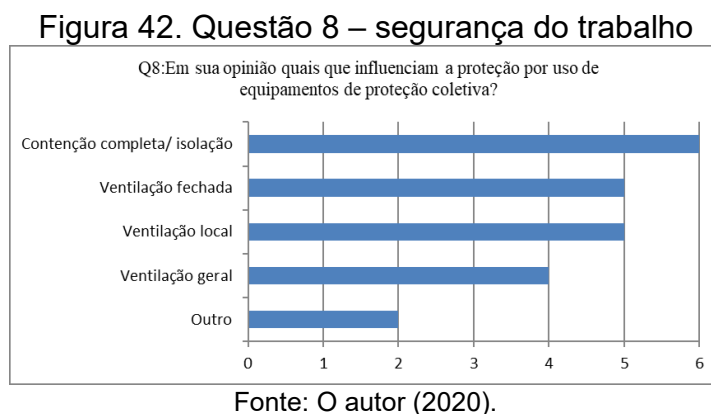
Na **Figura 41** é mostrada a questão 7: “Em sua opinião, quais variáveis favorecem o controle dos riscos?”

Figura 41. Questão 7 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 42** é mostrada a questão 8: “Em sua opinião, quais variáveis influenciam a proteção por uso de equipamentos de proteção coletiva?”



Na opção “outro” foram obtidas 2 respostas na questão 8:

- Resposta 1: “embora entenda que todos estes fatores tenham influência sobre o nível de proteção oferecido, há diferença significativa entre elas, ou seja, isolamento é muitíssimo mais eficaz para garantir a proteção do que ventilação geral. Imagino que esta diferenciação apareça na quantificação das probabilidades, correto?”

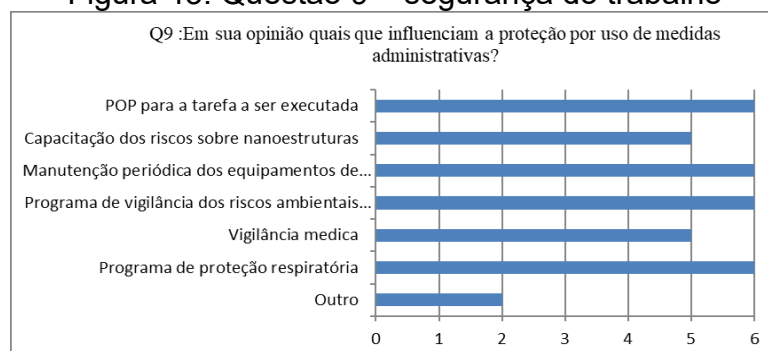
As ponderações da proteção por utilização de EPC estão na “**Tabela apêndice 38 – Apêndice A1**”.

- Resposta 2: “a influência de cada uma dependerá da toxicidade do material”.

A influência é afetada pela toxicidade dos nanomateriais (NM) como também pela questão da manutenção periódica.

Na **Figura 43** é mostrada a questão 9: “Em sua opinião, quais variáveis influenciam a proteção por uso de medidas administrativas?”

Figura 43. Questão 9 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

Na opção outro obtiveram 2 respostas na questão 9:

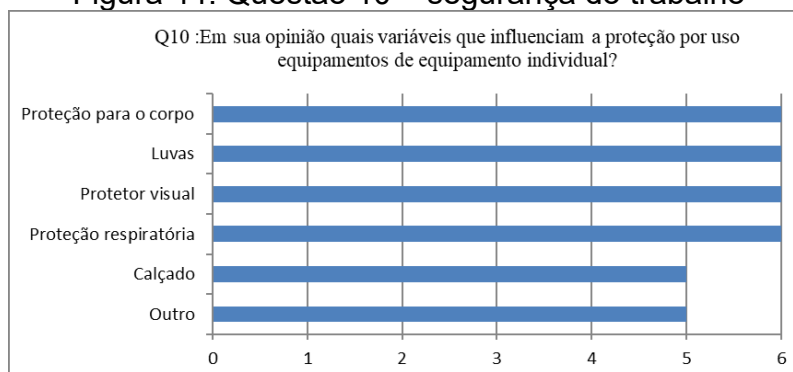
- Resposta 1: “A capacitação poderia ser incluída na justificativa e treinamento para a adoção do procedimento operacional padrão (POP). A vigilância médica é essencial, mas poderia ser considerada como "reparação" e não como proteção primária posto que ao ser detectada alguma alteração na saúde ou indicador dela a contaminação já teria de ter acontecido, neste caso, identificaríamos uma falha na proteção”.

Resposta 2: “Capacitação se refere ao conhecimento dos trabalhadores em relação ao risco? Se sim, este item também é importante”.

A capacitação dos trabalhadores se refere ao conhecimento dos trabalhadores em relação ao risco de trabalhar com os NM.

Na **Figura 44** é mostrada a questão 10: “Em sua opinião quais variáveis influenciam a proteção por uso equipamentos de equipamento individual?”

Figura 44. Questão 10 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

Na opção “outro” foram obtidas 5 respostas na questão10:

- Resposta 1: “a depender da atividade exercida”.

A escolha dos equipamentos de proteção individual (EPI) depende da atividade a ser executada. Na RB tentou-se incluir uma variedade de tipos de EPI para tentar atender a maior variedade possível de atividades a serem executadas em um laboratório.

- Resposta 2: “proteção pra a cabeça (como touca, capuz no caso de nanomateriais) ”.

Optou-se por não incluir esse item de proteção, já que foi incluído no item “proteção para o corpo”, a proteção pela utilização do macacão de segurança.

- Resposta 3: “todos os EPI’s promovem proteção, resta definir se a tarefa exige aquele tipo específico de proteção. Indiquei aqueles itens que considero serem mais comuns em relação à manipulação de nanomateriais, entretanto poderá ser possível a utilização dos EPI’s não selecionados. Ainda: proteção respiratório pode ter níveis diferentes: máscara com filtro ou máscara fechada com suprimento autônomo de ar, por exemplo”.

A escolha dos EPI depende da atividade a ser executada. Na RB foi inclusa uma variedade de tipos de EPI de modo a englobar uma grande variedade de atividades a serem executadas em um laboratório. A proteção respiratória foi optada por categorizar-se como: “não utilização” e a “com a utilização sem critério de seleção” e a “com critério de acordo com o Programa de Proteção Respiratória”. Caso fosse optado colocar os diferentes tipos de máscara possíveis, a influência na RB não iria ser adequada, pois quanto mais variáveis possíveis, menor iria ser a sua influência no nodo proteção por uso de EPI.

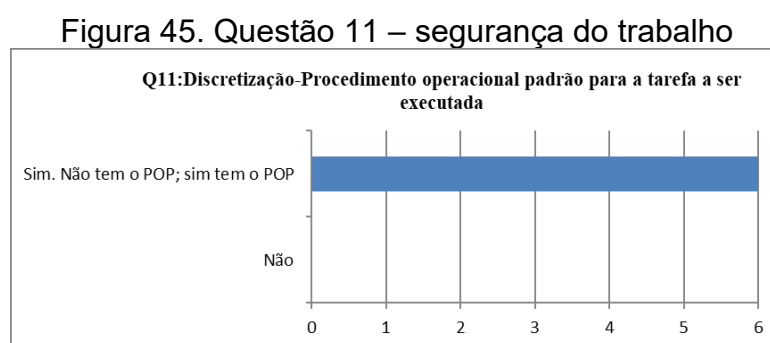
- Resposta 4: “a influência de cada um destes itens depende da toxicidade e da forma com que o material é utilizado”.

A eficiência dos EPI é afetada pela toxicidade dos NM, como também pela utilização correta, higienização e manutenção periódica. Para a forma que o trabalho é realizado existem os nodos referentes que influenciam a exposição, com o nodo “características de emissão”.

- “Resposta 5: adequação individual”.

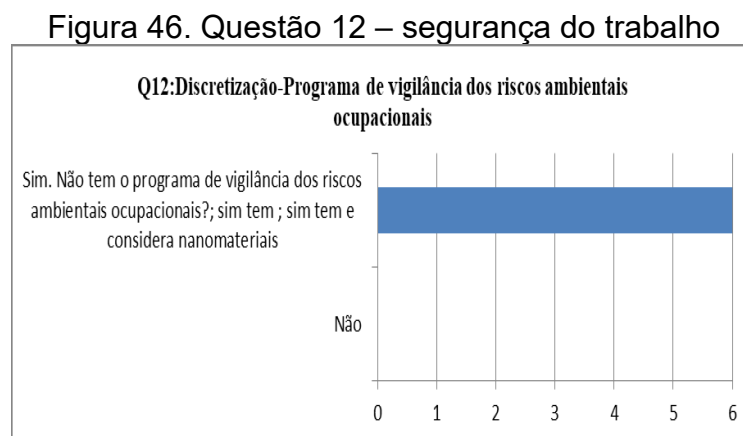
A adequação individual é um critério importante para o conforto ao trabalho, entretanto, a seleção dos tipos de EPI na RB deve ser baseada em critérios técnicos, cabendo aos profissionais que irão comprar os EPI verificar qual é o mais adequado ao trabalhador.

Na **Figura 45** é mostrada a questão 11: “A discretização da variável procedimento operacional padrão para a tarefa a ser executada está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

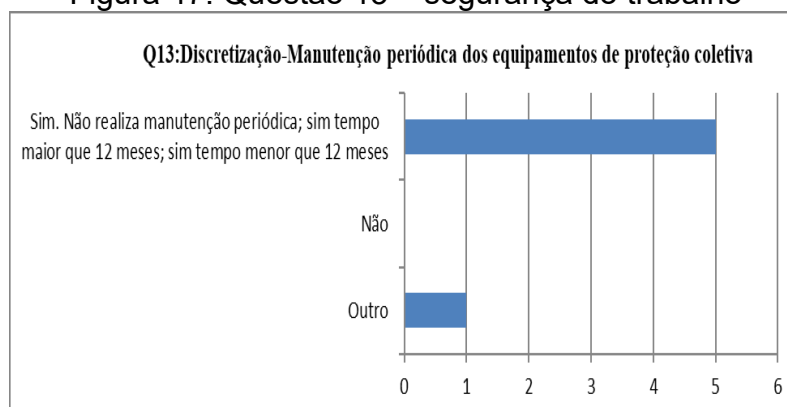
Na **Figura 46** é mostrada a questão 12: “A discretização da variável programa de vigilância dos riscos ambientais ocupacionais está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 47** é mostrada a questão 13: “A discretização da variável manutenção periódica dos equipamentos de proteção coletiva está adequada?”

Figura 47. Questão 13 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

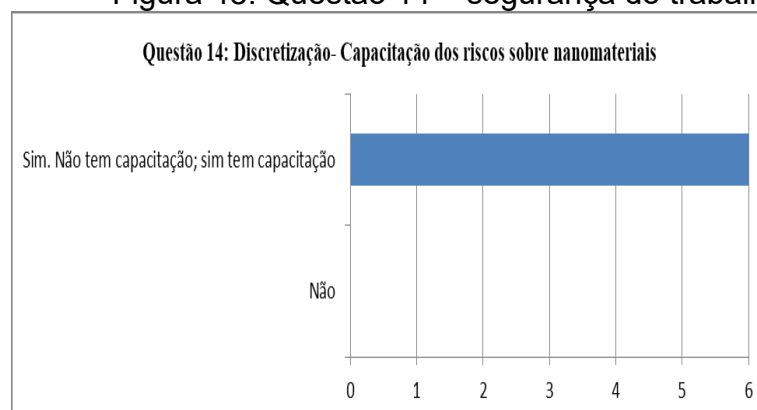
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 13:

- Resposta: “talvez pelo alto risco associado à NEM o ideal seria realizar manutenções menos espaçadas (sugestão: 6 meses)”.

Foi acatada a sugestão do especialista por se considerada mais restritiva.

Na **Figura 48** é mostrada a questão 14: “A discretização da variável capacitação dos riscos sobre nanomateriais está adequada?”

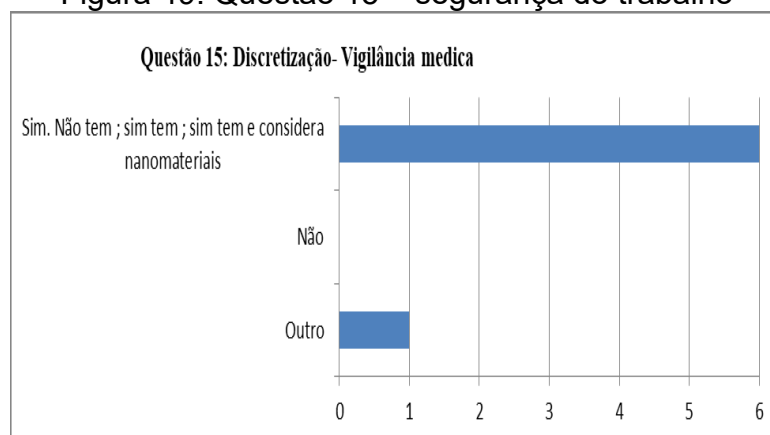
Figura 48. Questão 14 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 49** é mostrada a questão 15: “A discretização da variável vigilância medica está adequada?”

Figura 49. Questão 15 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

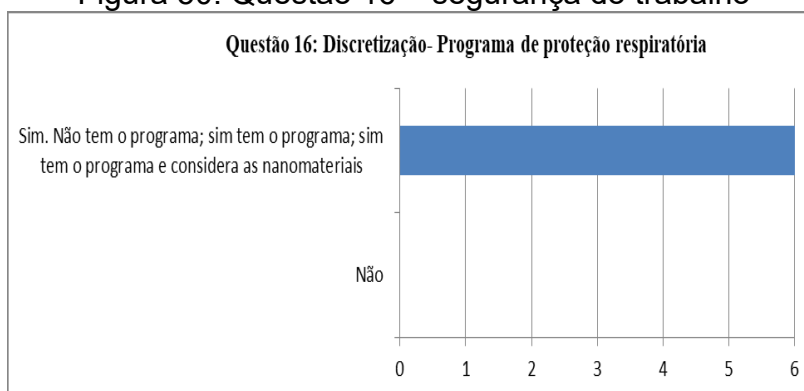
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão15:

- Resposta: “depende quais parâmetros serão analisados na vigilância médica. Concentração de metais no sangue é uma sugestão ”.

O nodo vigilância médica é referente a um sistema no qual os trabalhadores expostos aos NM sejam cadastrados e monitorados por meio de análises e exames clínicos, protocolo das condições ambientais e do histórico de sua vida laboral. Portanto, o que será exigido nos exames ficará a critério do médico responsável pelo laboratório.

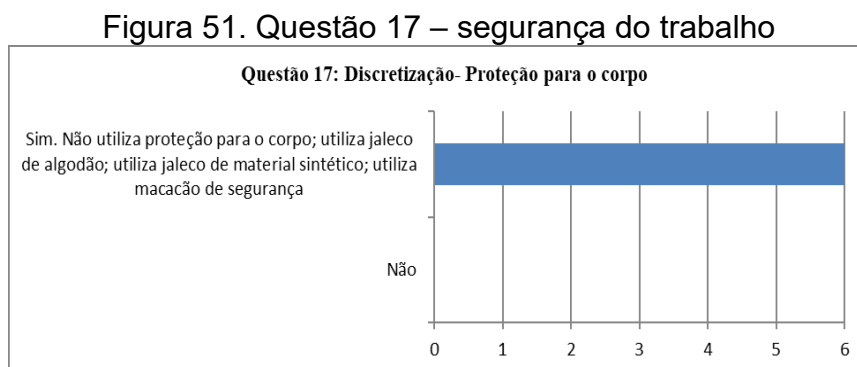
Na **Figura 50** é mostrada a questão 16: “A discretização da variável programa de proteção respiratória está adequada?”

Figura 50. Questão 16 – segurança do trabalho



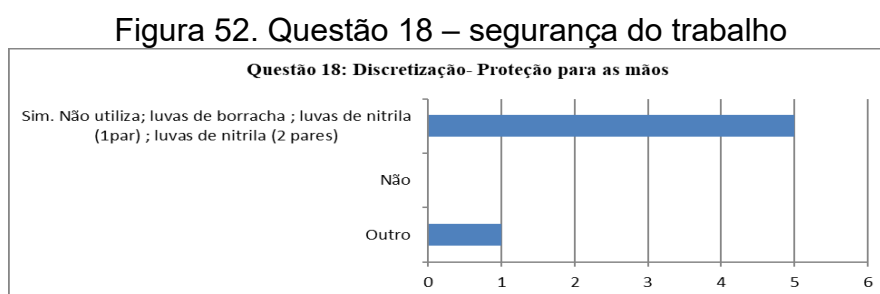
Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 51** é mostrada a questão 17: “A discretização da variável proteção para o corpo está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 52** é mostrada a questão 18: “A discretização da variável proteção para as mãos está adequada?”



Fonte: O autor (2020).

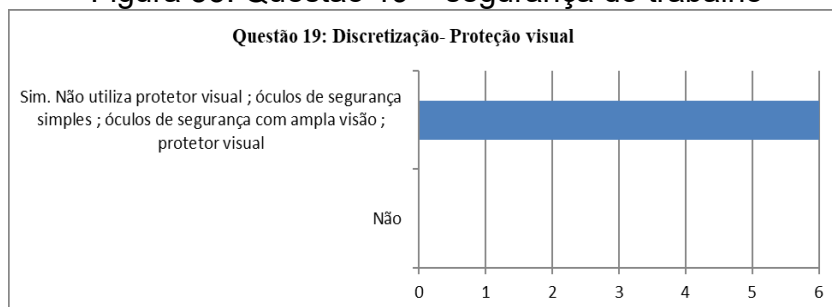
Na opção “outro” foi obtida 1 resposta na questão 18:

- Resposta: “minha sugestão é colocar também a utilização de luva de látex uma vez que são bastante utilizadas em laboratórios pelo baixo custo. ”

Luvas látex se enquadram como luvas de borracha.

Na **Figura 53** é mostrada a questão 19: “A discretização da variável proteção visual está adequada?”

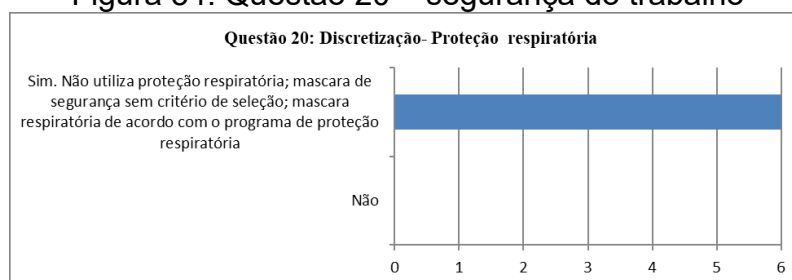
Figura 53. Questão 19 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 54** é mostrada a questão 20: “A discretização da variável proteção respiratória está adequada?”

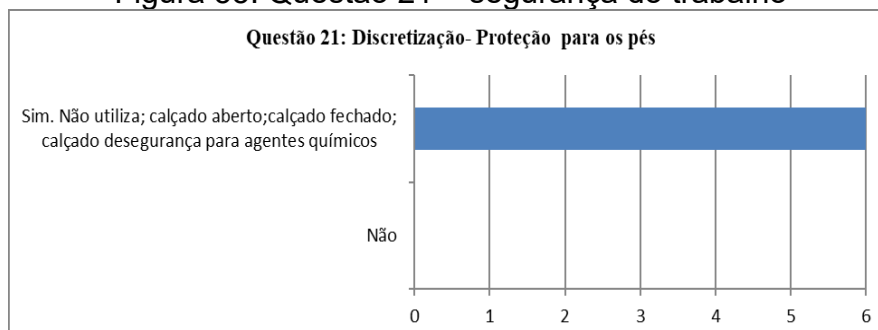
Figura 54. Questão 20 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

Na **Figura 55** é mostrada a questão 21: “A discretização da variável proteção para os pés está adequada?”

Figura 55. Questão 21 – segurança do trabalho



Fonte: O autor (2020).

4.2.5. Adequações das variáveis e probabilidades da RB.

Após a análise das ponderações dos especialistas, foram ajustadas as tabelas das probabilidades da rede bayesiana (RB). As pessoas podem ter uma dificuldade ao pensar em distribuir valores de probabilidades com um grande número de variáveis, sendo o ideal diminuir a quantidade de variáveis (UUSITALO, 2007).

Na RB desenvolvida há um total de 521 células distribuídas em 46 tabelas, desta forma as tabelas das probabilidades foram preenchidas manualmente pelo autor, de modo a evitar um processo árduo e cansativo para toda a equipe de especialistas.

As probabilidades das tabelas foram ajustadas empiricamente, através de simulações de casos. As simulações ocorreram através das variações das respostas possíveis em cada nodo filho, observando sempre o efeito no nodo pai.

No nodo Classificação GHS foram atribuídos um peso maior para os testes toxicológicos ao qual são confirmados positivos para humanos, seguidos de possivelmente positivo para humanos e não tóxico. Nos testes que envolvem toxicidade aguda e crônica os menores valores de dosagem receberam uma maior ponderação nos referidos nodos. Já as variáveis que consideram irritação, quanto maior o grau da irritação, maior foi a ponderação recebida.

Na **Tabela 2** é apresentado o valor percentual das variáveis que influenciam na categoria GHS.

Tabela 2: Valores percentuais das variáveis que influenciam na categoria GHS.

Variável	Nº de critérios	Valores percentuais de toxicidade na categoria de classificação do GHS		
		Mais provável	Intermediária	Menos provável
Toxic. aguda exposição dermal	6	0,40	0,15	0,10
Toxic. aguda inalação (gás, poeira e vapor)	5	0,40	0,20	0,10
Toxic. crônica por inalação poeira (rato); Toxic. Crônica por inalação gás (rato) e Sensibilidade respiratória; Tox crônica exposição dermal; Irrit./dano olho	3	0,45	0,35 e 0,3	0,20
Carcinogênico ou mutagênico ou tóxico para reprodução.	3	0,6	0,35 ; 0,30 e 0,25	0,10
Irritação/corrosão na pele	4	0,40	0,35 ; 0,30 ; 0,25 e 0,20	0,10
Toxicidade crônica no meio aquático	4	0,40	0,30 e 0,20	0,10

Fonte: O autor (2020).

Os nodos referentes às variáveis físico-químicas tiveram maior ponderação nas variáveis que possibilitam uma maior facilidade de dispersão e / ou maior área ou facilidade para intensificar a reatividade dos nanomateriais (NM).

Na **Tabela 3** é apresentada os valores percentuais das variáveis que influenciam as propriedades físico-químicas.

Tabela 3: Valores percentuais das variáveis que influenciam as propriedades físico-químicas.

Variável	Nº de critérios	Valores percentuais dos parâmetros físico-químicos		
		Mais provável	Intermediária	Menos provável
Aglomerção; Estrutura cristalina ; Tamanho de pelo menos 1 dimensão; Estabilidade em suspensão; Modificação superficial.	2	0,60	0,55 e 0,45	0,40
Morfologia; Carga superficial em solução; Área superficial	3	0,45	0,40; 0,35 e 0,25	0,25
Solubilidade em água	3	0,70	0,60 ; 0,40	0,30

Fonte: O autor (2020).

Com relação à exposição na tarefa, as variáveis que implicam uma maior exposição do trabalhador/pesquisador, como por exemplo, a quantidade, a duração e a frequência foram ponderadas. Registra-se que quanto maior a porcentagem registrada, maior a probabilidade de exposição na tarefa. As variáveis sobre a formação de pulverulência e aerossol foram ponderadas com o critério de quanto maior a possibilidade de dissipação para o ambiente, maior será a probabilidade de exposição na tarefa.

Na **Tabela 4** são apresentados os valores percentuais das variáveis que influenciam na exposição da tarefa

Tabela 4: Valores percentuais das variáveis que influenciam na exposição da tarefa.

Variável	Nº de critérios	Valores percentuais da Exposição na tarefa		
		Mais provável	Intermediária	Menos provável
Duração da tarefa; Quantidade	3	0,50	0,40; e 0,30	0,20
Formação de aerossol e formação de pulverulência	2	0,80	0,60 e 0,40	0,20
Frequência da tarefa	3	0,40	0,30 ; 0,25 e 0,20	0,10

Fonte: O autor (2020).

As medidas de controle escolhidas foram influenciadas pelas principais vias de exposição. Sendo considerada a de maior preocupação do ponto de vista ocupacional, a via inalatória. Neste sentido, as medidas de proteção que tenham interação com esta via foram elencadas com um peso maior na probabilidade do controle da exposição ocupacional.

Na **Tabela 5** são apresentados os valores percentuais das variáveis que influenciam na exposição no uso dos EPI.

Tabela 5: Valores percentuais das variáveis que influenciam no uso dos EPI

Variável	Nº de critérios	Valores percentuais para proteção por uso de EPI		
		Mais provável	Intermediária	Menos provável
Proteção para os pés	3	0,50	0,40;0,35;0,30 e 0,25	0,2
Proteção respiratória	3	0,70	0,45; 0,35 e 0,20	0,10
Proteção visual; Proteção para as mãos; Proteção para o corpo	4	0,40	0,35; 0,30 e 0,20	0,10

Fonte: O autor (2020).

As variáveis que compõem as medidas administrativas e EPI obtiveram um peso maior nos nodos respectivos quando se faz uso de tais medidas. Em contrapartida, obteve-se um peso menor com a não utilização das mesmas.

Na **Tabela 6** são apresentados os valores percentuais das variáveis que influenciam na exposição e por uso de medidas administrativas.

Tabela 6: Valores percentuais das variáveis que influenciam no uso de medidas administrativas

Variável	Nº de critérios	Valores percentuais para proteção por uso de medidas administrativas		
		Mais provável	Intermediária	Menos provável
Capacitação sobre os riscos dos NM; Boas práticas de trabalho	2	0,60	0,55 e 0,45	0,4
Manutenção periódica dos EPC; Programa de proteção respiratória	3	0,60	0,50; 0,45; 0,30 e 0,20	0,10
Vigilância dos riscos ambientais ocupacionais; Vigilância médica	3	0,40	0,35 e 0,30	0,10

Fonte: O autor (2020).

As probabilidades utilizadas em cada nodo que fundamentou a RB desenvolvida encontram-se nas “**Tabelas Apêndice 1 a 46 – Apêndice A1**”.

4.3. Rede bayesiana final

Na **Figura 56** é apresentada a rede bayesiana (RB) desenvolvida. Para simplificar a descrição, a RB foi dividida em 4 etapas. As numerações “1, 2, 3, 4” e suas subdivisões delimitadas pelas cores indicam as etapas e subetapas da construção da RB.

A etapa 1, que está com a cor azul escuro, é responsável pela definição do perigo. Sendo composta por 3 categorizações: baixo, médio e alto. Esta etapa foi subdividida em duas: 1.1 e 1.2.

Na subetapa 1.1 poderão ser respondidas as informações sobre os ensaios de toxicidade crônica, aguda e específica dos nanomateriais (NM). Para a definição desta subetapa, foram utilizados como base os critérios de perigos à saúde humana e ao meio ambiente do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). O GHS ainda não definiu uma metodologia de classificação de perigo para materiais nesta escala. Entretanto, essa rede procurou adaptar a metodologia existente de materiais da escala macro para nanométrica. Caso o GHS defina um sistema para classificá-las, este resultado poderá ser utilizado nesta RB, com a alimentação direta em uma das 5 categorizações no nodo “Classificação GHS”, que variam de acordo com severidade do efeito, sendo que, quanto menor a categoria, mais severo é o dano.

A subetapa 1.2 é referente à influência das variáveis físico-químicas para a definição do perigo dos NM. Este nodo é alimentado por outros 9 nodos, ao qual poderão ser respondidas informações sobre as variáveis físico-químicas dos NM. O resultado será classificado como a influência baixa, média ou alta.

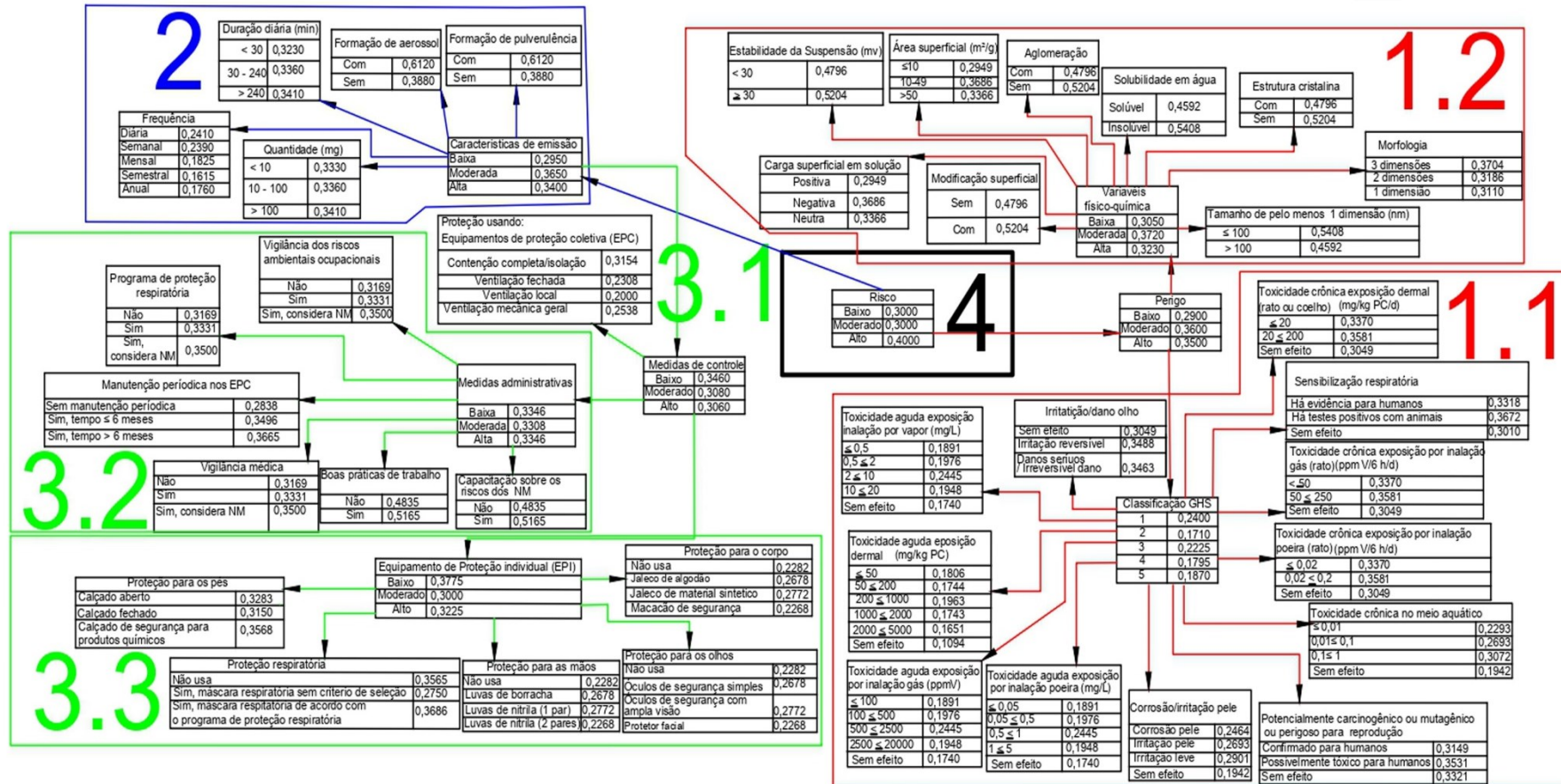
Por conseguinte, a etapa 2, delimitada pela cor azul claro, é responsável pela definição do nível da exposição do trabalhador ao executar uma determinada tarefa através do nodo características de emissão. As informações que poderão ser respondidas nesta etapa levarão em consideração as características de emissão de NM da tarefa, como frequência e duração. Informações que envolvem a formação de aerossol e a formação da pulverulência também poderão ser informados nesta subetapa.

Posteriormente, a etapa 3, delimitada pela cor verde, é responsável pela definição do nível das medidas de controle, sendo subdivida em três subetapas: 3.1, 3.2 e 3.3.

A primeira é referente à proteção por uso dos equipamentos de proteção coletiva (EPC). Na subetapa seguinte poderão ser respondidas os nodos referentes à proteção por uso de medidas administrativas. Por fim, na subetapa 3.3 estão os nodos relativos à proteção por uso de equipamentos de proteção individual (EPI).

Na última etapa está o nodo Risco delimitado com a cor preta, que define o risco da execução da tarefa envolvendo NM. O nodo Risco é o resultado da RB e irá mostrar as probabilidades do risco sendo classificado como baixo, médio e alto. Este nodo é influenciado por todos os outros nodos da RB definidos nas etapas anteriores.

Figura 56. RB desenvolvida para avaliação do risco ocupacional ao manipular NM.



Fonte: O autor (2020).

Os valores existentes em cada nodo na RB são os resultados das probabilidades condicionais calculados pelo *software* Open Markov e o arquivo com a RB desenvolvida juntamente com *software* em questão estão disponíveis no *link* https://drive.google.com/drive/folders/1NPKowXcqfB2Tmu2Fcpbdz0v_feTRCsrn?usp=sharing.

As variáveis selecionadas para compor a rede inicial tiveram uma ampla aceitação pelos especialistas na verificação da rede bayesiana (RB), das 49 variáveis permaneceram 93,87% e destas apenas 8,69% foram modificadas. As variáveis que foram omitidas após a opinião dos especialistas foram: toxicidade crônica por exposição oral (rato); toxicidade aguda por exposição oral (rato) e toxicidade aguda no meio ambiente aquático. As variáveis que foram alteradas por sugestões dos especialistas foram manutenção periódicas no EPC; morfologia; solubilidade em água; carga superficial; modificação superficial e duração diária.

Para mostrar a abrangência das variáveis consideradas na RB desenvolvida em relação às metodologias de alguns controles de bandas (CB) e RB existentes foi elaborado o **Quadro 15**.

Quadro 15: Abrangência das variáveis consideradas na RB desenvolvida em relação às metodologias de alguns CB e RB existentes.

(continua)

Variáveis analisadas	CB Nanotool	CB ANSES	CB ISO	CB Sst/lab nano	CB Simeone	CB Stoffenmanager	RB Murphy	RB Marvin	RB desenvolvida
Parâmetros físico-químicos									
Carga superficial									
Modificação superficial									
Estabilidade em suspensão									
Área superficial									
Solubilidade em água									
Estrutura cristalina									
Morfologia									
Tamanho									
Aglomerção									
Informação toxicológica									
Toxicidade aguda									
Toxicidade crônica									
Toxicidade específica									

(conclusão)

Variáveis analisadas	CB nanotool	CB ANSES	CB ISO	CB Sst/lab nano	CB Simeone	CB Stoffenmanager	RB Murphy	RB Marvin	RB desenvolvida
Medidas administrativas									
Programa de Proteção respiratória									
Manutenção periódica dos EPC									
Vigilância médica									
Boas práticas de trabalho									
Treinamento dos riscos envolvendo NM									
Vigilância dos riscos ambientais ocupacionais									

Fonte: O autor (2020).

4.4. Considerações sobre a Rede bayesiana proposta

Para a definição do perigo na RB são necessárias informações os testes toxicológicos do NM e também e dados sobre as propriedades físico-químicas dos NM. Os testes toxicológicos foram baseados no sistema GHS, agregando as características toxicológicas gerais (toxicidade aguda e crônica) e específicas (mutagenicidade, carcinogenicidade e reprodução). Os modelos de avaliação de risco geralmente encontrados na literatura incorporam apenas informações sobre toxicologia específica (ANDRADE, 2013; ISO/TS 12901-2, 2014; MARVIN *et al.*, 2017; OSTIGUY *et al.*, 2010). Os testes envolvendo toxicidade aguda e crônica geralmente não são incluídos nos modelos de avaliação. No entanto, são importantes porque avaliarão os efeitos a curto e longo prazo.

Vários parâmetros e propriedades intrínsecas dos NM são importantes para auxiliar na interpretação dos resultados toxicológicos, uma vez que essas propriedades têm um grande efeito na interação com células específicas e na toxicidade da NM. Os modelos de CB geralmente consideram apenas solubilidade e morfologia como variáveis que influenciam a definição do risco. Outras variáveis importantes que não são consideradas por esses modelos e que contribuem para influenciar a toxicidade do NM foram adotadas pela RB desenvolvida.

A exposição do trabalhador é definida pelo nodo características de emissão que é pai de nodos como: duração, frequência, quantidade, formação de poeira e aerossol. Tais variáveis fazem parte de outros modelos de avaliação de risco. O nodo características de emissão é também o pai do nodo medidas de controle, ao qual tem variáveis com objetivo de reduzir a exposição como as medidas coletivas, administrativas e de proteção pessoal. Tais variáveis não estão incluídas na maioria das abordagens de CB (ANDRADE, 2013; ZALK; PAIK; SWUSTE, 2009).

Na RB desenvolvida é possível identificar e quantificar quais variáveis estão contribuindo mais para o risco no momento e que informações das variáveis são disponibilizadas na rede. Diferentemente das abordagens de CB após a obtenção do

risco, não são sugeridas medidas para atenuar o risco, já que essas medidas já fazem parte da RB.

A RB permite a execução de simulações através das alterações das informações das variáveis, podendo verificar quais serão mais eficientes para mitigação do risco.

CAPÍTULO V

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, a rede bayesiana (RB) foi construída manualmente com o uso de conhecimentos especializados, e para isso, as variáveis da rede foram selecionadas com base em informações da literatura que tiveram a participação de especialistas para verificá-las e as probabilidades das variáveis foram preenchidas manualmente pelo autor. Dado o exposto, como as informações colhidas foram usadas como fonte alternativa de dados, devido à lacuna de dados que envolve NM e avaliação de risco ocupacional, a subjetividade é inevitável nessas condições (YAZDI, 2019). No entanto, foi buscado incorporar variáveis adicionais que normalmente não são consideradas nos modelos de avaliação de risco.

A construção da rede considerou as informações disponíveis nos bancos de dados científicos, agências e fundações mundiais de saúde e segurança do trabalho. Foram considerados dados referentes às propriedades intrínsecas dos nanomateriais (NM), as particularidades das tarefas a serem desenvolvidas e de forma inédita foram consideradas as medidas de segurança individual, coletiva e as medidas de controle existentes no ambiente de trabalho.

Mediante o desenvolvimento da rede em um software de versão livre, é permitido uma ampla utilização pelos profissionais da área de segurança e saúde no trabalho e pesquisadores. A RB apresenta ampla flexibilidade ao permitir a realização de alterações ou integrações de novas informações na rede, conforme a necessidade dos usuários.

6. CONCLUSÕES

As elucidações teóricas e práticas deste estudo confirmaram a hipótese. O que demonstra a possibilidade de desenvolver uma rede bayesiana adequada para avaliar o risco ocupacional para atividades em laboratório de pesquisa a partir das

informações da literatura técnica. As variáveis selecionadas para compor a rede inicial tiveram uma ampla aceitação pelos especialistas na verificação da rede bayesiana (RB), permanecendo 93,87% das variáveis selecionadas.

O conjunto de variáveis físico-químicas dos nanomateriais e os dados toxicológicos considerados na rede são abrangentes e abordam um maior número de dados em relação a outros modelos de avaliação de risco. Sobretudo, destaca-se a inclusão das medidas de controle existentes no local de trabalho como variáveis que influenciam na avaliação do risco, e não somente a sugestão de medidas de proteção coletivas para mitigar o risco, conforme verifica-se com a maioria dos modelos de controle de bandas.

A RB desenvolvida diferencia-se de outras abordagens, pois além de avaliar o risco ocupacional, a rede fornece informações que auxiliam na tomada de decisões, uma vez que é possível identificar quais são as variáveis que mais estão influenciando o perigo, a exposição e por fim, o risco.

Além disso, são fornecidas respostas rápidas às simulações, já que é um modelo compilado. Assim, para cada informação fornecida nas variáveis, a rede fornece respostas interativamente.

RECOMENDAÇÕES

Com base no processo de desenvolvimento da rede bayesiana (RB) e com os resultados obtidos, recomenda-se para a continuação e o aprimoramento dos conhecimentos:

Aplicar a RB desenvolvida e comparar os resultados em diversos tipos de laboratórios para a obtenção de uma variedade de nanomateriais com outros métodos de avaliação de risco;

Validar a RB desenvolvida;

Avaliar a acurácia da RB desenvolvida.

CAPÍTULO VI

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEYEMI, Joseph A. *et al.* Cytotoxicity, mutagenicity, oxidative stress and mitochondrial impairment in human hepatoma (HepG2) cells exposed to copper oxide, copper-iron oxide and carbon nanoparticles. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 189, n. September 2019, p. 109982, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109982>.

AGUMBA, J.N. **A construction health and safety performance improvement model for South African small and medium enterprises**. 2013. Tese (Doctor of Philosophiae in Engineering Management), University of Johannesburg, South Africa.

AIHA-American Industrial Hygiene Association. **Personal Protective Equipment for Engineered Nanoparticles**.2015. Disponível em: <https://www.aiha.org/government-affairs/Documents/Personal%20Protective%20Equipment%20for%20Engineered%20Nanoparticles_Final.pdf >. Acesso em: 01/10/2019.

AKTER, Mahmuda *et al.* A systematic review on silver nanoparticles-induced cytotoxicity: Physicochemical properties and perspectives. **Journal of Advanced Research**, v. 9, p. 1–16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.10.008>.

ALSALMAN, A. A. **Construction risks allocation: Optimal risk allocation decision support model**. 2012.322f Tese (Doctor of Philosophy). Oregon State University, Oregon.

AMOABEDINY, G. H. *et al.* Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 170, p. 012037, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/170/1/012037>. Acesso em: 15 dez. 2019.

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.

ANDREW MCWILLIAMS. **The Maturing Nanotechnology Market: Products and Applications**. 2016. Disponível em: < <https://www.bccresearch.com/market-research/nanotechnology/nanotechnology-market-products-applications-report-nan031g.html> >. Acesso em: 13/12/2018.

ARCURI, A. S. A.; PONTES, J. M. **Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho**. In: Sonia Corina Hess. Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil. São Paulo: Outras Expressões, 2018. P. 315-336.

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.

BAHRAMI *et al.* Nanoencapsulated nisin: An engineered natural antimicrobial system for the food industry. **Trends in Food Science and Technology**. 94.v. october, p.20-31, 2019 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.10.002>.

BAKAND, Shahnaz; HAYES, Amanda. Toxicological considerations, toxicity assessment, and risk management of inhaled nanoparticles. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 6, p. 1–17, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms17060929>.

BAKER, S. *et al.* Nanoagroparticles emerging trends and future prospect in modern agriculture system. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 53, p. 10–17, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2017.04.012>.

BAUA- BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN . **Guidance for handling and use of nanomaterials at the workplace**. 2007. Disponível em: <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/121306-leitfadennano-engl-final.pdf>. Acesso em: 13/12/2018.

BERTI, Leandro Antunes *et al.* **NANOSEGURANÇA: Guia de boas práticas em nanotecnologia para fabricação e laboratórios**. Florianópolis: Fundação Certi / Api.nano, 2015. 103 p.

BHATTACHARJEE, Sourav *et al.* Cytotoxicity of surface-functionalized silicon and germanium nanoparticles: The dominant role of surface charges. **Nanoscale**, v. 5, n. 11, p. 4870–4883, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c3nr34266b>.

BRAAKHUIS, Hedwig M. *et al.* Particle size dependent deposition and pulmonary inflammation after short-term inhalation of silver nanoparticles. **Particle and Fibre Toxicology**, v. 11, n. 1, p. 1–16, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12989-014-0049-1>.

BRASIL. Ministério da Economia. ENIT. Disponível na internet em http://https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-09-atualizada-2019.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2020.

BUSCHINELLI, José Tarcísio Penteadó. **Toxicologia ocupacional**. 1. ed. São Paulo: Fundacentro, 2020.

BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan. **Toxicity of nanoparticles**. In: PACHECO-TORGAL, Fernando *et al.* Nanotechnology in Eco-efficient Construction. Elsevier, 2019. p. 705–754. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102641-0.00028-1>

CALIL, Luís Fernando Peres. **Metodologia para Gerenciamento de Risco: Foco na Segurança e na Continuidade**. 2009.231f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CHEN, Li Qiang *et al.* Nanotoxicity of silver nanoparticles to red blood cells: Size dependent adsorption, uptake, and hemolytic activity. **Chemical Research in Toxicology**, v. 28, n. 3, p. 501–509, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/tx500479m>.

CHENG, Tong-Hong *et al.* Bronchiolitis Obliterans Organizing Pneumonia Due to Titanium Nanoparticles in Paint. **The Annals of Thoracic Surgery**, v. 93, n. 2, p. 666–669, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.07.062>.

CHO, Young Man *et al.* Size-dependent acute toxicity of silver nanoparticles in mice. **Journal of Toxicologic Pathology**, v. 31, n. 1, p. 73–80, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1293/tox.2017-0043>.

COSTA PUERARI, R. *et al.* The influence of amine-functionalized SiO₂ nanostructures upon nanofiltration membranes. **Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management**, v. 13, n. December 2019, 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work guidance for employers and health and safety practitioners**. 2014.

CORNELISSEN, Ralf *et al.* **Guidance Working Safely With Nanomaterials and Nanoproducts**. 2011

COSTA, carla regina *et al.* a toxicidade em Ambientes Aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Quim. Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820- 1830, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ajmg.1320460106>.

DASTKHOON, M. *et al.* Comparative study of ability of sonochemistry combined ZnS:Ni nanoparticles-loaded activated carbon in reductive of organic pollutants from environmental water samples. **Polyhedron**, v. 180, p. 114341, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.poly.2019.114341>.

DE MATTEIS, Valeria *et al.* Toxicity assessment of anatase and rutile titanium dioxide nanoparticles: The role of degradation in different pH conditions and light exposure. **Toxicology in Vitro**, v. 37, p. 201–210, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2016.09.010>.

DEBIA, Maximilien; OSTIGUY, Claude. **Risk Management and Good Practices Guidelines**. In: Nanoengineering. Elsevier, 2015. p. 581–605. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62747-6.00018-X>.

DEMIR, Veysel *et al.* Influence of Alpha and Gamma-Iron Oxide Nanoparticles on Marine Microalgae Species. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 95, n. 6, p. 752–757, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1633-2>.

DOLEZ, Patricia I. **Progress in Personal Protective Equipment for Nanomaterials**. In: Nanoengineering: Global Approaches to Health and Safety Issues. Elsevier B.V., 2015. p. 607–635. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62747-6.00019-1>.

DRÉNO *et al.* Safety of titanium dioxide nanoparticles in cosmetics. **Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology**, v33, n.S7, p.34-46, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jdv.15943>.

DURÁN, Nelson *et al.* NANOTOXICOLOGIA DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA: TOXICIDADE EM ANIMAIS E HUMANOS. **Química Nova**, v. 42, n. 2, p. 206–213, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170318>.

DUUREN-STUURMAN, Birgit Van *et al.* Stoffenmanager nano version 1.0: Aweb-based tool for risk prioritization of airborne manufactured nano objects. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 56, n. 5, p. 525–541, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/annhyg/mer113>.

EMA, Makoto *et al.* A review of reproductive and developmental toxicity of silver nanoparticles in laboratory animals. **Reproductive Toxicology**, v. 67, p. 149–164, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2017.01.005>.

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

_____. **Workplace exposure to nanoparticles**. European Risk Observatory, 2009b.

_____. **E-FACTS 72**. 2013.

_____. **Manufactured nanomaterials in the workplace**. European Risk Observatory, 2019.

EU NANOSAFE. **First results for safe procedures for handling nanoparticles**. 2008.

EUROPEAN COMMISSION. **Second regulatory review on nanomaterials**. Brussels, 3.10.2012, COM(2012) 572 final, 2013.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000**. Environmental issue report nº 22, 2001. ISBN 92-9167- 323-4.

FONSECA, M. M. G. **Modelo bayesiano do aluno no cálculo com varias variáveis**, 2014.128f.Dissertação (Mestre em Matemática e Aplicações), Universidade of Avareio,Avareio.

FUNDACENTRO-Fundação Jorge Duprat Figueiredo de segurança e medicina do trabalho. **Nota Técnica 01/2018: Os desafios da saúde e segurança no trabalho (SST) para uma produção segura com o uso de nanotecnologia**. 1 ed. São Paulo: Fundacentro, 2018. 17 p. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/Nota%20tecnica%20%2001-2018%20Corrigida%20e%20Revisada.pdf>>. Acesso em: 09/03/2019.

GATOO, Manzoor Ahmad *et al.* Physicochemical properties of nanomaterials: Implication in associated toxic manifestations. **BioMed Research International**, v. 2014, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2014/498420>.

GIACOBBE, F.; MONICA, L.; GERACI, D. Nanotechnologies: Risk assessment model. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 170, p. 012035, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/170/1/012035>.

GOLANSKI, L. *et al.* Experimental evaluation of personal protection devices against graphite nanoaerosols: fibrous filter media, masks, protective clothing, and gloves. **Human & Experimental Toxicology**, v. 28, n. 6–7, p. 353–359, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0960327109105157>.

GONÇALVES, Renata Amanda *et al.* Comparative assessment of toxicity of ZnO and amine-functionalized ZnO nanorods toward *Daphnia magna* in acute and chronic multigenerational tests. **Aquatic Toxicology**, v. 197, n. September 2017, p. 32–40, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.02.002>.

GOODNANOGUIDE. 2009. Disponível em: <www.goodnanoguide.org>. Acessado em: 15 set. 2019.

GOTTARDO, Stefania *et al.* **NANoREG framework for the safety assessment of nanomaterials**. 2017

GROSO, A. *et al.* Engineered nanomaterials: toward effective safety management in research laboratories. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 14, p. 17, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12951-016-0169-x>.

GROSO, Amela *et al.* Management of nanomaterials safety in research environment. **Particle and fibre toxicology**, v. 7, n. 1, p. 40, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1743-8977-7-40>.

HALLOCK, Marilyn 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, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2008.04.001>. Acesso em: 15 dez. 2019.

HALLOWELL, Matthew R.; GAMBATESE, John A. Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 1, p. 99–107, 2009. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000137](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000137).

HANSEN, Steffen Foss; JENSEN, Keld Alstrup; BAUN, Anders. NanoRiskCat: A conceptual tool for categorization and communication of exposure potentials and hazards of nanomaterials in consumer products. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 16, n. 1, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11051-013-2195-z>.

HASSON, F.; KEENEY, S.; MCKENNA, H. Research guidelines for the Delphi survey technique. **Journal of advanced nursing**, v. 32, n. 4, p. 1008–15, 2000. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11095242>. .

HE, Xingxing *et al.* Size-dependent toxicity of ThO₂ nanoparticles to green algae *Chlorella pyrenoidosa*. **Aquatic Toxicology**, v. 209, n. February, p. 113–120, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.02.003>.

HÖCK, Jet *et al.* **Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials**. 2011.

HOLANDA, F. L. DE; MARRA, C. C.; CUNHA, I. C. K. O. Professional competence of nurses in emergency services: evidence of content validity. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 72, n. suppl 1, p. 66–73, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71672019000700066&lng=en&tlng=en. .

HSE. **Using nanomaterials at work -Including carbon nanotubes (CNTs) and**

other biopersistent high aspect ratio nanomaterials (HARNs). 2013. Disponível em: <www.hse.gov.uk/pubns/books/hsg272.htm>.

HUK, Anna *et al.* Impact of nanosilver on various DNA lesions and HPRT gene mutations – effects of charge and surface coating. **Particle and Fibre Toxicology**, p. 1–20, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12989-015-0100-x>.

KYRIMI, E.; NEVES, M. R.; MCLACHLAN, S.; *et al.* Medical idioms for clinical Bayesian network development. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 108, n. June, p. 103495, 2020. Elsevier. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/2007.00364>%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103495>. .

INAIL. **WHITE BOOK -Exposure To Engineered Nanomaterials and Occupational Health and Safety Effects**. 2011.

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

_____. ISO_TS_80004-1.pdf- **Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms**. 2015. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:80004:-1:ed-2:v1:en:sec:2.4>>

_____. ISO_TS_80004-2.pdf- **Nanotechnologies — Vocabulary — Part 2: Nano-objects**.2015.

_____.ISO 45001. **Sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional**. 2018.

ISWARYA, V. *et al.* Trophic transfer potential of two different crystalline phases of TiO₂ NPs from *Chlorella* sp. to *Ceriodaphnia dubia*. **Aquatic Toxicology**,v. 197, n. February, p. 89–97, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.02.003>.

JENSEN, K. *et al.* **NanoSafer vs 1.1 - Nanomaterial risk assessment using first order modeling**. **6th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health**, p. 22–23, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.013>.Bimanual.

KABIR, G.; TEFAMARIAM, S.; FRANCISQUE, A.; SADIQ, R. Evaluating risk of water mains failure using a Bayesian belief network model. **European Journal of Operational Research**, v. 240, n. 1, p. 220–234, 2015. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.06.033>>.

KHAN, Saeed Ahmad. **Metal nanoparticles toxicity: role of physicochemical**

aspects. *In: Metal Nanoparticles for Drug Delivery and Diagnostic Applications.* Elsevier, 2020. p. 1–11. *E-book.* Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816960-5.00001-X>.

KJÆRULFF, Uffe B.; MADSEN, Anders L. **Bayesian Networks and Influence Diagrams: A Guide to Construction and Analysis.** New York, NY: Springer New York, 2013. (Information Science and Statistics).v. 22*E-book.* Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5104-4>.

KNOL, Anne B. *et al.* The use of expert elicitation in environmental health impact assessment: A seven step procedure. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 9, n. 1, p. 1–16, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-19>.

KÖERICH, Jéssica Schweitzer *et al.* Toxicity of binary mixtures of Al₂O₃ and ZnO nanoparticles toward fibroblast and bronchial epithelium cells. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v. 83, n. 9, p. 1–15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15287394.2020.1761496>.

KUANG, Huijuan *et al.* Size dependent effect of ZnO nanoparticles on endoplasmic reticulum stress signaling pathway in murine liver. **Journal of Hazardous Materials**, v. 317, p. 119–126, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.05.063>.

LALAU, C. M. *et al.* Toxicological effects of AgNPs on duckweed (*Landoltia punctata*). **Science of the Total Environment**, v. 710, p. 136318, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136318>.

LAUX, Peter *et al.* Nanomaterials: certain aspects of application, risk assessment and risk communication. **Archives of Toxicology**, v. 92, n. 1, p. 121–141, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00204-017-2144-1>.

LEE, Naroo *et al.* **WHO GUIDELINES ON PROTECTING WORKERS FROM Which hazard category should specific nanomaterials or groups of nanomaterials be assigned to and how ?** 2017.

LEU, Sou-Sen; CHANG, Ching-Miao. Bayesian-network-based safety risk assessment for steel construction projects. **Accident; analysis and prevention**, v. 54, p. 122–133, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.02.019>.

LIGUORI, Biase *et al.* Control banding tools for occupational exposure assessment of nanomaterials — Ready for use in a regulatory context? **NanoImpact**, v. 2, p. 1–1, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.impact.2016.04.002>.

LIU, Jia *et al.* Zinc oxide nanoparticles induce toxic responses in human

neuroblastoma SHSY5Y cells in a size-dependent manner. **International Journal of Nanomedicine**, v. 12, p. 8085–8099, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/IJN.S149070>.

LOURO, Henriqueta; BORGES, Teresa; SILVA, Maria João. Nanomateriais manufaturados: novos desafios para a saúde pública. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 31, n. 2, p. 145–157, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rpsp.2012.12.004>. Acesso em: 11 dez. 2014.

LIMA, M. D. C.. **Método de discretização de variáveis para redes bayesianas utilizando algoritmos genéticos**.2014.84f .Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LUCAS, P. J. F.; BRUIJN, N. C. DE; SCHURINK, K.; HOEPELMAN, A. A probabilistic and decision-theoretic approach to the management of infectious disease at the ICU. **Artificial Intelligence in Medicine**, v. 19, n. 3, p. 251–279, 2000.

LUO, L. J.; NGUYEN, D. D.; LAI, J. Y. Dually functional hollow ceria nanoparticle platform for intraocular drug delivery: A push beyond the limits of static and dynamic ocular barriers toward glaucoma therapy. **Biomaterials**, v. 243, n. February, p. 119961, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2020.119961>>.

MARTINS, Manuel A.; TRINDADE, Tito. OS NANOMATERIAIS E A DESCOBERTA DE NOVOS MUNDOS NA BANCADA DO QUÍMICO. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1434–1446, 2012.

MARVIN, Hans J. P. *et al.* Application of Bayesian networks for hazard ranking of nanomaterials to support human health risk assessment. **Nanotoxicology**, v. 11, n. 1, p. 123–133, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17435390.2016.1278481>.

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

MELEGARI, Silvia Pedroso *et al.* Can the surface modification and/or morphology affect the ecotoxicity of zinc oxide nanomaterials? **Chemosphere**, v. 224, p. 237–246, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.093>.

MONEY, Eric S.; RECKHOW, Kenneth H.; WIESNER, Mark R. The use of Bayesian networks for nanoparticle risk forecasting: Model formulation and baseline evaluation. **Science of the Total Environment**, v. 426, p. 436–445, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.064>.

MOREIRA, Artur Carlos da Silva. **As redes sociais em segurança e saúde do trabalhador: proposta de uma estrutura de avaliação**. 2017.204f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MURASHOV, Vladimir. Occupational exposure to nanomedical applications. **Wiley**, v. 1, n. April, p. 203–213, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wnan.031>.

MURPHY, Finbarr *et al.* A Tractable Method for Measuring Nanomaterial Risk Using Bayesian Networks. **Nanoscale Research Letters**, v. 11, n. 1, p. 503, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s11671-016-1724-y>.

NANOVALID. **Safe handling of nano materials and other advanced materials at workplaces**. 2015.

NASSAR, S. M. **Apostila Sistemas Especialistas Probabilísticos**. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Universidade Federal de Santa Catarina. 2018.

NAVYA, P. N.; DAIMA, Hemant Kumar. Rational engineering of physicochemical properties of nanomaterials for biomedical applications with nanotoxicological perspectives. **Nano Convergence**, v. 3, n. 1, p. 1–14, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40580-016-0064-z>.

NIH- **Nanotechnology Safety and Health Program**. , **Nanotechnology safety and health program**.2015. Disponível em: <[https://www.ors.od.nih.gov/sr/dohs/Documents/Nanotechnology Safety and Health Program.pdf](https://www.ors.od.nih.gov/sr/dohs/Documents/Nanotechnology%20Safety%20and%20Health%20Program.pdf)>.

NIOSH. **Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles**.2009a.

NIOSH. **Approaches to Safe Nanotechnology**. 2009b.

_____. **General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories**. 2012.

_____. **Building a Safety Program to Protect the Nanotechnology Workforce : A Guide for Small to Medium-Sized Enterprises**. 2016.

NOGUEIRA, Diego J. *et al.* Comparison of cytotoxicity of α -Al₂O₃ and η -Al₂O₃ nanoparticles toward neuronal and bronchial cells. **Toxicology in Vitro**, v. 61, p. 104596, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2019.104596>.

NOGUEIRA, Diego José *et al.* Crystalline phase-dependent toxicity of aluminum

oxide nanoparticles toward *Daphnia magna* and ecological risk assessment. **Environmental Research**, v. 182, n. December 2019, p. 108987, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108987>.

NOVELLO, Anna Maria *et al.* Efficient management of nanomaterial hazards in a large number of research laboratories in an academic environment. **Safety Science**, v. 121, n. August 2019, p. 158–164, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.004>.

OKSEL, C. *et al.* **Risk Management of Nanomaterials -Guidelines for the Safe Manufacture and Use of Nanomaterials**. 2017. Disponível em: <http://www.sun-fp7.eu/wp-content/uploads/2017/01/SUN-risk-management-guidelines.pdf>.

OLIVEIRA, André Luiz Meira de; BERTI, Leandro Antunes; ROLT, Carlos Roberto de. **Nanosegurança na prática: um guia para análise da segurança de empresas, laboratórios e consumidores que utilizam a nanotecnologia**. Florianópolis: Fundação Cert, 2017.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO – OIT. **Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en ransformación**. 2010, Genebra. Disponível em: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_124341.pdf. Acesso em: 09/01/20186.

OSCAR, B.V. **Avaliação toxicológica de nanoestruturas de óxido de zinco incorporadas em argamassa**. 2018.115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OSTIGUY, C. *et al.* A good practice guide for safe work with nanoparticles: The Quebec approach. *In*: 2009, **Journal of Physics: Conference Series**. p. 012037. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/151/1/012037>.

OSTIGUY, Claude *et al.* **Development of a specific Control Banding Tool for Nanomaterials** - Report. 2010. Disponível em: <http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407RaEN.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2015.

OSTIGUY, C. *et al.* **Best Practices Guidance for Nanomaterial Risk Management in the Workplace**. 2015.

PAIK, Samuel Y.; ZALK, David M.; SWUSTE, Paul. 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: <https://doi.org/10.1093/annhyg/men041>. Acesso em: 11 dez. 2014.

PANZARINI, Elisa *et al.* Intracellular transport of silver and gold nanoparticles and

biological responses: An update. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 5, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms19051305>.

PHILLIPS, James I. *et al.* Pulmonary and systemic toxicity following exposure to nickel nanoparticles. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 767, p. n/a-n/a, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ajim.20855>.

PIETROIUSTI, Antonio *et al.* Nanomaterial exposure, toxicity, and impact on human health. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology**, n. November 2017, p. 1–21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wnan.1513>

RAJENDRAN, S. **Sustainable construction safety and health rating system**. Tese (Doutorado). k Oregon State University, 2006.334f. Tese (Doctor of Philosophy in Civil Engineering). Oregon State University, Oregon.

RAMANATHAN, S. *et al.* Nanostructured aluminosilicate from fly ash: Potential approach in waste utilization for industrial and medical applications. **Journal of Cleaner Production**, v. 253, p. 119923, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119923>>.

ROCO, M. C.; MIRKIN, C. A.; HERSAM, M. C. Nanotechnology research directions for societal needs in 2020 – Retrospective and Outlook. **WTEC-World Technology Evaluation Center**, p. 476–477, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1168-6>.

ROGERS, Margaret R.; LOPEZ, Emilia C. Identifying critical cross-cultural school psychology competencies. **Journal of School Psychology**, v. 40, n. 2, p. 115–141, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(02\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(02)00093-6).

ROSSETTO, A. L. de O. F. **Avaliação dos efeitos tóxicos da nanopartícula e micropartícula de óxido de cobre em diferentes organismos aquáticos**.2016.166f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ROZADOS, H. F. O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação. **Em Questão**, v. 21, n. 3, p. 64, 2015. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/58422>>. .

RUSSELL, L. M.; LIU, C. H.; GRODZINSKI, P. Nanomaterials innovation as an enabler for effective cancer interventions. **Biomaterials**, v. 242, n. February, p. 119926, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2020.119926>>.

SAHEKI, A. H. **Construção de uma rede bayesiana aplicada ao diagnóstico de doenças cardíacas**.2005.89f .Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Área de Concentração: Engenharia Mecatrônica, Escola Politécnica

da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SAJID, Muhammad *et al.* Impact of nanoparticles on human and environment: review of toxicity factors, exposures, control strategies, and future prospects.

Environmental Science and Pollution Research, v. 22, n. 6, p. 4122–4143, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3994-1>.

SALEEM, H.; ZAIDI, S. J. Nanoparticles in reverse osmosis membranes for desalination: A state of the art review. **Desalination**, v. 475, n. July 2019, p. 114171, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.114171>>.

SANTOS, A.; VIDOTTO, L. S.; GIUBLIN, C. R. A utilização do método Delphi em pesquisas na área da gestão da construção. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 2, p. 51–59, 2005.

SAVOLAINEN, Kai; PIETROIUSTI, Antonio. **Exposure Assessment**. In: Adverse Effects of Engineered Nanomaterials. Elsevier, 2017. v. 71p. 103–123. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809199-9.00005-7>.

SCARPARO, A. F.; LAUS, A. M.; AZEVEDO, A. L. DE C. S.; *et al.* Reflexões sobre a técnica delphi em pesquisa na enfermagem. **Rev Rene**, v. 13, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/rene/article/view/3803>>. .

SHARIFI, Shahriar *et al.* Toxicity of nanomaterials. **Chem. Soc. Rev.**, v. 41, n. 6, p. 2323–2343, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C1CS15188F>.

SHIN, Seung; SONG, In; UM, Soong. Role of Physicochemical Properties in Nanoparticle Toxicity. **Nanomaterials**, v. 5, n. 3, p. 1351–1365, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nano5031351>.

SINGH *et al.* Review of emerging concepts in nanotoxicology: opportunities and challenges for safer nanomaterial design. **Toxicology Mechanisms and Methods**. v.29, n.5 ,p.378-387, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15376516.2019.1566425>.

SILVA, Thilini *et al.* Particle size, surface charge and concentration dependent ecotoxicity of three organo-coated silver nanoparticles: Comparison between general linear model-predicted and observed toxicity. **Science of the Total Environment**, v. 468–469, p. 968–976, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.006>.

SIMEONE, Felice C. *et al.* Assessing occupational risk in designs of production processes of nano-materials. **NanoImpact**, v. 14, n. November 2018, p. 100149, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.impact.2019.100149>.

SONG, Y.; LI, X.; DU, X. Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion,

pulmonary fibrosis and granuloma. **European Respiratory Journal**, v. 34, n. 3, p. 559–567, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1183/09031936.00178308>.

SYAFI UDDIN, A. Toward a comprehensive understanding of textiles functionalized with silver nanoparticles. **Journal of the Chinese Chemical Society**, v. 66, n. 88, p. 793-814, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jccs.201800474>.

STATNANO. **Nanotechnology Products Database**. Disponível em: <http://product.statnano.com/>. Acesso em: 27 julho 2020.

SUKHANOVA, Alyona *et al.* Dependence of Nanoparticle Toxicity on Their Physical and Chemical Properties. **Nanoscale Research Letters**, v. 13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s11671-018-2457-x>.

TEXAS A&M ENGINEERING, 2005. **Interim Guideline for Working Safely with Nanotechnology**, 1-11. Disponível em: http://engineering.tamu.edu/safety/guidelines/Nanotechnology/NANO_SafeGuideline.pdf.

UKNSG. **Working Safely with Nanomaterials in Research & Development**. 1.2012.

_____. **Working Safely with Nanomaterials in Research & Development**. 2, p. 47, 2016. Disponível em: http://www.safenano.org/media/108929/UKNSG_Guidance_-_Working_Safely_with_Nanomaterials_-_2nd_Edition.pdf.

UNITED NATIONS. **Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)**. 8th ed. Rev. New York/ Geneva: United Nations, 2019. 570 p. Disponível em: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev08/ST-SG-AC10-30-Rev8e.pdf. Acesso em 03 fev. 2020.

UNIVERSITE CONCORDIA. **Nanomaterials Safety Guidelines**. 2017. Disponível em: https://www.concordia.ca/content/dam/concordia/services/safety/docs/EHS-DOC-035_NanomaterialsSafetyGuidelines.pdf

UNIVERSITY OF RHODE ISLAND. **Working Safely with Engineered Nanomaterials**. 2012.

UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA. **Working Safely With Nanomaterials**. 2013. Disponível em: http://w3.unisa.edu.au/safetyandwellbeing/SMS/guidelines/nano_particles_working_safely.pdf UNIVERSITE CONCORDIA. **Nanomaterials Safety Guidelines**. , p. 1–33, 2017. Disponível em: <https://www.concordia.ca/content/dam/concordia/services/safety/docs/EHS-DOC->

035_NanomaterialsSafetyGuidelines.pdf> . .

UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS-LOWELL. **Interim Best Practices for Working with Nanoparticles Center for High-Rate Nanomanufacturing**.2008. Disponível em: <http://eprints.internano.org/34/1/Best_Practices_for_Working_with_Nanoparticles_Version_1.pdf> . .

UNIVERSITY OF RHODE ISLAND. **Working Safely with Engineered Nanomaterials**. n. May 2011, p. 1–20, 2012.

UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA. **Working Safely With Nanomaterials**.2013. Disponível em: <http://w3.unisa.edu.au/safetyandwellbeing/SMS/guidelines/nano_particles_working_safely.pdf> . .

US/DOE, 2008a. **Approach to Nanomaterial ES&H**, revision 3a. Disponível em: <http://www.sc.doe.gov/bes/doe_nsre_approach_to_nanomaterial_esh.pdf>. Acessado em 11/10/2018.

US/DOE/Stanford Linear Accelerator Center. **Nanomaterial Safety Plan 4**. 2008

UUSITALO, Laura. Advantages and challenges of Bayesian networks in environmental modelling. **Ecological Modelling**, v. 203, n. 3–4, p. 312–318, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.11.033>.

VAN HOORNICK, Nausikaa; PRODANOV, Dimiter; PARDON, Alain. Banding approach for engineered nanomaterial risk assessment and control. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 838, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/838/1/012017>

VICENTINI, Denice S. *et al.* Toxicological impact of morphology and surface functionalization of amorphous SiO₂ nanomaterials. **NanoImpact**, v. 5, p. 6–12, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.impact.2016.11.003>.

VICENTINI, D. S. *et al.* Toxicological Evaluation and Quantification of Ingested Metal-Core Nanoplastic by *Daphnia magna* Through Fluorescence and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometric Methods. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 38, n. 10, p. 2101–2110, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/etc.4528>>.

VIEGAS, M. DE F. T. F. **Avaliação da qualidade de revisões sistemáticas sobre toxicidade de nanopartículas de prata**, 2018. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca.

VINCHES, L. *et al.* Experimental evaluation of the resistance of nitrile rubber

protective gloves against TiO₂ nanoparticles in water under conditions simulating occupational use. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 429, n. 1, p. 012056 (10pp), 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/429/1/012056>.

VINCHES, Ludwig *et al.* **Effectiveness of Protective Gloves against Engineered Nanoparticles: Difficulties** in Evaluation. *International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology*, v. 4, n. 2014, p. 2–9, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11159/ijtan.2016.002>.

VISWANATH, Buddolla; KIM, Sanghyo. Influence of Nanotoxicity on Human Health and Environment: **The Alternative Strategies**. *In: Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*.v. 240p. 61–104,2016. *E-book*. Disponível em: https://doi.org/10.1007/398_2016_12.

VOTO, Camila Barbeito. **Aplicação de Redes Bayesianas na Modelagem de Riscos em Cadeia de Suprimentos: Um Estudo de Caso Aplicado à Avaliação de Fornecedores**. 2013.117f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Industrial), PUC-Rio, Rio de Janeiro.

WANG, Peifang *et al.* Differential toxicity of anatase and rutile TiO₂ nanoparticles to the antioxidant enzyme system and metabolic activities of freshwater biofilms based on microelectrodes and fluorescence: In situ hybridization. **Environmental Science: Nano**, v. 6, n. 8, p. 2626–2640, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c9en00389d>.

WHO, W.H.O. 2017. **WHO Guidelines on Protecting Workers from Potential Risks of Manufactured Nanomaterials**. Geneva, Switzerland. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525054/pdf/Bookshelf_NBK525054.pdf

YAZDI, Mohammad. A review paper to examine the validity of Bayesian network to build rational consensus in subjective probabilistic failure analysis. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, v. 10, n. 1, p. 1–18, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13198-018-00757-7>.

ZALK, David M.; PAIK, Samuel Y.; SWUSTE, Paul. Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 11, n. 7, p. 1685–1704, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11051-009-9678-y>.

APÊNDICES

A1 Tabelas de probabilidades da RB

Tabela apêndice 1. Probabilidades toxicidade aguda dérmica e a classificação GHS.

Toxicidade aguda exposição dermal (mg/kg PC)					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
≤ 50	0,10	0,10	0,10	0,15	0,40
$50 \leq 200$	0,10	0,10	0,15	0,40	0,15
$200 \leq 1000$	0,10	0,10	0,40	0,15	0,15
$1000 \leq 2000$	0,15	0,40	0,15	0,10	0,10
$2000 \leq 5000$	0,40	0,15	0,10	0,10	0,10
Sem efeito	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 2. Probabilidades toxicidade aguda por inalação gás e a classificação GHS.

Toxicidade aguda por inalação gás					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
≤ 100	0,10	0,10	0,10	0,20	0,40
$100 \leq 500$	0,10	0,10	0,20	0,40	0,20
$500 \leq 2500$	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20
$2500 \leq 20000$	0,20	0,40	0,20	0,10	0,10
Sem efeito	0,40	0,20	0,10	0,10	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 3. Probabilidades toxicidade aguda inalação poeira (rato) e a classificação GHS.

Toxicidade aguda por inalação poeira (rato)					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
$\leq 0,02$	0,20	0,30	0,35	0,35	0,45
$0,02 \leq 0,2$	0,35	0,30	0,35	0,45	0,35
Sem efeito	0,45	0,40	0,30	0,20	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 4. Probabilidades toxicidade aguda por inalação gás (rato) e a classificação GHS.

Toxicidade aguda por inalação gás (rato)					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
≤ 50	0,20	0,30	0,35	0,35	0,45
$50 \leq 200$	0,35	0,30	0,35	0,45	0,35
Sem efeito	0,45	0,40	0,30	0,30	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 5. Probabilidades carcinogênico ou mutagênico ou tóxico para reprodução e a classificação GHS.

Carcinogênico ou mutagênico ou tóxico para reprodução					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
Confirmado para humanos	0,15	0,20	0,25	0,30	0,60
Possivelmente tóxico para humanos	0,25	0,30	0,35	0,60	0,30
Não tóxico	0,60	0,50	0,40	0,10	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 6. Probabilidades toxicidade aguda por inalação poeira e a classificação GHS.

Toxicidade aguda por inalação poeira					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
$\leq 0,5$	0,10	0,10	0,10	0,20	0,40
$0,5 \leq 2$	0,10	0,10	0,20	0,40	0,20
$2 \leq 10$	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20
$10 \leq 20$	0,20	0,40	0,20	0,10	0,10
Sem efeito	0,40	0,20	0,10	0,10	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 7. Probabilidades Toxicidade aguda por inalação vapor e a classificação GHS.

Toxicidade aguda por inalação vapor					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
$\leq 0,5$	0,10	0,10	0,10	0,20	0,40
$0,5 \leq 2$	0,10	0,10	0,20	0,40	0,20
$2 \leq 10$	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20
$10 \leq 20$	0,20	0,40	0,20	0,10	0,10
Sem efeito	0,40	0,20	0,10	0,10	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 8. Probabilidades sensibilidade respiratória e a classificação GHS.

Sensibilidade respiratória					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
Há evidências para humanos	0,20	0,25	0,35	0,30	0,50
Há teste positivos com animais	0,30	0,35	0,45	0,50	0,30
Sem efeito	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 9. Probabilidades toxicidade crônica no meio aquático e a classificação GHS.

Toxicidade crônica no meio aquático					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
$\leq 0,01$	0,10	0,20	0,20	0,20	0,40
$0,01 \leq 0,1$	0,20	0,20	0,25	0,40	0,30
$0,1 \leq 1$	0,30	0,35	0,40	0,30	0,20
Sem efeito	0,40	0,25	0,15	0,10	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 10. Probabilidades irritação/corrosão na pele e a classificação GHS.

Irritação/corrosão na pele					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
Corosao na pele	0,10	0,20	0,20	0,20	0,40
Irritação na pele	0,20	0,20	0,25	0,40	0,30
Irritação leve	0,30	0,35	0,40	0,30	0,20
Sem efeito	0,40	0,25	0,15	0,10	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 11. Probabilidades toxicidade crônica exposição dermal (rato ou coelho) e a classificação GHS.

Toxicidade crônica exposição dermal (rato ou coelho)					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
≤ 20	0,20	0,30	0,35	0,35	0,45
$20 \leq 200$	0,35	0,30	0,35	0,45	0,35
Sem efeito	0,45	0,40	0,30	0,20	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 12. Probabilidades toxicidade crônica por inalação gás (rato) e a classificação GHS.

Toxicidade crônica exposição por inalação gás rato					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
≤ 50	0,20	0,30	0,35	0,35	0,45
$50 \leq 2050$	0,35	0,30	0,35	0,45	0,35
Sem efeito	0,45	0,40	0,30	0,20	0,20

Tabela apêndice 13. Probabilidades toxicidade crônica por inalação poeira (rato) e a classificação GHS.

Toxicidade crônica exposição por inalação poeira rato					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
≤ 50	0,20	0,30	0,35	0,35	0,45
$50 \leq 2050$	0,35	0,30	0,35	0,45	0,35
Sem efeito	0,45	0,40	0,30	0,20	0,20

Tabela apêndice 14. Probabilidades irritação/danos nos olhos e a classificação GHS.

Irritação/danos nos olhos					
Classificação GHS	5	4	3	2	1
Sem irritação	0,45	0,40	0,30	0,20	0,20
Irritação leve	0,35	0,30	0,35	0,45	0,35
Danos sérios/ irreversíveis	0,20	0,30	0,35	0,35	0,45

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 15. Probabilidades aglomeração e os parâmetros físico-químicos.

Aglomeração			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
Com	0,40	0,45	0,60
Sem	0,60	0,55	0,40

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 16. Probabilidades morfologia e os parâmetros físico-químicos.

Morfologia			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
1 dimensão	0,45	0,40	0,25
2 dimensões	0,30	0,35	0,30
3 dimensões	0,25	0,25	0,45

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 17. Probabilidades estrutura cristalina e os parâmetros físico-químicos.

Estrutura cristalina			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
Com	0,40	0,45	0,60
Sem	0,60	0,55	0,40

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 18. Probabilidades solubilidade em água e os parâmetros físico-químicos.

Solubilidade em água			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
Solúvel	0,30	0,40	0,70
Insolúvel	0,70	0,60	0,30

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 19. Probabilidades tamanho de 1 dimensão e os parâmetros físico-químicos.

Tamanho de pelo menos 1 dimensão			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
≤ 100	0,70	0,60	0,30
>100	0,30	0,40	0,70

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 20. Probabilidades estabilidade em suspensão e os parâmetros físico-químicos.

Estabilidade em suspensão			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
≤ 30	0,40	0,45	0,60
>30	0,60	0,55	0,40

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 21. Probabilidades carga superficial e os parâmetros físico-químicos.

Carga superficial em solução			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
Positiva	0,45	0,35	0,20
Negativa	0,35	0,40	0,35
Neutra	0,20	0,25	0,45

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 22. Probabilidades modificação superficial e as variáveis físicos químicos.

Modificação superficial			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
Sem	0,40	0,45	0,60
Com	0,60	0,55	0,40

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 23. Probabilidades área superficial e os parâmetros físico-químicos.

Área superficial m²/g			
Parâmetros físico-químicos	Alto	Moderado	Baixo
≤10	0,20	0,25	0,45
entre 10 -49	0,35	0,40	0,35
> 50	0,45	0,35	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 24. Probabilidades duração da tarefa e a exposição na tarefa.

Duração da tarefa			
Exposição na tarefa	Alta	Moderada	Baixa
≤ 30 min.	0,20	0,30	0,50
Entre 30 e 240 min.	0,30	0,40	0,30
> 240 min.	0,50	0,30	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 25. Probabilidades quantidade e a exposição na tarefa.

Quantidade			
Exposição na tarefa	Alta	Moderada	Baixa
< 10mg	0,20	0,30	0,50
Entre 10 e 100 mg	0,30	0,40	0,30
>100 mg	0,50	0,30	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 26. Probabilidades formação de aerossol e a exposição na tarefa.

Formação de aerossol			
Exposição na tarefa	Alta	Moderada	Baixa
Sim	0,80	0,60	0,40
Não	0,20	0,40	0,60

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 27. Probabilidades formação de pulverulência e a exposição na tarefa.

Formação de pulverulência			
Exposição na tarefa	Alta	Moderada	Baixa
Sim	0,80	0,60	0,40
Não	0,20	0,40	0,60

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 28. Probabilidades frequência da tarefa e a exposição na tarefa.

Frequência da tarefa			
Exposição na tarefa	Alta	Moderada	Baixa
Diária	0,40	0,20	0,10
Semanal	0,25	0,30	0,15
Mensal	0,15	0,20	0,20
Semestral	0,10	0,15	0,25
Anual	0,10	0,15	0,30

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 29. Probabilidades capacitação dos riscos sobre nanomateriais e a proteção por uso de medidas administrativas.

Capacitação dos riscos sobre nanomateriais			
Proteção por uso de medidas administrativas	Alta	Moderada	Baixa
Não	0,40	0,45	0,60
Sim	0,60	0,55	0,40

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 30. Probabilidades POP para tarefa a ser e a proteção por uso de medidas administrativas.

POP para tarefa a ser executada			
Proteção por uso de medidas administrativas	Alta	Moderada	Baixa
Não	0,40	0,45	0,60
Sim	0,60	0,55	0,40

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 31. Probabilidades manutenção periódica dos EPC e a proteção por uso de medidas administrativas.

Manutenção periódica dos EPC			
Proteção por uso de medidas administrativas	Alta	Moderada	Baixa
Não	0,10	0,15	0,50
Sim, < 6 meses	0,30	0,45	0,30
Sim, ≥6 meses	0,60	0,50	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 32. Probabilidades programa de vigilância dos riscos ambientais e a proteção por uso de medidas administrativas.

Programa de vigilância dos riscos ambientais ocupacional			
Proteção por uso de medidas administrativas	Alta	Moderada	Baixa
Não	0,15	0,25	0,55
Sim	0,30	0,40	0,30
Sim, considera os NM	0,55	0,35	0,15

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 33. Probabilidades vigilância medica e a proteção por uso de medidas administrativas.

Vigilância médica			
Proteção por uso de medidas administrativas	Alta	Moderada	Baixa
Não	0,15	0,25	0,55
Sim	0,30	0,40	0,30
Sim, com exames de concentração de metais no sang	0,55	0,35	0,15

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 34. Probabilidades programa de proteção respiratória e a proteção por uso de medidas administrativas.

Programa de proteção respiratória			
Proteção por uso de medidas administrativas	Alta	Moderada	Baixa
Não	0,10	0,20	0,60
Sim	0,30	0,45	0,30
Sim, considera os NM	0,60	0,35	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 35. Probabilidades calçado e a proteção por uso de EPI.

Proteção para os pés			
Proteção por uso de EPI	Alta	Moderada	Baixa
Calçado aberto	0,20	0,25	0,50
Calçado fechado	0,30	0,35	0,30
Calçado de segurança para agentes químicos	0,50	0,40	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 36. Probabilidades proteção respiratória e a proteção por uso de EPI.

Proteção respiratória			
Proteção por uso de EPI	Alta	Moderada	Baixa
Não utiliza	0,10	0,20	0,70
Máscara de segurança	0,20	0,45	0,20
Máscara de segurança de acordo com PPR	0,70	0,35	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 37. Probabilidades proteção visual e a proteção por uso de EPI.

Proteção visual			
Proteção por uso de EPI	Alta	Moderada	Baixa
Não utiliza	0,10	0,15	0,40
Óculos de segurança simples	0,20	0,30	0,30
Óculos de segurança com ampla visão	0,30	0,35	0,20
Protetor facial	0,40	0,20	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 38. Probabilidades para as mãos e a proteção por uso de EPI.

Proteção para as mãos			
Proteção por uso de EPI	Alta	Moderada	Baixa
Não utiliza	0,10	0,15	0,40
Luvas de borracha	0,20	0,30	0,30
Luvas de nitrila (1 par)	0,30	0,35	0,20
Luvas de nitrila (2 pares)	0,40	0,20	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 39. Probabilidades protetor para o corpo e a proteção por uso de EPI.

Proteção para o corpo			
Proteção por uso de EPI	Alta	Moderada	Baixa
Não utiliza	0,10	0,15	0,40
Jaleco de algodão	0,20	0,30	0,30
Jaleco de material sintético	0,30	0,35	0,20
Macacão de segurança	0,40	0,20	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 40. Probabilidades proteção por uso de EPC e medidas de controle.

Proteção por uso de EPC			
Medidas de controle	Alta	Moderada	Baixa
Contenção completa / isolamento	0,50	0,35	0,10
Ventilação fechada	0,25	0,30	0,15
Ventilação local	0,15	0,20	0,25
Ventilação geral	0,10	0,15	0,50

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 41. Probabilidades proteção por uso de medidas administrativas e medidas de controle.

Proteção por uso de medidas administrativas			
Medidas de controle	Alta	Moderada	Baixa
Baixa	0,20	0,30	0,50
Média	0,30	0,40	0,30
Alta	0,50	0,30	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 42. Probabilidades proteção por uso de EPI e medidas de controle.

Proteção por uso de EPI			
Medidas de controle	Alto	Moderado	Baixo
Baixo	0,20	0,40	0,50
Moderado	0,30	0,30	0,30
Alto	0,50	0,30	0,10

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 43. Probabilidades características de emissão e risco.

Características de emissão			
Risco	Alto	Moderado	Baixo
Baixa	0,20	0,20	0,50
Moderada	0,30	0,50	0,30
Alta	0,50	0,30	0,30

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 44. Probabilidades medidas de controle e características de emissão.

Medidas de controle			
Características de emissão	Alta	Moderada	Baixa
Baixo	0,70	0,20	0,10
Moderado	0,20	0,50	0,20
Alto	0,10	0,30	0,50

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 45. Probabilidades variáveis físicos químicos e perigo.

Influência dos parâmetros físico-químicos			
Perigo	Alto	Médio	Baixo
Baixa	0,20	0,25	0,50
Moderada	0,30	0,50	0,30
Alta	0,50	0,25	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 46. Probabilidades classificação GHS e perigo.

Classificação GHS			
Perigo	Alto	Médio	Baixo
1	0,50	0,10	0,10
2	0,20	0,20	0,10
3	0,10	0,40	0,15
4	0,10	0,20	0,25
5	0,10	0,10	0,40

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 47. Probabilidades Toxicidade aguda oral e classificação GHS.

Perigo			
Risco	Alto	Moderado	Baixo
Baixo	0,20	0,20	0,50
Moderado	0,30	0,50	0,30
Alto	0,50	0,30	0,20

Fonte: O autor 2020.

Tabela apêndice 48. Probabilidades perigo e risco.

Perigo			
Risco	Alto	Moderado	Baixo
	0,40	0,30	0,30

Fonte: O autor 2020.

A2 Carta de apresentação

Caro Especialista

Gostaríamos inicialmente de agradecer sua disponibilidade em contribuir com seu conhecimento e experiência para o desenvolvimento deste trabalho. Suas ponderações serão de extrema importância para que o resultado da tese seja tecnicamente coerente e útil para avaliação de risco envolvendo nanomateriais.

Este trabalho é desenvolvido no programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, na linha de Toxicologia ambiental. Ele vem na continuidade da dissertação de mestrado desenvolvida sobre este tema com o título “Avaliação de risco envolvendo a manipulação de nanomateriais em um laboratório de pesquisa” na qual foi verificada a necessidade de aprofundar os estudos nesta área. Em 2017, deu-se início no doutorado com o objetivo de desenvolver uma rede bayesiana para avaliação do risco ocupacional ao manipular nanoestruturas metálicas.

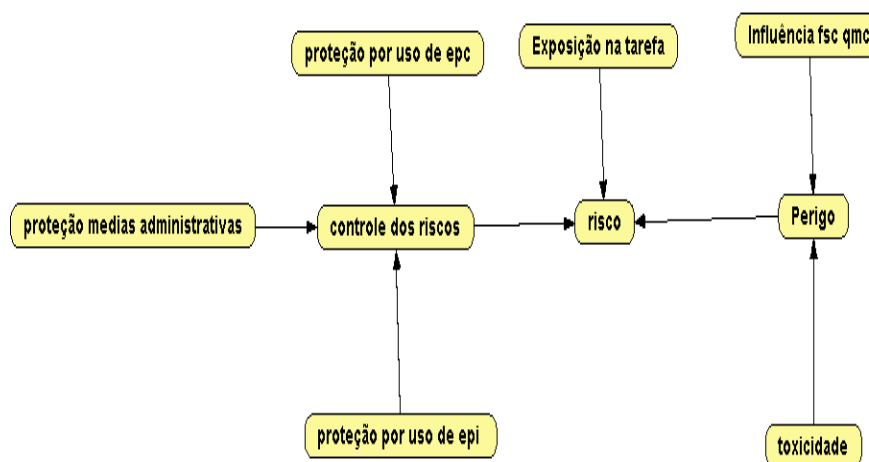
As redes Bayesianas são um modelo de representação probabilístico e tomada de decisão com o raciocínio da incerteza (FONSECA, 2014; LIMA, 2014; NASSAR, 2018). Tais redes são amplamente utilizadas na avaliação de risco nas mais diversas áreas, tais como, ocupacional (VIEIRA, 2016), saúde (LUCAS *et al.*, 2000; SAHEKI, 2005) e ambiental (KABIR *et al.*, 2015) entre outras. A incerteza é expressa em termos de probabilidade através da probabilidade condicional entre as variáveis definidas pelo especialista.

O modelo inicial da rede bayesiana foi desenvolvido a partir da revisão bibliográfica na qual foi iniciada pela definição do risco que é em função do perigo e da exposição. Desta maneira, buscaram-se as variáveis que influenciam tais termos.

Para determinação o perigo foram considerados os resultados dos ensaios de toxicidade (toxicidade crônica, aguda e específica das NE) com base os critérios de perigos à saúde humana e ao meio ambiente da GHS. Para a determinação do perigo também foi considerado a influência das variáveis físicas químicas das NE com base em observações de artigos científicos.

Já no que se refere à exposição e ao controle dos riscos foram utilizados como base modelos de Control Banding (controles de bandas) e os principais guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho e NE no Brasil, Estados Unidos, Canadá, Europa no período de 2008 - 2019. Recomendações de diversos guias de universidades internacionais também foram consideradas na seleção das variáveis.

Na figura abaixo é mostrada de forma simplificada a representação da RB para avaliação do risco ocupacional. O risco é determinado pelo perigo que é dependente das variáveis de toxicidade e influência físicas químicas e pela exposição na tarefa. Para avaliar o risco ao qual o trabalhador está submetido em seu ambiente laboral, foi considerada na rede bayesiana a variável referente ao controle dos riscos que contempla as medidas de controles existentes no ambiente de trabalho tais como: equipamento de proteção coletiva (EPC) e medidas administrativas e equipamento de proteção individual (EPI).



Os questionamentos se darão com base no modelo inicial que encontra-se em anexo e buscamos seu parecer acerca da validade das variáveis necessárias para avaliação do risco e das probabilidades entre as variáveis. A coleta dos dados do questionário irá se utilizar do método de consenso de especialista denominado Delphi, ao qual é recomendado para temas novos e pouco investigados e/ou quando os

dados quantitativos não estão disponíveis ou não podem ser projetados com segurança para o futuro (HASSON; KEENEY; MCKENNA, 2000; ROZADOS, 2015; SANTOS; VIDOTTO; GIUBLIN, 2005; SCARPARO *et al.*, 2012). Tal metodologia de pesquisa é utilizada nas mais diversas áreas como: construção civil, enfermagem, ciência da informação, educação entre outras (HOLANDA; MARRA; CUNHA, 2019; ROZADOS, 2015; SANTOS; VIDOTTO; GIUBLIN, 2005).

Desta forma, serão realizadas algumas rodadas para buscar o consenso entre os especialistas. Nesta 1ª rodada teremos um questionário sobre as variáveis que compõem a avaliação do risco, sendo dividido em 3 áreas de conhecimento Toxicologia, caracterização de materiais e segurança do trabalho, desta maneira caso julgue não ter o conhecimento em determinada área, responda o questionamento com a resposta prejudicado.

Muito Obrigado

José Renato Alves Schmidt – Doutorando

Prof. Dr. William Gerson Matias - Orientador

Dra. Denice Schulz Vicentini – Co-Orientadora

A3 Questionários aplicados aos especialistas

02/07/2020

Questionário área caracterização de materiais: propriedades físico-químicas

Questionário área caracterização de materiais: propriedades físico-químicas

Utilize o campo "outro" caso tenha alguma sugestão para as escolhas das variáveis

***Obrigatório**

1. Em sua opinião, quais variáveis representam a influência das propriedades físico-químicas no perigo das nanoestruturas? *

Marque todas que se aplicam.

- Aglomeração
- Morfologia
- Estrutura cristalina
- Solubilidade em água
- Área superficial
- Tamanho de pelo menos 1 dimensão
- Estabilidade em suspensão
- Modificação superficial
- Carga superficial
- Outro

Discretização das variáveis referentes às propriedades físico-químicas está adequada?

Utilize o campo "outro" caso tenha alguma sugestão para a discretização da variável.

2. Aglomeração?

Marcar apenas uma oval.

- Sim;Com;Sem
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área caracterização de materiais: propriedades físico-químicas

3. Morfologia

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Esférica; folhas ou bastões
- Não
- Outro

4. Estrutura cristalina?

Marcar apenas uma oval.

- Sim;Com;Sem
- Não
- Outro

5. Solubility in water

Marcar apenas uma oval.

- Sim; Dissolução em pH 5 a 09; insolúvel
- Não
- Outro

6. Área superficial?

(m²/g)*Marcar apenas uma oval.*

- Sim. ≤10 ; 10-49 ; >50
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área caracterização de materiais: propriedades físico-químicas

7. Tamanho de 1 dimensão?

(nm)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 100 ; > 100 .
- Não
- Outro

8. Estabilidade em suspensão?

(mv)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. < 30 ; ≥ 30
- Não
- Outro

9. Modificação superficial com grupos hidrofílico

Marcar apenas uma oval.

- Sim;Com;Sem
- Não
- Outro

10. Carga superficial?

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Carregada; neutra
- Não
- Outro

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

02/07/2020

Questionário área caracterização de materiais: propriedades físico-químicas

Google Formulários

Questionário área toxicologia

Utilize o campo "outro" caso tenha alguma sugestão para as escolhas das variáveis

***Obrigatório**

1. Em sua opinião, quais estudos sobre a toxicidade global representam uma preocupação do ponto de vista ocupacional

Marque todas que se aplicam.

	Oral	Dermal	Inalação Gás	Inalação Vapor	Inalação Poeira	No meio aquático
Teste agudo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teste crônico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Outros

3. Em sua opinião, quais ensaios sobre a toxicidade específica representam uma preocupação do ponto de vista ocupacional? *

Marque todas que se aplicam.

- Corrosão/irritação cutânea
- Irritação/dano ocular
- Sensibilidade cutânea
- Sensibilidade respiratória
- Mutagenicidade
- Carcinogenicidade
- Reprodução
- Outro

02/07/2020

Questionário área toxicologia

A discretização das variáveis referentes aos estudos sobre toxicidade global e específica está adequada?

Foram usados os critérios de perigos à saúde humana e ao meio ambiente destacados pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem (GHS), anexo 3 e anexo 4 respectivamente da 6ª Revisão do Purple Book/ONU para discretização das variáveis. Utilize o campo "outro" caso tenha alguma sugestão para a discretização da variável.

4. Toxicidade aguda exposição por via oral
(mg/kg PC)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 5 ; $5 \leq 50$; $50 \leq 300$; $300 \leq 2000$; $2000 \leq 5000$; Sem efeito
- Não
- Outro

5. Toxicidade aguda exposição por via dermal
(mg/kg PC)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 50 ; $50 \leq 200$; $200 \leq 1000$; $1000 \leq 2000$; $2000 \leq 5000$; Sem efeito
- Não
- Outro

6. Toxicidade aguda exposição por inalação - gás
(ppmV)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 100 ; $100 \leq 500$; $500 \leq 2500$; $2500 \leq 20000$; Sem efeito
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área toxicologia

7. Toxicidade aguda exposição por inalação poeira (mg/L)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. $\leq 0,05$; $0,05 \leq 0,5$; $0,5 \leq 1$; $1 \leq 5$; Sem efeito
- Não
- Outro

8. Toxicidade aguda exposição por inalação vapor (mg/L)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. $\leq 0,5$; $0,5 \leq 2$; $2 \leq 10$; $10 \leq 20$; Sem efeito
- Não
- Outro

9. Ensaio irritação/corrosão na pele

Marque todas que se aplicam.

- Sim. Destruição; Com irritação; irritação leve; sem efeito
- Não
- Outro

10. Ensaio irritação/dano nos olhos

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Danos sérios/irreversíveis; irritação reversível; ; sem efeito
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área toxicologia

11. Sensibilidade cutânea

Marque todas que se aplicam.

- Sim. Há evidência para humanos; Há testes positivos para testes com animais; sem efeito
- Não
- Sim

12. Sensibilidade respiratória

Marque todas que se aplicam.

- Sim. Há evidência para humanos; Há testes positivos para testes com animais; sem efeito
- Não
- Outro

13. Potencialmente carcinogênica ou mutagênica ou tóxica para reprodução?

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Sem efeitos; possivelmente tóxica para humanos; positivo para humanos
- Não
- Outro

14. Ensaio toxicidade aguda no meio

41/500096h LC50 (fish) and / or 48h EC50 crustaceans

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 1 ; $1 \leq 10$; $10 \leq 100$; sem efeito
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área toxicologia

15. Toxicidade crônica exposição por via oral (rato)
(mg/kg PC/d)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 10 ; $10 \leq 100$; sem efeito
- Não
- Outro

16. Toxicidade crônica exposição por via dermal(rato ou coelho)
(mg/kg PC)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 20 ; $20 \leq 200$; sem efeito
- Não
- Outro

17. Toxicidade crônica exposição via inalação gás (rato)
(ppm V/6 h/d)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 50 ; 50-250; sem efeito
- Não
- Outro

18. Toxicidade crônica exposição via inalação gás (rato)
(ppm V/6 h/d)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. ≤ 50 ; 50-250; sem efeito
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área toxicologia

19. Toxicidade crônica exposição via inalação vapor (rato)
(ppm V/6 h/d)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. $\leq 0,20$; 0,20-1; sem efeito
- Não
- Outro

20. Ensaio toxicidade crônica no meio
(Unobserved Effect Concentration)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. $\leq 0,01$; $0,01 \leq 0,1$; $0,1 \leq 1$; sem efeito
- Não
- Sim

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Questionário área segurança do trabalho: exposição

Pulverulência: é a capacidade ou probabilidade (facilidade) do material dispersar-se no ar. Utilize o campo "outro" caso tenha alguma sugestão para as escolhas das variáveis

***Obrigatório**

1. Em sua opinião, quais variáveis que influenciam a exposição do trabalhador na realização da tarefa? *

Marque todas que se aplicam.

- Quantidade utilizada na tarefa
- Duração da tarefa
- Frequência de realização da tarefa
- Formação pulverulência
- Formação de aerossol
- Outro

Discretização das variáveis referentes à exposição do trabalhador está adequada?

Para denição adas variáveis referente à exposição foram utilizados como critério os modelos de Control Banding. Utilize o campo "outro" caso tenha alguma sugestão para a discretização da variável.

2. Quantidade utilizada na tarefa (mg)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. <10; 10-100; >100
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área segurança do trabalho: exposição

3. Duração da tarefa

(min)

Marcar apenas uma oval.

- Sim. <30; 30-240; >240.
- Não
- Outro

4. Frequência de realização da tarefa

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Diária; semanal; mensal; anual.
- Não
- Outro

5. Formação de pulverulência

Marcar apenas uma oval.

- Sim .Com; sem
- Não
- Outro

6. Formação de aerossol

Marcar apenas uma oval.

- Sim .Com; sem
- Não
- Outro

Área segurança do trabalho:
medidas de controle

Utilize o campo "outros" caso tenha alguma sugestão
para as escolhas das variáveis

02/07/2020

Questionário área segurança do trabalho: exposição

7. Em sua opinião quais variáveis favorecem o controle da exposição?

Marque todas que se aplicam.

- Proteção por uso de equipamentos de proteção coletiva
- Proteção por uso de medidas administrativas
- Proteção por uso de equipamentos de equipamento individual
- Outro

8. Em sua opinião quais variáveis que influenciam a proteção por uso de equipamentos de proteção coletiva *

Marque todas que se aplicam.

- Contenção completa/ isolamento
- Ventilação fechada
- Ventilação local
- Ventilação geral
- Outro

9. Em sua opinião quais variáveis que influenciam a proteção por uso de medidas administrativas? *

Marque todas que se aplicam.

- POP para a tarefa a ser executada
- Capacitação dos riscos sobre nanomateriais
- Manutenção periódica dos equipamentos de proteção coletiva
- Programa de vigilância dos riscos ambientais ocupacionais
- Vigilância medica
- Outro

02/07/2020

Questionário área segurança do trabalho: exposição

10. Em sua opinião quais variáveis que influenciam a proteção por uso equipamentos de equipamento individual? *

Marque todas que se aplicam.

- Proteção para o corpo
- Luvas
- Protetor visual
- Proteção respiratória
- Calçado
- Outro

Discretização das variáveis referentes às medidas de controle da exposição está adequada?

Para denição adas variáveis referente ao controle dos riscos foram utilizados como critério os modelos de CB e os principais guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho para nanoestruturas no Brasil, Estados Unidos, Canadá, Europa entre o período de (2008-2019). Utilize o campo "outros" caso tenha alguma sugestão para a discretização da variável.

11. Procedimento operacional padrão para a tarefa a ser executada

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não tem o POP; sim tem o POP
- Não

12. Programa de vigilância dos riscos ambientais ocupacionais

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não tem ; sim ,tem; Sim, tem e considera os nanomateriais?
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área segurança do trabalho: exposição

13. Manutenção periódica dos equipamentos de proteção coletiva

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não realiza manutenção periódica; sim tempo maior que 12 meses; sim tempo menor que 12 meses
- No
- Other

14. Capacitação dos riscos sobre nanomateriais

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não tem capacitação; sim tem capacitação
- No
- Other

15. Vigilância médica

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não tem ; sim ,tem; Sim, tem e considera os nanomateriais?
- Não
- Outro

16. Programa de proteção respiratória

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não tem o programa; sim tem o programa; sim tem o programa e considera as nanomaterias
- No
- Other

02/07/2020

Questionário área segurança do trabalho: exposição

17. Proteção para o corpo

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não utiliza proteção para o corpo; utiliza jaleco de algodão; utiliza jaleco de material sintético; utiliza macacão de segurança
- Não
- Outro

18. Proteção para as mãos

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não utiliza; luvas de borracha ; luvas de nitrila (1 par) ; luvas de nitrila (2 pares)
- Não
- Outro

19. Proteção visual

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não utiliza protetor visual ; óculos de segurança simples ; óculos de segurança com ampla visão ; protetor visual
- Não
- Outro

20. Proteção respiratória

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não utiliza proteção respiratória; mascara de segurança sem critério de seleção; mascara respiratória de acordo com o programa de proteção respiratória
- Não
- Outro

02/07/2020

Questionário área segurança do trabalho: exposição

21. Proteção para os pés

Marcar apenas uma oval.

- Sim. Não utiliza; calçado aberto; calçado fechado; calçado de segurança para agentes químicos
- Não
- Outro

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários