

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA
POLÍTICA**

Tade-Ane de Amorim

**NANOTECNOLOGIA E CONSTITUIÇÃO DE RISCOS: UMA
ANÁLISE DOS NANOTUBOS DE CARBONO A PARTIR DA
SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA**

Tese submetida ao programa de pós-graduação em sociologia política da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Sociologia Política.

Orientadora: Prof^a. Dra. Julia Silvia Guivant

Florianópolis

2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

A524n Amorim, Tade-Ane de

Nanotecnologia e constituição de riscos [tese] : uma análise dos nanotubos de carbono a partir da sociologia da ciência / Tade-Ane de Amorim ; orientadora, Júlia Silvia Guivant. - Florianópolis, SC, 2011.

212 p.: il., grafs, tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política.

Inclui referências

1. Sociologia. 2. Sociologia política. 3. Nanotecnologia. 4. Nanotubos de Carbono. 5. Ciência - Aspectos sociais. 6. Avaliação de riscos. I. Guivant, Julia Silvia. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política. III. Título.

CDU 316

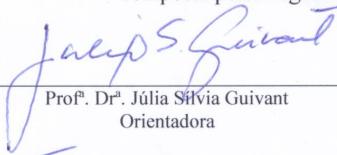


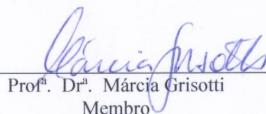
Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Campus Universitário - Trindade
Caixa Postal 476
Cep: 88040-900 - Florianópolis - SC - Brasil
E-mail: ppgsp@cfh.ufsc.br

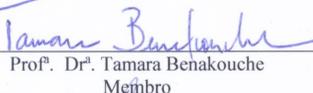
“Nanotecnologia e Constituição de Riscos: uma análise dos nanotubos de carbono a partir da Sociologia da Ciência.”

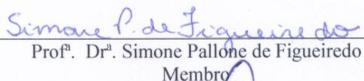
Tade-Ane de Amorim

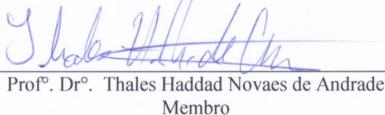
Esta tese foi julgada e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pelos demais membros da Banca Examinadora, composta pelos seguintes professores:

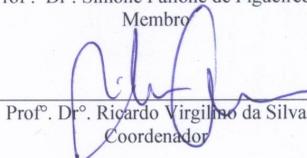

Profª. Drª. Júlia Sílvia Guivant
Orientadora


Profª. Drª. Márcia Grisotti
Membro


Profª. Drª. Tamara Benakouche
Membro


Profª. Drª. Simone Pallone de Figueiredo
Membro


Profª. Drª. Thales Haddad Novaes de Andrade
Membro


Profª. Drª. Ricardo Virgílio da Silva
Coordenador

FLORIANÓPOLIS (SANTA CATARINA), DEZEMBRO DE 2011.

Fone (48) 3721-9253 Fax: (48) 3721-9098

<http://www.sociologia.ufsc.br/>

**Aos meus queridos filhos Pedro, Vicente e Caio, que não se cansam
de me ensinar.**

Ao Marco pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política, representado por seus professores, funcionários e alunos, que ofereceram estrutura e suporte para a realização desta tese.

À Universidade Federal de Santa Catarina, que me proporcionou quatro anos de estudos gratuitos. Espero que a oportunidade de acesso a uma universidade pública de qualidade ser acessível a muitos brasileiros.

À CAPES pela bolsa de doutorado.

À professora orientadora, Dra. Julia S. Guivant, que me apresentou a temática, incentivou-me a estudar o enorme mundo nano e partilhou comigo tantas idas e vindas, nesse processo de meu doutoramento. Com sua invejável energia e imensa generosidade esteve ao meu lado em tantos e importantes momentos de minha vida acadêmica e pessoal. Sou muito grata por fazer parte do Instituto de Pesquisa em Riscos e Sustentabilidade - IRIS –espaço de intensas trocas intelectuais e afetivas.

Aos colegas do IRIS, que estão sempre prontos a enviar um novo artigo que foi encontrado, discutir nossos textos e escutar nossas dúvidas. Agradecimento especial a Juliana, pela pelas palavras de incentivo; a Beth, pela alegria contagiante; a Marília, pelas boas conversas; a Carol, pela disponibilidade em ajudar sempre, pelas leituras atentas e carinhosas de meus textos, pelo companheirismo que nos levou a outros países; a Denise, pelas trocas intelectuais, pela disponibilidade em discutir meus escritos e por ter me dado tanto carinho e atenção na fase final da tese, ter amiga tão dedicada e amorosa é um privilégio do qual agradeço todos os dias.

À professora Tamara Benakouche, que foi minha orientadora de iniciação científica e mestrado. Participou da qualificação do doutorado, e tem participação decisiva em meu processo de formação.

Aos colegas de doutorado Gustavo e Márcia, pelas instigantes discussões em sala de aula e troca afetuosa.

A Albertina, Fátima e Otto pela ajuda e dedicação em resolver as necessidades burocráticas.

A minha mãe por uma vida de dedicação à família.

A minha irmã Graça que encheu minha casa de carinho e me dá a certeza que minha ausência é preenchida por amor. A minha amiga Glória e Aline que estavam sempre disponíveis para conversar, ler e sugerir.

A meus amigos que de diferentes maneiras foram importantes nesse processo: Rogério, Marilise, Renata e Juliane.

A todos, meu agradecimento.

Faça o quiser, mas a linguagem
deles não pode se tornar a sua
metalinguagem.

Bruno Latour, 2006

RESUMO

O objetivo central desta tese é analisar o processo de constituição de uma nova tecnologia como portadora de riscos. Partindo de um produto nanotecnológico, o nanotubo de carbono, discutiu-se a constituição de um risco tecnológico. Utilizou-se o referencial teórico desenvolvido principalmente por Bruno Latour, designado *Actor Network Theory* e conhecido no Brasil como teoria do ator-rede. Foram analisados todos os artigos científicos que continham as palavras '*risk*' e '*carbon nanotubes*' publicados nas principais revistas acadêmicas internacionais e disponibilizados no portal de periódico CAPES, no período de 2003 até 2010. A amostra foi composta de 102 artigos. Concluiu-se que, na constituição dos riscos tecnológicos, não há uma produção cumulativa do conhecimento; tem-se uma produção mais complexa. Cada novo ator que é arrolado na rede do nanotubo de carbono, como um material portador de riscos, produz uma tradução do que é considerado como evidência de risco, e essa tradução se dá tanto no presente quanto no passado. É apresentado, também, de que forma os documentos produzidos por agências governamentais (EPA, nos Estados Unidos, e Royal Society, no Reino Unido) e as indústrias químicas DuPont e Bayer discutem os riscos dos nanotubos de carbono. Verificou-se que há expressivas diferenças na forma como os riscos são percebidos e enfrentados por tais agências e indústrias, e que tais percepções refletem, de modo mais amplo, o entendimento de ciência de tais entidades. Neste trabalho, abriu-se a 'caixa-preta' da constituição do nanotubo de carbono como uma tecnologia que contém riscos e apontou-se como uma determinada tecnologia passa a ser considerada arriscada pelos próprios cientistas. Nesse sentido, a tese contribui para as teorias sociais sobre análise de riscos. Mesmo tomando um produto em particular, a tese possibilita entender, de maneira mais ampla, o processo de constituição de um risco tecnológico.

Palavras chave: Nanotecnologia. Análise de Risco. Nanotubo de Carbono. Teoria Ator-Rede. Sociologia da Ciência.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to analyze the construction process of a new technology as a risky one. We discussed the construction of a technological risk, from a nanotechnological product, the carbon nanotube. Our theoretical framework consisted mainly in the one developed by Bruno Latour, called Actor Network Theory. We analyzed all scientific articles that contained the words 'risk' and 'carbon nanotubes' published in major international academic journals and made available on CAPES journal database, from 2003 until 2010. The sample consisted of 102 articles. We concluded that, in the construction of technological risks, it does not take place a cumulative production of knowledge, but a more complex production. Each new actor who is enrolled in the carbon nanotube network, considered as a material that carries risks, produces a reframing of what is considered as evidence of risk, and this reframing, occurs both in the present, as in the past. We also showed how the risks of carbon nanotubes were discussed in documents produced by government agencies (EPA, USA, and Royal Society, UK) and Bayer and Dupont chemical industries. We identified that there are significant differences in how risks are perceived and addressed by these agencies and industries and that such perceptions reflects, more broadly, how science is perceived by those actors. This research opened up the 'black box' of the constitution of the carbon nanotube as a technology that carries risks and pointed how a particular technology is now considered risky by the scientists themselves; therefore, the work contributes to the social theories related to risk analysis. Even limited to a particular product, the thesis provides insights to the more broadly understanding of the construction process of a technological risk.

Key-words: Nanotechnology. Risk Analysis. Carbon Nanotubes. Actor Network Theory. Sociology of Science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação comparativa do tamanho de um nanômetro.....	27
Figura 2 - Número de produtos listados pelo PEN desde 2005.....	32
Figura 3 - Produtos agrupados por categoria listados pelo PEN desde 2005.....	33
Figura 4 – Representação gráfica do SWNT.....	35
Figura 5 – Representação gráfica do MWNT.....	36
Figura 6 - Capa do relatório produzido em 2003 pelo grupo ETC sobre os riscos da nanotecnologia.	109
Figura 7- Mapa de citação do artigo de Warheit e colaboradores (2004). À esquerda estão representados os 15 artigos citados pelo autor e, à direita, os 526 artigos que o citaram.....	113
Figura 8 - Mapa de citação do artigo de Lam e colaboradores (2004). À esquerda estão representados os 46 artigos citados pelo autor e, à direita, os 451 artigos que o citaram.....	113
Figura 9 - Mapa de citação do artigo de Shvedova e colaboradores (2005). À esquerda estão representados os 29 artigos citados pelo autor e, à direita, os 464 artigos que o citaram.....	114
Figura 10 - Esquema de citação do artigo de Warheit e colaboradores (2004).....	121
Figura 11 - Modificações nas sentenças que citavam o artigo de Warheit.	130
Figura 12 - Piada visual envolvendo asbesto, presente na série de desenho animado norte-americana The Simpsons.....	135
Figura 13 - Extrapolação dos problemas em pulmões de ratos até os trabalhadores.....	142
Figura 14 - Quadro 'A fábrica do futuro', do 'Livro Verde da Ciência e Tecnologia'.....	149
Figura 15 - Encarte publicitário da Bayer.....	151
Figura 16 - Representação de diferentes respostas sobre os riscos da nanotecnologia.....	175

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Visão dos riscos para diferentes áreas do saber.....	75
Quadro 2 - A teoria social frente aos debates entre realismo e construtivismo.....	100
Quadro 3 – Exemplos comparativos de sentenças que apresentam os riscos potenciais dos nanotubos de carbono.....	128
Quadro 4 – Exemplos comparativos de sentenças que apresentam os riscos potenciais dos nanotubos de carbono.....	131
Quadro 5: Recomendações do EPA.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos artigos encontrados utilizando-se as palavras chave ' <i>carbon nanotubes</i> ' e ' <i>risk</i> ' na Plataforma CAPES, por ano de publicação.....	104
Tabela 2 – Distribuição dos artigos após a pré-triagem e a leitura flutuante dos selecionados, por ano de publicação.....	105
Tabela 3 – Distribuição dos artigos selecionados, por ano de publicação e classificados nas categorias Revisão, Divulgação, Resultados de Pesquisa e Outros.....	106
Tabela 4 – Número de artigos que citam o trabalho de Warheit e colaboradores (2004) dentre o total de artigos analisados.....	119
Tabela 5 – Número de artigos que citam o trabalho de Warheit e colaboradores (2004) e de que maneira essas citações se inserem nos artigos.....	120
Tabela 6 – Artigos que discutem a questão do abestos entre todos os artigos analisados por esta tese.....	136

LISTA DE ABREVIATURAS

ANT – Actor Network Theory
CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNT – Carbon Nanotubes
DEFRA - Department for Environment Food and Rural Affairs
DECONCIC - Departamento da Indústria da Construção
EDF – Environmental Defense Found
EPA- Environmental Protection Agency
FDA - Food and Drug Administration (FDA)
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MWNT – Multi- wall nanotubes
NNI- National Nanotechnology Initiative
NSF – Nacional Science Foundation
NTC- Nanotubo de Carbono
PEN – Project Emerging Nanotechnology
OGMs- Organismos Geneticamente Modificados
ONG- Organização Não Governamental
OOSHA - Occupational Safety and Health Administration Food and Drug Administration (FDA)
IRIS - Instituto de Pesquisa em Risco e Sustentabilidade
RAE - Royal Society and Royal Academy of Engineering
SWNNT – Single-wall nanotubes
TAR – Teoria Ator-Rede
WSJ – Wall Street Journal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
2 REALISMO, CONSTRUTIVISMO E REALISMO CONSTRUÍ- DO: OS CAMINHOS DA SOCIOLOGIA DO CONHECIMEN- TO E DA SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA.....	43
2.1 O REALISMO.....	45
2.1.1 Basta separar ciência de ideologia que a realidade se mostra: Marx e a busca perdida.....	46
2.1.2 A realidade está aí para ser desvendada: dê-me uma boa meto- dologia e descobriremos a realidade social. O caminho traçado por Comte e seguido por Durkheim.....	48
2.1.3 Mannheim e o início da Sociologia do Conhecimento.....	50
2.2 OS CONSTRUTIVISTAS.....	52
2.2.1 Compreender é compreender; explicar é explicar: Weber, Schultz e a separação entre Natureza e Cultura.....	54
2.2.2 Merton: o início da sociologia da ciência.....	57
2.2.3 Bloor: a sociologia do conhecimento científico.....	59
2.3 REALISMO CONSTRUÍDO OU CONSTRUÇÃO REALISTA: O CAMINHO TRAÇADO POR BRUNO LATOUR E MICHEL CALLON.....	61
2.3.1 A constituição de eventos científicos: contribuições da ANT...	66
3 SOCIOLOGIA E RISCOS.....	73
3.1 SOCIEDADE DE RISCO: BECK E GIDDENS.....	78
3.2. RISCOS CIENTÍFICOS NA TEORIA DE BECK.....	93
3.3 AS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DA ANT PARA ANÁLISE DE RISCOS.....	98
4 A CONSTITUIÇÃO DE UM RISCO MANUFATURADO ENTRE CIENTISTAS.....	103

4.1 O NANOTUBO DE CARBONO E A CONSTITUIÇÃO DOS RISCOS NAS REVISTAS CIENTÍFICAS.....	103
4.2 NÃO SABEMOS O QUE NÃO SABEMOS, MAS TALVEZ TENHAMOS QUE TENTAR SABER: O INÍCIO DA DISCUSSÃO SOBRE NANOTUBOS DE CARBONO E RISCOS.....	107
4.3 UM ARTIGO, MUITAS INTERPRETAÇÕES.....	116
4.3.1 Artigos que citam Warheit e colaboradores sem apontar para os riscos.....	122
4.3.2 Artigos que citam Warheit e colaboradores para afirmar que, SIM, há riscos.....	125
4.4 PARECE ASBESTO! AS APROXIMAÇÕES DO NANOTUBO DE CARBONO AO ASBESTO.....	132
5 RISCOS: DIFERENTES QUESTIONAMENTOS E DIFERENTES RESPOSTAS.....	145
5.1 A NEGAÇÃO DE RISCOS: OU “SE EU NÃO SEI QUAIS SÃO OS RISCOS, O MELHOR É IGNORÁ-LOS”.....	148
5.2 OS RISCOS EXISTEM; NÓS NÃO SABEMOS AO CERTO QUAIS SÃO, MAS LOGO DESCOBRIREMOS.....	152
5.3 NÃO SABEMOS, TALVEZ NÃO SABEREMOS, MAS AINDA ASSIM TEMOS DE DECIDIR.....	157
5.3.1 DuPont e EDF juntas na discussão dos riscos da nanotecnologia.....	157
5.3.2 Oportunidades e incertezas apontadas pela Royal Society....	168
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	177
REFERÊNCIAS.....	183
ANEXO – RELAÇÃO DOS ARTIGOS.....	199

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa que constitui a presente tese se insere em um conjunto de pesquisas mais amplo sobre Nanotecnologia, Riscos e Governança que vem sendo desenvolvido no Instituto de Pesquisa em Risco e Sustentabilidade (IRIS), coordenado pela professora Dra Julia Guivant. A tese situa-se entre dois conjuntos de preocupações teóricas: as teorias sobre análise de risco e a sociologia da ciência e tem por objetivo analisar o processo de constituição¹ de risco de uma nova tecnologia. Usando o caso de um produto nanotecnológico, o nanotubo de carbono, será discutido de que maneira os cientistas elaboram suas percepções sobre os possíveis riscos de uma nova tecnologia. Assim, acompanhou-se o processo de transformação de uma tecnologia que, até determinando momento, era considerada segura, ou que, ao menos, não havia sido questionada sobre seus critérios de segurança, até o ponto em que ela passa a ser considerada arriscada. O objetivo é entender como cientistas negociam os critérios e chegam a consensos sobre se algo é ou não considerado arriscado. Para entender como o conhecimento sobre o risco do nanotubo de carbono é processado foi realizada uma análise dos artigos científicos publicados nas principais revistas acadêmicas que discutem sobre riscos e nanotubos de carbono.

Seguindo o referencial teórico desenvolvido principalmente por Bruno Latour, designado *actor network theory* e conhecido no Brasil como teoria do ator-rede, os atores, ou, neste caso, o espaço de materialidade das discussões científicas – os artigos científicos – foram seguidos desde a primeira discussão levantada associando risco a nanotubos de carbono. Assim, foi possível compreender como o processo foi constituído. Seguiu-se o percurso traçado pelo próprio nanotubo de carbono nas revistas científicas até o ano de 2010. Este trabalho pretende contribuir para as teorias sociais sobre riscos. Como será apresentado mais adiante, a maior parte das discussões sobre análises de risco inicia a partir de consensos científicos sobre o que é ou não considerado um, não abre a 'caixa-preta', no sentido dado por Latour (2001), sobre como uma determinada tecnologia passa a ser considerada

¹ A opção pelo termo constituição e não construção, como é mais comumente utilizado, se deu por entender-se que constituição traduz de forma mais abrangente os processos coletivos que estão envolvidos no processo de produção do conhecimento científico. Foi Michel Callon, em sua fala na conferência inaugural da VIII Jornada Latino-Americana de estudos da Ciência e Tecnologia, em junho de 2008, que apresentou o conceito que será utilizado.

arriscada pelos próprios cientistas. Neste trabalho, nós abrimos a 'caixa-preta' da constituição do nanotubo de carbono como uma tecnologia que contém riscos. E por qual razão o nanotubo de carbono foi escolhido para a análise?

Como afirmado anteriormente, esta tese se insere num conjunto mais amplo de pesquisas coordenadas pela professora Julia Guivant. A proposta inicial era realizar uma análise comparativa sobre percepção de riscos dos nanomedicamentos em diferentes países. No decorrer da pesquisa, percebemos que a metodologia de análise comparativa é um excelente instrumento para se discutir como diferentes culturas políticas geram perspectivas científicas distintas. No entanto, tal metodologia, possui alcance limitado no entendimento das controvérsias científicas, uma vez que não acessa a ciência por dentro, não chega a discussões sobre como se constituem os critérios de validação de verdade; ou seja, não abre as 'caixas- pretas', para utilizar uma categoria proposta por Latour:

A expressão caixa-preta é usada em cibernética sempre que uma máquina ou um conjunto de comandos se revela complexo demais. Em seu lugar, é desenhada uma caixinha preta, a respeito do qual não é preciso saber nada, senão o que nela entra e o que dela sai. (...) Ou seja, por mais controvertida que seja sua história, por mais complexo que seja seu funcionamento interno, por maior que seja a rede comercial ou acadêmica para a sua implementação, a única coisa que conta é o que se põe nela e o que dela se tira. (LATOURE, 2000, p.14)

Para alcançar o objetivo inicial de discutir as controvérsias científicas relacionadas à nanotecnologia, seria necessário continuar remando, seguir um pouco mais 'rio acima', para entender como os critérios de verdade são validados no próprio processo de sua definição. Optou-se por seguir o caminho das controvérsias em aberto, das incertezas:

Incerteza, trabalho, decisões, concorrência, controvérsias, é isso o que vemos quando fazemos um *flashback* das caixas-pretas certinhas, frias, indubitáveis para o seu passado recente. Se tomarmos duas imagens, uma das caixas-pretas e

outra das controvérsias em aberto, veremos que são absolutamente diferentes.” (LATOURE, p.16)

Foi com o entendimento de que a ciência 'pela porta de trás' seria acessada que o objeto de estudo foi definido. Havia sintonia com a perspectiva teórica da tese, pois, como afirma Latour (2000, p.8), a entrada no mundo da ciência não deve ser pela “entrada mais grandiosa da ciência acabada” e, sim, “pela porta de trás, a da ciência em construção”.

Desde o início do estudo sobre nanotecnologia, chamava nossa atenção o amplo debate acerca da segurança/insegurança do nanotubo de carbono. E, no decorrer da pesquisa, foi possível perceber que o nanotubo de carbono era o produto da nanotecnologia que mais despertava discussões acadêmicas sobre os seus potenciais riscos. Tal produto passou a receber grande atenção tanto nas revistas e reuniões científicas, quanto na mídia em geral, principalmente após um artigo publicado na revista científica de maior fator de impacto na área da nanotecnologia, a *Nature Nanotechnology*, intitulado “*Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study*”. Este artigo é de autoria de Craig A. Poland, um importante toxicologista da universidade de Edinburg, e outros quatro co-autores, sendo um deles Andrew Maynard, na época, diretor do *Project Emerging Nanotechnologies* (PEN) que, como explicaremos adiante, exerce um forte papel na divulgação de possíveis riscos da nanotecnologia. O artigo conclui que um tipo específico de nanotubo de carbono, o de parede simples, quando introduzido na cavidade abdominal de ratos, apresenta um comportamento semelhante ao asbesto, um material sabidamente perigoso à saúde. A partir dessa publicação, muitas outras se seguiram e, no decorrer da pesquisa, observou-se que muitas outras a antecederam, inclusive apresentando uma similaridade entre o nanotubo de carbono e o asbesto. Após intensa investigação, decidiu-se que o nanotubo de carbono era o elemento ideal para nossa análise em função dos seguintes fatores:

- a) É um material amplamente utilizado, como será apresentado adiante, por ser empregado na indústria de computadores, construção civil e medicamentos, entre outras.
- b) Seus riscos estão sendo amplamente pesquisados, sobretudo em relação aos possíveis impactos sobre a saúde do trabalhador que, a exemplo do asbesto, seriam os mais atingidos, caso se constituísse realmente como um material perigoso.
- c) É um ator não humano que pode ser seguido, diferentemente

dos medicamentos, por exemplo, que têm suas pesquisas protegidas por anonimato durante muitos anos; aspectos referentes ao nanotubo de carbono são amplamente discutidos em revistas científicas;

- d) As pesquisas e a divulgação sobre seus possíveis riscos apresentam algumas singularidades. Como será discutido adiante, a nanotecnologia em geral, especificamente o nanotubo de carbono, é amplamente pesquisada e discutida no que tange a possíveis riscos, não somente por pesquisadores ligados a universidades e agências governamentais, mas também à indústria.

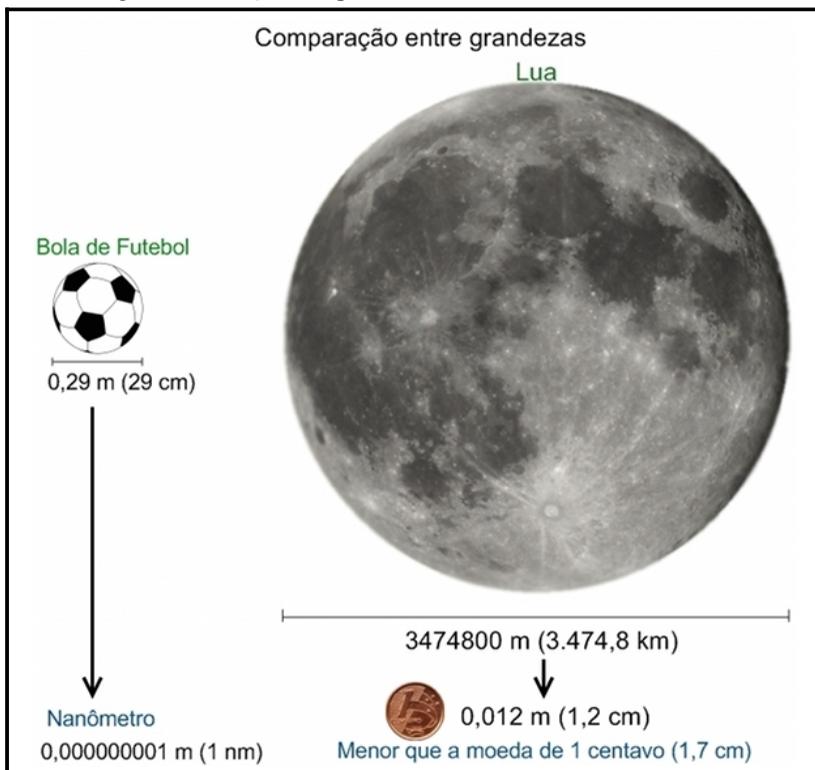
Antes de entrar em detalhes a respeito das características do nanotubo de carbono, serão apresentadas as principais características da nanotecnologia. Nanotecnologia pode ser entendida como a possibilidade de desenvolver artefatos muito pequenos, manipular a matéria no nível molecular ou atômico. Nano é o prefixo utilizado para designar uma parte de um bilhão; assim, um nanômetro (1nm) corresponde a um bilionésimo de um metro (1×10^{-9} m). Para se ter uma noção aproximada do tamanho de 1 nanômetro, pode-se pensar na dimensão do fio de cabelo humano, que é de 50 mil nm; de um vírus, que tem tamanho variável entre 10 a 100 nanômetros; ou de um átomo, com 0,2 nm.

A Figura 1 é ilustrativa da relação entre a escala métrica e a escala nanométrica. Comparativamente, um nanômetro está tão distante, em tamanho, de uma bola de futebol quanto uma pequena moeda está do tamanho da Lua.

O marco inicial da nanotecnologia é frequentemente relacionado à palestra proferida em 1959 por Richard Feynman – prêmio Nobel de Física de 1965 – na Universidade de Berkeley (Califórnia, USA), intitulada *There is plenty of room at the bottom*. Nela, o físico argumentou sobre a necessidade de explorar o mundo, naquele momento desconhecido, aos níveis da escala molecular, atômica e subatômica. E sugeriu, ainda, que um dia seria possível manipular a matéria átomo por átomo² e que, dessa forma, todos os volumes da enciclopédia britânica poderiam ser reduzidos ao espaço equivalente à cabeça de um alfinete.

² As ideias lançadas em 1959 só começaram a tomar corpo na década de 80, com o advento dos microscópios de tunelamento e de varredura de sonda, já que esses instrumentos têm a capacidade de mapear objetos na escala nanométrica. Dessa maneira, foi possível manipular individualmente átomo por átomo.

Figura 1 – Relação comparativa do tamanho de um nanômetro.



Fonte: Tetera Consultoria <http://teteraconsultoria.com.br/blog/o-que-e-nanotecnologia>.

As aplicações da nanotecnologia potencializam a criação de novos materiais e novos produtos. Com a manipulação átomo a átomo, cria-se a possibilidade de alterar a estrutura da própria matéria. Utilizando a escala nano, uma gama de novas perspectivas se desenha na ciência. Nessa nova escala, novas propriedades físicas e químicas são observadas, como esclarecem os físicos Melo e Pimenta, (2004, p.10):

(...) uma amostra de um material metálico, ou seja, naturalmente condutor de eletricidade, pode se tornar isolante quando em dimensões nanométricas. Um objeto nanométrico pode ser mais duro que outro que, embora formado do mesmo material, seja de maior tamanho. Por sua vez, a cor de uma partícula de um dado material,

pode também depender de seu tamanho. Um material magnético pode deixar de se comportar como um ímã ao ser preparado sob a forma de amostras nanométricas. Um material relativamente inerte, do ponto de vista químico, como o ouro, pode se tornar bastante reativo quando transformado em nanopartículas.

Há diversas definições para nanotecnologia. A definição oficial do US *National Nanotechnology Initiative* (NNI), um programa federal dos Estados Unidos sobre pesquisa e desenvolvimento, estabelecido para coordenar os esforços de diversas agências na área de nanotecnologia, é:

A compreensão e o controle da matéria em dimensões aproximadamente entre 1 e 100 nanômetros, onde fenômenos únicos permitem novas aplicações. Englobando ciência em nanoescala, engenharia e tecnologia, a nanotecnologia envolve imagem, medição, modelagem e manipulação da matéria nessa escala de comprimento” (NNI, 2008)³

Nas definições de nanotecnologia existem variações sobre onde começa e termina a nanoescala, se em 50, 100 ou 1000 nanômetros. Algumas definições são mais amplas e não estipulam a dimensão, como é o caso da utilizada pela Royal Society & Royal Academy of Engineering (RAE) do Reino Unido. Em sua definição frequentemente citada, apresenta uma diferenciação entre a nanociência e a nanotecnologia:

Nanociência é o estudo dos fenômenos e a manipulação de materiais em escala atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades diferem significativamente daquelas em uma escala maior.

Nanotecnologias são o design, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas de forma controlar e tamanho em escala manométrica. (ROYAL SOCIETY & ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2004; p. 5)

³ <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>. Acessado em 12/02/2008.

A Royal Society enfatiza, ainda, que a noção de nanotecnologia no singular é equivocada, e que, na realidade, há muitas **nanotecnologias** em diversas aplicações e com características muito variadas.

No Brasil, não há uma definição oficialmente aceita, mas o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) apresenta, em seu *website*, um reconhecimento da multiplicidade de definições:

Por ser uma área relativamente recente, não há unanimidade quanto à abrangência da definição de Nanociência e Nanotecnologia (N&N). No entanto, é uma área de pesquisa multidisciplinar, que abrange partes da física, da química, da biologia, etc. (MCT, 2008)⁴

Trata-se de um campo de pesquisa eminentemente interdisciplinar, com áreas de pesquisa que agregam a física, a química, a biologia, a engenharia de materiais, e a medicina, entre outras áreas. Para Roco e Bainbridge (2002), a grande importância da nanotecnologia está na possibilidade de fazer uma convergência de diferentes tecnologias – como biotecnologia, robótica, informática, e outras – e, a partir dessa convergência, desenvolver produtos inovadores.

Governos e iniciativa privada de diversos países têm investido pesadamente no desenvolvimento de pesquisas nessa área. No ano de 2004, a *US National Science Foundation* (NSF) projetou que, até 2015, o mercado global envolvendo produtos nanotecnológicos chegaria a um trilhão de dólares. Mais recentemente, em 2007, esses dados foram revistos pelo *Lux Research*, uma das mais importantes empresas de consultoria na área, a qual projetou que em 2014 esse o mercado chegará a 2,6 trilhões de dólares (LUX RESEARCH, 2007).

Não é possível precisar com exatidão quantos produtos contendo nanotecnologia existem no mercado, pois não é necessário informar ao consumidor se há nanotecnologia na constituição do produto. Mas as estimativas são surpreendentes. De acordo com o quinto relatório do *Lux Research*, publicado em 2007⁵, somente no ano de 2006, o montante vendido em produtos que incorporaram nanotecnologia alcançou a cifra dos 50 bilhões de dólares. O relatório destaca que, por duas décadas, a nanotecnologia esteve associada à pesquisa e desenvolvimento, mas que

⁴ www.mct.gov.br. Acessado em 18/09/2008.

⁵ www.luxresearchinc.com. Acessado em 20/06/2008.

agora esse cenário mudou. Não surpreendem mais apenas os gastos, sobretudo governamentais, em pesquisas, mas o valor movimentado por empresas que já comercializam produtos com nanotecnologia.

Um interessante esforço para divulgar ao público produtos que contenham nanotecnologia e estão disponíveis para comercialização vem sendo feito pelo *Project on Emerging Nanotechnologies* (PEN) – ligado ao *Woodrow Wilson International Center for Scholars*, em Washington. O PEN foi fundado em 2005 e tem como missão:

(...) buscar garantias que, preventivamente, os possíveis riscos das nanotecnologias sejam minimizados e se tornem públicos; que o engajamento do consumidor permaneça forte e que os benefícios potenciais dessas novas tecnologias sejam realizados. (...)

O Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes colabora com pesquisadores do governo, indústria, ONGs, políticos e outras pessoas. Buscando pensar em longo prazo, para identificar lacunas nos processos de conhecimento e regulamentações; bem como, desenvolver estratégias para fechar tais lacunas. O Projeto fornecerá conhecimento independente e objetivo, analisando criticamente e informando as decisões que podem afetar o desenvolvimento e a comercialização de nanotecnologias.

Nosso objetivo é promover um debate informado e criar um público participativo e um diálogo político. Não é um advogar a favor ou contra as nanotecnologias. O que procuramos é assegurar que, uma vez que estas tecnologias sejam desenvolvidas, os potenciais riscos à saúde humana e ao meio ambiente sejam previstos, bem entendidos e geridos de forma eficaz.⁶

O PEN publica anualmente, desde 2005, um inventário com produtos que contem nanotecnologia e que estão disponíveis para os consumidores no mercado. Tal inventário pode ser acessado no site da instituição e apresenta discriminação por produto, país, empresa e tipo de nanotecnologia. Para fazer a relação de produtos, a instituição adota três critérios:

⁶ <http://www.nanotechproject.org/about/mission>. Acessado em 10/10/2010.

- a) Podem ser facilmente adquiridos pelos consumidores;
 - b) São identificados como contendo nanotecnologia pelo fabricante ou outra fonte;
 - c) A afirmação de que contém nanotecnologia parece razoável.
- E esclarece:

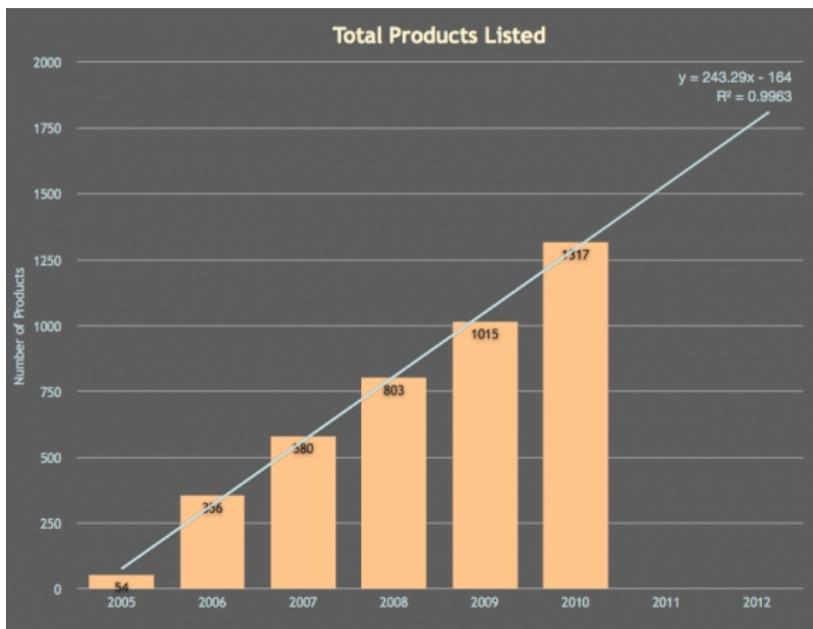
Em todos os casos, tentamos identificar produtos específicos de produtores específicos. No entanto, como a nanotecnologia tem amplas aplicações em uma grande variedade de campos, incluímos uma série de produtos 'genéricos' que você pode encontrar em muitos lugares no mercado, tais como chips de processador de computadores. Estes são claramente identificados no inventário. Em alguns casos, as empresas oferecem vários produtos e linhas de produtos semelhantes baseados em nanotecnologia. Para reduzir a redundância, incluímos apenas algumas amostras neste inventário. Esperamos que essas informações forneçam uma base inicial para a compreensão de como a nanotecnologia está sendo comercializada.

Há provavelmente alguns produtos no inventário que os produtores alegam que são 'nano', mas que podem não ser. Não fizemos nenhuma tentativa de verificar as alegações do fabricante sobre o uso da nanotecnologia nestes produtos, nem temos conduzidos quaisquer tipos de testes independentes dos produtos. Tentamos evitar a inclusão de produtos que claramente não usam nanotecnologia, mas alguns, sem dúvida, escapam.

A Figura 2 apresenta o número de produtos listados pelo PEN desde 2005. Nota-se que o crescimento geral nos últimos 5 anos foi de mais de 2.400%.

Os produtos foram agrupados de acordo com categorias principais (Figura 3). A categoria com maior número de produtos (738) é “*Health and Fitness*”, a qual inclui cosméticos como shampoo, hidratantes corporais e protetores solares.

Figura 2 - Número de produtos listados pelo PEN desde 2005.



Fonte: http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/, acessado em 29 de agosto de 2011.

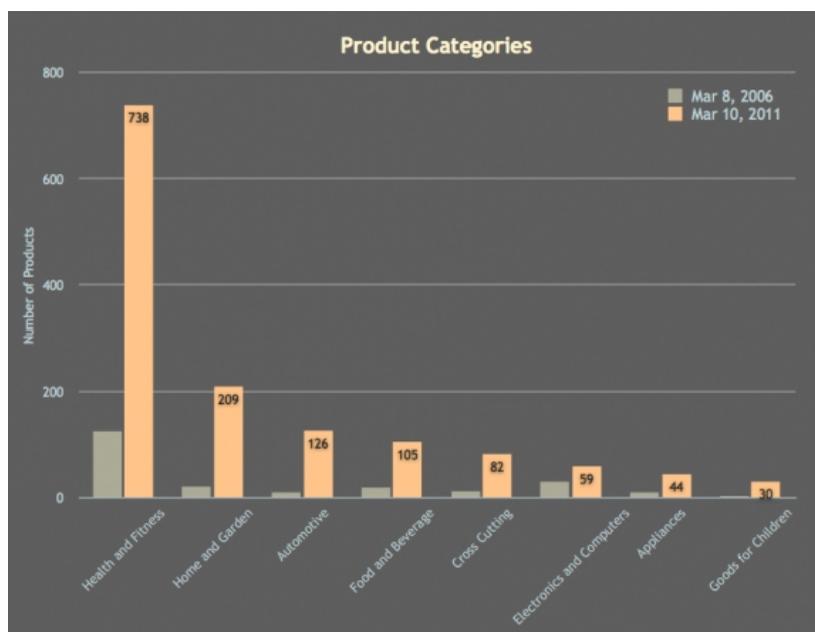
Além do grande número de produtos, os investimentos em nanotecnologia mostram a relevância que o setor está adquirindo nos últimos anos. Os Estados Unidos destinam para as pesquisas em nanotecnologia o segundo maior investimento federal em ciência, perdendo apenas para o projeto de mandar o homem a Lua. Em 2004, o governo americano gastou 1,6 bilhões de dólares, o que representa mais verba que o destinado ao Projeto do Genoma Humano. Em 2005, aplicou-se mais US\$ 982 milhões. O Japão é o segundo maior investidor, tendo investido entre 2005 e 2008 mais de US\$ 3 bilhões. A União Européia autorizou o gasto de \$1,7 bilhões no *Sixth Framework Programme for Research and Technological Development* (2002-2006), podendo passar a US\$ 7.5 bilhões no *Seventh Framework Programme* (2007-2013) (NANOBUSINESS, 2008)⁷.

No Brasil a partir de 2004 os investimentos na área começaram a se tornar mais significativos, com 24 milhões do MCT. Em agosto de

⁷ <http://nanobusiness.org/index.php/research>. Acessado em 20/06/2008.

2005 foi lançado pelo Presidente da República e Ministro da Ciência e Tecnologia o Programa Nacional de Nanotecnologia, com um orçamento estimado em R\$ 71 milhões para 2005-2006. Para o ano de 2008, foram destinados mais R\$ 30 milhões para projetos em nanotecnologia e a expectativa do Ministério é de que nos três anos seguintes o montante chegasse a 150 milhões, mas os dados não foram divulgados⁸. Esses investimentos colocam o Brasil como o principal país da América Latina em pesquisas na área, mas muito longe do Japão e EUA e de países da Europa.

Figura 3 - Produtos agrupados por categoria listados pelo PEN desde 2005.



Fonte: http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/, acessado em 29 de agosto de 2011.

Tendo sido apresentado o panorama geral sobre a nanotecnologia, será apresentado o produto que contém nanotecnologia e que, por razões listadas anteriormente, mereceu atenção no presente trabalho: o nanotubo de carbono.

⁸ Para um panorama mais amplo ver Guimarães (2010).

Nanotubo de carbono: o próximo plástico, o futuro da eletrônica, o material mais fino, duro e resistente que o aço. Essas são algumas das designações que têm sido dadas ao material que foi apresentado à comunidade científica no ano de 1991 por Sumio Iijima. Em um conhecido artigo da revista *Nature* (IJIJIMA, 1991), o autor descreveu como se pode sintetizar em laboratório 'uma nova estrutura de carbono, com morfologia tubular e de dimensões nanométricas'. No ano seguinte, essa 'estrutura tubular e de dimensões nanométricas' recebeu um nome de *Carbon Nanotube* (CNT) - traduzido para o português como Nanotubo de Carbono (NTC). Iijima passou a ser considerado o 'pai' do NTC por ter sido o primeiro pesquisador a fazer sua síntese e apresentá-la à comunidade científica⁹.

Os NTC são estruturas cilíndricas do diâmetro de alguns nanômetros e dimensão de tamanho variado, indo de poucos nanômetros até alguns microns, o que significa que eles podem ter centenas ou até milhares de vezes o seu comprimento em relação ao seu diâmetro. Em linguagem leiga e bastante direta: são muito finos e compridos. Os nanotubos de carbono podem ter diferentes formas, diferentes arranjos atômicos e quantidades diferentes de produtos químicos adicionadas a eles; todas essas variações afetam suas propriedades e podem influenciar em sua maior ou menor toxicidade.

Os nanotubos de carbono são divididos em duas categorias:

- a) de parede simples, ou SWNT (single-wall nanotubes), representados na Figura 4, e que são formados de uma camada cilíndrica de grafite;
- b) nanotubos de paredes múltiplas, ou MWNT (multi-walls nanotubes), representados na Figura 5, constituídos por vários cilindros concêntricos de grafite.

Ambos podem ter a ponta fechada ou aberta. As Figuras 4 e 5 ajudam a entender a morfologia desse material.

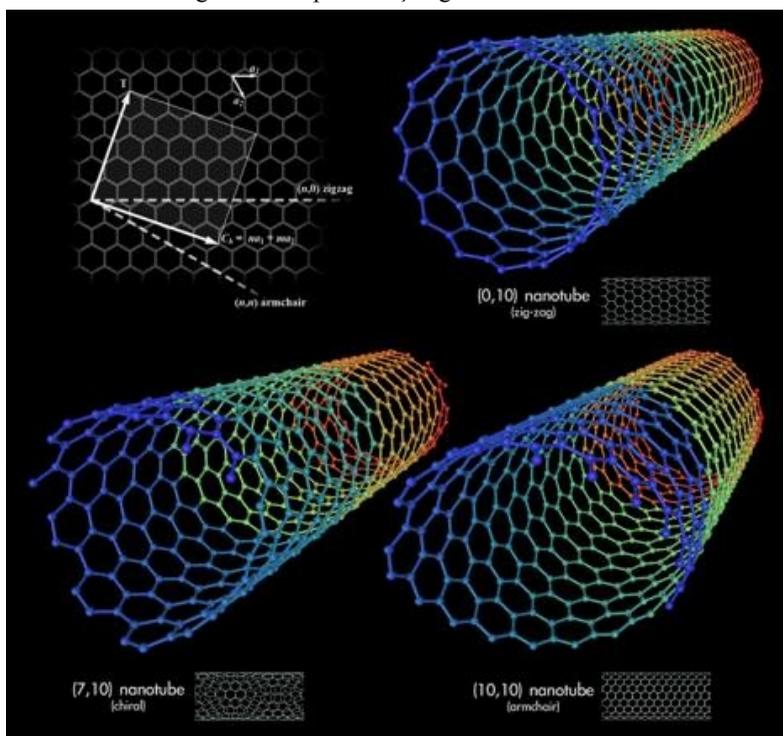
Os nanotubos de carbono foram recebidos como 'material do futuro', tanto pelos pesquisadores quanto pela indústria, em função de sua morfologia única: são extremamente leves e resistentes, além de condutores térmicos e elétricos. Essas propriedades lhes conferiram os títulos de 'novo plástico', 'o futuro da eletrônica' e 'um novo material

⁹ Essa é uma visão corrente nos artigos pesquisados. Para uma história detalhada sobre o 'nascimento' do nanotubo de carbono ver Harris (2009). Uma versão diferente da usualmente aceita é apresentada por Colbert (2002) em artigo sobre a história do NTC, no qual o autor aponta que esses materiais já eram conhecidos desde 1889, mas eram considerados um subproduto.

para armazenamento de energia' (LEKAS, 2005). O editor do portal de informações e divulgação sobre nanotecnologia – *Nanotechnology Now* – Rock Rawstern, em sua apresentação sobre as potencialidades do nanotubo de carbono, ilustra o entusiasmo com o qual o novo material foi recebido por parte da comunidade científica:

Os nanotubos são uma das muitas tecnologias em nanoescala, que irão revolucionar uma parcela significativa das indústrias de hoje, ajudarão a reduzir os custo de produtos consumidos, aumentarão nosso padrão de vida, estenderão nossa expectativa de vida em muitos anos e ampliarão nosso alcance ao espaço (RAWSTERN, 2004).

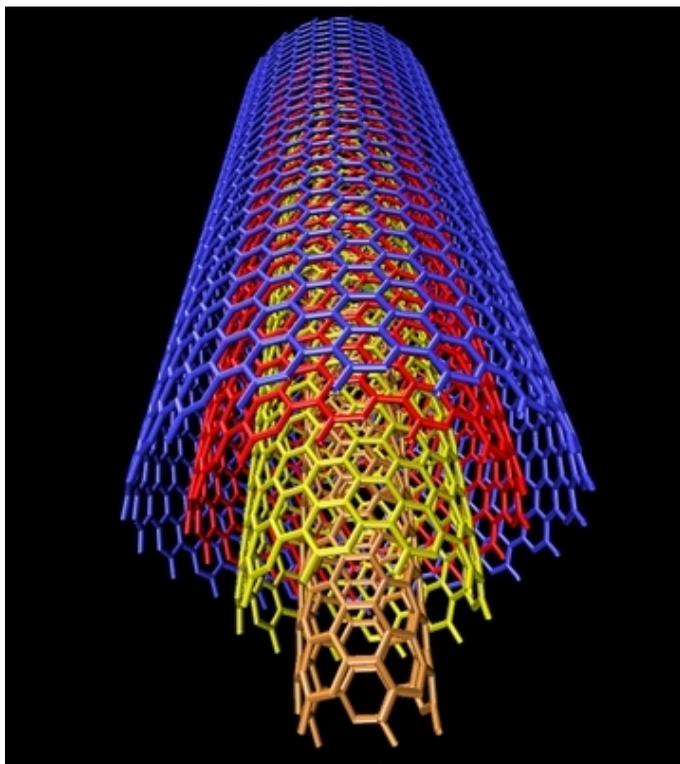
Figura 4 – Representação gráfica do SWNT.



Fonte: <http://www.treehugger.com/files/2008/07/carbon-nanotubes-photosynthesis.php> photosynthesis.php, acessado em 15 de dezembro de 2010.

Estima-se que a produção anual de nanotubos de carbono de parede simples (SWCNT) deva ultrapassar a marca das 1.000 toneladas em 2011 (LEKAS, 2005). Nanotubos de carbono, juntamente com outra estrutura de carbono em dimensão nanotecnológica, o fulereno, são produzidos em grandes quantidades, em torno de 1.500 toneladas/ano em duas fábricas: uma no Japão – a *Frontier Carbon Corporation* – e outra nos Estados Unidos – a Tucson AZ¹⁰ (KLAINE, 2008).

Figura 5 – Representação gráfica do MWNT.



Fonte: <http://www.robaid.com/tech/nanotechnologies-carbon-nanotubes.htm>, acessado em 15 de dezembro de 2010.

Este material é indicado para várias finalidades, desde

¹⁰ Em janeiro de 2009 a Bayer informou a construção de uma nova fábrica, na Alemanha, com capacidade estimada de produção de 200 toneladas de nanotubo de carbono por ano. http://www.bayer.com.br/scripts/pages/pt/noticia_pagina.php?id=12. Acessado em 25 de junho de 2011.

encapsulamento de remédios, até ligas para raquete de tênis, passando pela indústria da construção civil, implantes ortopédicos e odontológicos, sensores e componentes eletrônicos, aviões e indústria espacial, sistemas de purificação de água, tintas, vidros, entre outros.

Além de ser um material com alta relevância para a indústria e a pesquisa, o nanotubo de carbono se tornou um objeto de estudo interessante do ponto de vista sociológico, pois é possível acompanhar o início das discussões acerca das possibilidades de ser ou não, um material com alto grau de toxicidade, o que o configuraria como um material que oferece grandes riscos ao meio ambiente e à população no geral. Foi possível, também, acompanhar a formação de diversos fundos de investimento governamentais, nos Estados Unidos e na Europa, para pesquisas sobre os riscos dos nanotubos de carbono. E, ainda, acompanhar o discurso em defesa da necessidade de mais pesquisas sobre possíveis riscos, por parte de setores na iniciativa privada, como será discutido no Capítulo 5 sobre a posição da indústria química DuPont, acontecimento inovador considerando as atitudes negadoras dos riscos como é o caso, por exemplo, dos alimentos geneticamente modificados (ver Guivant, 2006).

Para acessar a discussão sobre a constituição dos nanotubos de carbono como uma tecnologia que pode envolver potenciais riscos, pesquisou-se os artigos publicados nas principais revistas científicas internacionais relacionados a nanotubo de carbono e riscos. O artigo científico foi compreendido como uma inscrição literária, no sentido usado por Latour:

Inscrição [é um] termo geral referente a todos os tipos de transformação que materializam uma entidade num signo, num arquivo, num documento, num pedaço de papel, num traço. (...) São sempre móveis, isto é, permitem novas translações e articulações ao mesmo tempo que mantêm intactas algumas formas de relação (LATOUR, 2001, p.350).

A inscrição literária é o processo de materialização dos objetos presentes nos laboratórios, como traços, pontos, gráficos, que se configuram como “dados” somente a partir da inscrição literária: “o laboratório é um sistema de inscrição literária”. (Id, 1997, p.46)

Como este trabalho segue a tradição das etnografias científicas, optou-se por focar a pesquisa na análise dos artigos científicos, em

função da compreensão de que os canais formais de comunicação¹¹ são os mais relevantes na arena científica. Como explica Latour, tal perspectiva não é consenso entre os estudiosos da ciência.

A importância que atribuímos ao documento contrasta com uma tendência da sociologia das ciências que valoriza o papel desempenhado pelas comunicações informais na atividade científica. (...) Os partidários desse ponto de vista frequentemente minimizam o papel desempenhado pelos canais formais de comunicação na transferência da informação e preferem explicar suas persistências em termos de uma arena em que se estabelecem as prioridades. (...) As observações feitas em nosso laboratório levam-nos, contudo, a adotar uma atitude prudente quanto à interpretação da importância relativa dos diferentes canais de comunicação. (...)

Em outros termos, as trocas informais têm invariavelmente por objeto aquilo que constitui a própria substância da comunicação formal. A maior parte das comunicações informais tem como referência a literatura publicada (LATOUR, 1997, p.47).

Acredita-se que o artigo científico é um ator não-humano que exerce importância central na constituição do nanotubo de carbono como um risco. “Os artigos, longe de serem os relatórios do que foi produzido na fábrica, são considerados, pelos membros da equipe, como os produtos de sua usina singular.” (ibid, 1997, p.39). O interessante em seguir a produção do conhecimento científico é que ela é facilmente rastreável e, por onde passa, deixa marcas. E tais marcas – os artigos científicos – são encontradas nas revistas acadêmicas e em outros artigos sob a forma de citações e referências. Além disso, seguir os artigos científicos torna possível seguir a constituição de uma sentença como verdadeira, como um fato.

A sentença será mais verdadeira quanto mais citações posteriores receber, mas não qualquer tipo de citação, especialmente as citações que retomam a citação anterior como verdadeira. E, como será discutido no

¹¹ “Designamos por comunicação formal tudo que se refere aos escritos bem estruturados, com estilo perfeitamente definidos dos artigos de revista” (LATOUR, 1997, p.47).

Capítulo 4, acrescentam uma generalização a mais na sentença anterior. Para Latour:

O *status* de uma afirmação depende das afirmações ulteriores. Seu grau de certeza é tornado mais ou menos, dependendo da sentença seguinte que a retornar; essa atribuição retrospectiva se repete na nova sentença, que, por sua vez, poderá ser tornada mais fato ou mais ficção por força de uma terceira, e assim por diante... (2000, p.50).

O presente trabalho tem como amostra todos os artigos científicos que estão disponíveis no portal da periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no período entre 2004 a 2010. A análise enfatiza artigos que são mais citados, exatamente por suas 'sentenças' estarem presentes em outros artigos que também são parte da amostra. Isso não significa que os artigos foram escalonados por sua maior ou menor importância científica; não se tem como objetivo discutir a validade intrínseca dos argumentos contidos nos artigos. O que interessa na pesquisa é verificar se outros artigos usam argumentos de artigos anteriores e de que maneira o fazem. Assim, não se considera que os artigos que não foram citados contenham argumentos científicos menos válidos, mas enfatiza-se que, ao não serem retomados por artigos posteriores, sua importância é menor.

Mas por que focar a pesquisa nos artigos científicos, já que, como afirmado anteriormente, os nanotubos de carbono estão em todo o lugar, desde laboratórios científicos, até o cabo da raquete de tênis usada recreativamente?

Para a constituição do nanotubo de carbono como uma tecnologia arriscada, além dos cientistas, outros atores estão presentes, tais como: ONGs, agências governamentais e empresas¹². No entanto, na constituição de riscos tecnológicos, é a ciência – materializada em artigos científicos – o ator central. E o olhar desta tese privilegiará esse ator central, que é por vezes negligenciado como foco de análise, pois seu papel como definidor de *standarts* tende a ser 'naturalizado'.

Para análise dos artigos empregou-se a metodologia da análise de conteúdo qualitativa, em que foram consideradas a *presença* ou *ausência* de conteúdos e/ou um conjunto de características em

¹² No decorrer da tese alisaremos alguns desses atores.

determinado texto (BARDIN, 1979). Seguindo as orientações definidas por Bardin (ibid), foi realizada a leitura flutuante de todos os textos selecionados e, posteriormente, foi feita uma segunda leitura, com o intuito de obtenção das primeiras impressões. A partir dessas impressões, buscou-se apreender as categorizações contidas no texto, usadas pelos próprios autores dos artigos. Pois, seguindo a perspectiva da teoria ator-rede, as relações entre as controvérsias foram rastreadas, buscando entender as relações estabelecidas entre diferentes atores, ao invés de empregar categorias predefinidas.

Para a seleção dos textos foi utilizada a Plataforma CAPES; através desse repositório eletrônico de informação e divulgação científica, foi possível acessar mais de 15.475 revistas científicas e 126 bancos de dados (CAPES, 2011). Utilizando o mecanismo de metabusca disponível na plataforma, foram introduzidos dois termos para a pesquisa: '*risk*' e '*carbon nanotubes*'. O retorno dessa busca resultou em 168 ocorrências, ou seja, 168 artigos. Após a leitura de todos os artigos, 102 artigos foram selecionados por estarem, efetivamente, relacionados ao tema da pesquisa. A distribuição dos artigos por ano será apresentada no Capítulo 4. E a relação com as referências de todos os artigos está no anexo.

No decorrer do processo da pesquisa bibliográfica, foi feita uma longa e intensa imersão nos artigos científicos. Ter a ciência como objeto de pesquisa é um grande desafio, pois exige conhecimento suficiente sobre as temáticas analisadas para que se consiga atingir o entendimento do que está sendo tratado. Como foi discutida a constituição de risco entre os cientistas, o grau de conhecimento sobre a temática precisou atingir um nível de entendimento suficiente não apenas para interpretar o discurso científico de modo mais geral, mas, também, para compreender as sutilezas presentes na escrita dos artigos. O esforço se constituiu em duplo movimento: primeiro, o de se familiarizar com o discurso e com a terminologia; e segundo, de se manter a distância suficiente para ficar alerta. Como adverte Latour (1997, p.27): “Faça o quiser, mas a linguagem deles não pode se tornar a sua metalinguagem”.

A tese foi desenvolvida em cinco capítulos. No capítulo 1 faz-se a introdução à temática. No segundo capítulo, é apresentada uma revisão da literatura, onde se discute as diferentes abordagens pelas quais a ciência vem sendo trabalhada na Sociologia, especialmente nas sociologia do conhecimento, sociologia do conhecimento científico e sociologia da ciência.

No terceiro capítulo, as diferentes teorias sobre análise de risco na

teoria social são discutidas. Destacam-se as contribuições de Giddens e Beck para a análise de risco e alguns limites dessas abordagens são apontados. Também se discute como a Sociologia da Ciência pode ser uma interessante abordagem para qualificar as análises de riscos, sobretudo para a compreensão de processos de constituição de riscos.

No Capítulo 4, a constituição do nanotubo de carbono como uma tecnologia arriscada é apresentada. A análise de artigos científicos foi empregada para seguir a constituição desse risco. Analisa-se como os diferentes atores, humanos e não-humanos se conectam para fortalecer a ideia do nanotubo como uma tecnologia que apresenta riscos. E, usando esse caso, discute-se como o risco pode ser entendido como um “fato” constituído por diversos atores. Apresenta-se de que maneira um novo aliado, o *asbesto*, foi mobilizado pelos cientistas e passou a ser um ator central na constituição do nanotubo de carbono com um risco. Nesse capítulo, as contribuições teóricas da teoria ator-rede para análise de risco também são analisadas, mostrando como seguir a constituição de um risco contribui para a “desmonopolização” da ciência, no sentido dado por Latour.

Finalmente, no Capítulo 5, discute-se como a constituição dos riscos dos nanotubos de carbono repercute em agências regulamentadoras e em algumas indústrias químicas. Apresenta-se de que forma os documentos produzidos por agências governamentais (EPA, nos Estados Unidos, Royal Society, no Reino Unido e Ministério da Ciência e Tecnologia, no Brasil) e as indústrias químicas DuPont e Bayer discutem as regulamentações da nanotecnologia.

2 REALISMO, CONSTRUTIVISMO E REALISMO CONSTRUÍDO: OS CAMINHOS DA SOCIOLOGIA DO CONHECIMENTO E DA SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

A busca pela discussão e problematização do conhecimento científico é tão antiga quanto a própria ciência. A ciência é um conhecimento reflexivo e, por isso, está constantemente repensando e dando novas direções à sua própria atuação. Na Sociologia, a sistematização do conhecimento sobre como a ciência é produzida é um processo recente. Neste capítulo, discutiremos como a Sociologia vem discutindo a produção do conhecimento científico. Para tanto, será apresentado como a sociologia do conhecimento e a sociologia da ciência discutem o processo de produção do conhecimento científico.

O termo 'Sociologia do Conhecimento' foi utilizado pela primeira vez na década de 1920 pelo filósofo Max Scheler (BERGER E LUCKMAN, 1985), mas foi com o sociólogo alemão Karl Mannheim que se tornou um campo de estudo conhecido. Para Scheler, as ideias em si, ou as “ideias enquanto tais”, são independentes da causalidade sócio-histórica. Por essa razão, são inacessíveis ao estudo sociológico, devendo ser objeto de estudo apenas da filosofia. Aos sociólogos, seria delegado o estudo das influências do conhecimento na/sobre a sociedade e da sociedade sobre/no conhecimento, mas não no estudo do conhecimento. De acordo com Berger e Luckman (1985), Mannheim, que era alemão como Scheler, se destacou por escrever algumas de suas obras diretamente em inglês, tendo outras traduzidas rapidamente também ao inglês, facilitando a difusão de suas ideias. Além disso, sua teoria é menos carregada de filosofia quando comparada à de Scheler e, principalmente, por mostrar que o estudo sobre a produção do conhecimento é um campo de análise sociológica.

A sociologia da ciência é um campo de estudo mais recente, e seu início pode ser atribuído às discussões de Merton, na década de 1940, ou de Thomas Khun, nos anos 1960. Seus objetos de estudo não são apenas os cientistas e as instituições científicas, mas o próprio conhecimento, englobando o contexto de sua produção e seu conteúdo. Para a Sociologia da Ciência, o conhecimento é produto de uma complexa relação e não sua causa.

Vários autores já produziram sínteses a respeito do estudo sociológico do conhecimento ou da ciência (BERGER E LUCKMAN, 1985; ELIAS, 2008; PORTOCARRERO, 1994; entre outros), assim como já foram construídas várias linhas divisórias com o intuito de organizar tais sistematizações.

Especificamente em relação aos riscos ambientais, uma classificação equivalente foi realizada por Guivant (2002), na qual a autora argumenta que o diálogo realismo – construtivismo é uma discussão atual, com diferentes ênfases em torno de cada um dos polos.

Aqui será analisada a produção da sociologia do conhecimento e da sociologia da ciência classificando os autores, ou correntes teóricas, em três categorias: **os realistas, os construtivistas e os realistas-construtivistas**. Ou seja, buscar-se-á separar os autores de acordo com o que postulam:

- a) os que acreditam que a sociologia – ou as ciências, de modo mais amplo – é capaz de apreender a realidade 'real';
- b) os que postulam que a sociologia – ou as ciências – apreendem uma realidade 'aproximativa';
- c) aqueles que entendem que a realidade é, ao mesmo tempo, real e construída, e que buscam apreender essa construção, realizada pelas ciências.

Assume-se o possível caráter simplista ou reducionista dessas classificações e compreende-se que, para cada autor e/ou perspectiva teórica analisados, é possível identificar elementos que levem a enquadramentos em correntes teóricas diferentes. Também, obviamente, há diversas possibilidades de leituras de um texto e cada leitor seleciona segmentos que mais lhe interessam. Assim, ao enquadrar um autor em determinado quadro teórico, é inerente o risco de discordâncias. Como esta tese não tem a pretensão de apresentar uma síntese 'final', acredita-se que sistematização entre sociólogos realistas, construtivistas e realistas-construtivistas pode ser uma estratégia heurística para compreender melhor os caminhos que têm sido traçados nesse campo de estudo. No entanto, é importante advertir que a tese se deterá mais sobre os autores realistas-construtivistas, pois se entende, para os fins da discussão proposta aqui, que alcançam uma interpretação mais ampla do estudo da ciência. Além disso, os autores aqui classificados como realistas-construtivistas foram utilizados como referencial no decorrer da tese, como se verá adiante.

Assim, neste capítulo, será discutido de que forma a Sociologia vem, historicamente, abordando a ciência como um objeto de estudo, e de que forma diferentes autores, dos clássicos aos contemporâneos, versam sobre a temática. Inicialmente, será discutido o desenvolvimento da sociologia da ciência, desde a constituição da sociologia do conhecimento, passando pela sociologia do conhecimento científico, e chegando à sociologia da ciência propriamente dita. Na seção 2.1 se

discute o ponto de vista dos autores com um entendimento realista da ciência. Na seção 2.2, apresenta-se os pontos discutidos pelos autores que mostram uma visão relativista. Finalmente, a Seção 2.3 trata dos autores designados realistas-construtivistas. Dedicou-se maior atenção a esta última seção em função de ser a que apresenta o referencial teórico adotado nesta tese.

2.1 O REALISMO

O realismo pode ser definido como uma forma de conhecimento que acredita captar a realidade exterior independentemente das pré-concepções que se tenha dessa realidade. De acordo com Bhaskar (1996, p.647), os três tipos historicamente mais importantes de realismo são:

- a) realismo predicativo, que afirma a existência de universais independentemente ou como propriedades de certas coisas materiais;
- b) realismo perceptivo, que afirma a existência de objetos materiais no espaço e no tempo, independentemente de sua percepção;
- c) realismo *científico*, que afirma a existência e a operação de objetos de investigação científica absoluta (em sua maioria na ciência natural) ou relativamente (em sua maior parte na ciência social), independentes da investigação ou, de modo mais geral, da atividade humana.

Os tipos de realismos citados apresentam nuances diversas e, de certo modo, todos influenciaram as ciências. No entanto, foi o realismo científico o tipo adotado de maneira incontestada pelas ciências, sobretudo até o século passado. É a visão dominante que atravessa a pesquisa científica, tanto nas ciências naturais como nas sociais, desde o século XVI.

Dentre os sociólogos que pensavam na possibilidade da ciência apreender a realidade tal como ela é, podemos elencar, dentre os fundadores da sociologia, Comte, Durkheim e Marx. É certo que Marx difere de Durkheim e Comte em vários pressupostos teóricos e, sobretudo, políticos. Mas esses autores estão unidos pela certeza de haver uma realidade a ser desvelada, seja através do uso de uma metodologia “correta”, seja pela separação entre ciência e ideologia. Outro autor que, nesta classificação, é enquadrado como realista é Karl Mannheim, uma vez que para o autor a ciência “sofre” influências da sociedade; além disso, ele afirma que alguns campos da ciência, como a

matemática, por exemplo, estão isentos de influência social.

2.1.1 Basta separar ciência de ideologia que a realidade se mostra: Marx e a busca perdida

Karl Marx ficou conhecido também por ter explicado as implicações do contexto social nas formas de conhecimento. Para ele seria necessário 'desmascarar' as ideologias de classe que estavam impregnadas nos discursos científicos. O conceito de ideologia é apresentado pela primeira vez nos escritos de Marx em 1846, no livro *A Ideologia Alemã*. Marx e Engels discutem as formas idealistas, especulativas e metafísicas da consciência social. Mas é no prefácio, intitulado, 'Contribuição à Crítica da Economia Política' que é o termo é conceituado de forma mais ampla: “(...) as formas jurídicas, políticas, religiosas, artísticas ou filosóficas, em suma, ideológicas, em que os homens ganham consciência deste conflito e o resolvem” (MARX, 1982 [1859], p.52). Em outra passagem, bastante conhecida, da *Ideologia Alemã*, Marx e Engels escrevem:

O pensamento da classe dominante é, também, em todas as épocas, o pensamento dominante; em outras palavras, a classe que é o poder material dominante numa determinada sociedade é também o poder espiritual dominante. É a classe que dispõe dos meios de produção intelectual, de tal modo que o pensamento daqueles aos quais são negados os meios de produção intelectual está submetido também à dominação de classe. Os pensadores dominantes nada mais são do que a expressão ideal das relações materiais dominantes, considerados sob a forma de ideias, portanto a expressão das relações que fazem de uma classe a classe dominante; em outras palavras, são as ideias de sua dominação (MARX E ENGELS, 1998, p.48).

Para Marx, esse pensamento pode ser estendido para além dos políticos e literários, podendo ser aplicado, também, a representantes científicos. O autor acreditava que a ideologia colocava fortes limites ao desenvolvimento da ciência. Assim, para Marx, haveria um horizonte intelectual que circunscreveria os limites do saber científico. Para ele, Ricardo, por exemplo, mesmo oferecendo grande contribuição à teoria econômica, não poderia avançar em suas pesquisas, uma vez que estava

preso aos ideais burgueses. De acordo com Lowy, “(...) a ciência burguesa não podia ir além de um certo limite intransponível: Ricardo pôde descobrir a contradição entre lucro e salário, mas ele a considerava uma contribuição que expressava as leis naturais da sociedade” (LOWY, 1996, p.109).

Mas esse limite ideológico poderia ser ultrapassado caso os cientistas vencessem o poder ideológico das forças dos grupos dominantes, colocando-se ao lado dos explorados. Norbet Elias (2008) apresenta uma interessante reflexão sobre a separação entre 'consciência' e 'sociedade' na teoria de Marx:

Marx trabalhava com um arcabouço de um modelo simples de desenvolvimento, segundo o qual qualquer estrutura social particular pressupunha uma estrutura antecedente como sua condição necessária e, por sua vez, era condição necessária para um estágio posterior de desenvolvimento que a ela se seguisse. A possibilidade de discernimento sobre as 'verdadeiras' condições da sociedade, segundo Marx, é mascarada e distorcida por grupos de interesses *somente* no caso em que grupos sociais monopolizem posições sociais, desempenhando o papel de exploradores econômicos e opressores dos outros grupos. No caso de sociedades sem conflitos de classe, e mesmo no caso de cientistas sociais que se identificam com esses estratos sociais que são explorados e que estão, conforme Marx acreditava, completamente fadados às batalhas e à vitória final para fundar tal sociedade, existe, de acordo com ele mesmo, uma grande possibilidade de produção de conhecimento não ideológico ou científico sobre as sociedades (ELIAS, 2008, p.529).

Parece claro que, na concepção de Marx, para que o pesquisador possa descobrir a 'verdade' escondida por detrás das aparências falsas, ele precisa colocar-se numa posição de intérprete ou, talvez mais adequadamente, de 'descobridor' da realidade. Tal 'descobridor' só pode desempenhar esse papel estando ao lado da 'natureza', da realidade concreta que pode ser desvelada por trás da névoa ideológica. Seguindo uma linha tautológica de argumentação, entende-se que a natureza real da sociedade apenas se apresenta para os que estão realmente ao lado

dela.

Nesse sentido, o pensamento de Marx, a respeito das questões do conhecimento, se aproxima da sociologia de Durkheim, autor que será discutido no próximo sub-item.

2.1.2 A realidade está aí para ser desvendada: dê-me uma boa metodologia e descobriremos a realidade social. O caminho traçado por Comte e seguido por Durkheim

Émile Durkheim seguiu as tradições do positivismo inaugurado por Auguste Comte, e defendeu que a única forma científica de apreender a realidade social seria fazendo uma análise objetiva dos dados. Nessa perspectiva, os dados são interpretados como exteriores. Nas palavras de Durkheim: “fato social é toda maneira de agir, fixa ou não, suscetível de exercer sobre o indivíduo uma coerção exterior; ou ainda, que é geral na extensão de uma sociedade dada, apresentando uma existência própria, independente das manifestações individuais que possa ter” (DURKHEIM, 1978, p. 13). Assim, os fatos são valorizados por suas características exteriores. A atitude positivista promove em seu método a subordinação da imaginação à experiência. E, nessa valorização da experiência, se dá a recusa da compreensão subjetiva dos fenômenos e se busca descobrir as leis gerais que regem a sociedade:

Nossa regra não implica, pois, nenhuma concepção metafísica, nenhuma **especulação a respeito do que há no mais profundo do ser. O que reclama do** sociólogo é que se coloque num estado de espírito semelhante ao dos físicos, químicos, fisiologistas, quando se aventuram numa região ainda inexplorada de seu domínio científico. É necessário que, ao penetrar no mundo social, ele tenha consciência de que penetra no desconhecido; é necessário que se sinta em presença de fatos cujas leis são tão desconhecidas quanto o eram as da existência antes da constituição biológica; é preciso que se mantenha pronto a descobertas que hão de surpreendê-lo e desconcertá-lo (DURKHEIM, 1978 [1895], p.24, grifo nosso).

Nesse trecho, fica bastante explícito que Durkheim busca

aproximar a metodologia para estudo da sociedade, da metodologia desenvolvida nas ciências da natureza. Em suas obras, demonstra forte interesse pelas aplicações práticas do conhecimento científico. Para o autor, o sociólogo poderia desempenhar um papel prático na sociedade que, de alguma forma, apresentaria semelhanças com o papel desempenhado pelo médico. Aplicando conhecimentos científicos, o sociólogo teria condições de distinguir a saúde e a doença social, entendendo as causas das doenças da sociedade e buscando possíveis tratamentos. Uma das finalidades do livro 'A Divisão Social do Trabalho' foi exatamente mostrar que o excesso de individualismo, que vinha sendo promovido com o advento da industrialização, não deveria ser entendido como um estado patológico, mas como uma expressão normal de um período de transformações sociais (GIDDENS, 1978). Durkheim compara a função designada pelo sacerdote à função do cientista – ou mestre leigo, nas palavras do autor – e fica bastante explícita essa preocupação na Ciência como tradutora e propagadora de verdades:

O que reveste a autoridade da palavra do sacerdote é a alta ideia que ele possui de sua missão; pois ele fala em nome de um deus no qual ele crê, em relação ao qual ele se sente mais próximo do que a multidão dos profanos. O mestre leigo pode e deve ter alguma coisa deste sentimento. Da mesma forma que o sacerdote é o intérprete do seu deus, ele é o intérprete das grandes ideias morais de seu tempo e de seu país (DURKHEIM, 1967 [1893], p. 68).

Mas foi somente no final de sua carreira que Durkheim se dedicou mais diretamente à questão do conhecimento. No livro 'As formas Elementares da Vida Religiosa', de 1912, desenvolveu categorias para explicar a questão do conhecimento. Nessa obra, Durkheim explica a origem e as características da autoridade moral inerente ao fenômeno religioso, e faz a passagem da consciência coletiva para as representações coletivas, como um conceito central para análise sociológica. Dá-se a mudança da ênfase na morfologia social, usada na Divisão Social do Trabalho, para a valorização do simbolismo coletivo, princípio fundamental da realidade social (PINHEIRO FILHO, 2004). Ou seja, usando a ideia do simbolismo social, Durkheim mostra que sociedade é a fonte de humanidade do homem. E o conhecimento possuiria uma base empírica, pois a compreensão do conhecimento se dá

pelo estudo de fenômenos observáveis, ao mesmo tempo em que, na relação cognitiva, o objeto subordina-se ao sujeito cognoscente.

2.1.3 Mannheim e o início da Sociologia do Conhecimento

Na primeira metade do século XX, a Sociologia do Conhecimento começa a ser sistematizada e reconhecida como campo de investigação, passando a ser aceita como uma área da sociologia. Karl Mannheim (1893 – 1947) teve papel central nesse processo. O autor desejava questionar os pressupostos iluministas de uma razão a-histórica e estática. Assim, ele parte do pressuposto de que há um condicionamento histórico do conhecimento. Diferentemente de Scheler, para Mannheim a sociedade é entendida como determinante não apenas da forma, mas do próprio conteúdo do conhecimento – ou das 'ideias enquanto tais'. Mesmo destacando que o contexto social poderia explicar o conhecimento das ciências culturais ou humanas, para ele o conhecimento das ciências da natureza (exemplificado pela matemática) ficaria fora das influências sociais:

(...) há determinadas esferas de pensamento nas quais é impossível conceber a verdade absoluta existindo independentemente dos valores do sujeito e do contexto social. Nem mesmo um deus poderia formular uma proposição sobre questões históricas semelhantes a $2 \times 2 = 4$, pois o que é inteligível na história somente pode ser formulado com referência a problemas e construções conceituais que emergem no fluxo da experiência histórica (MANNHEIM, 1968, p.105).

De fato, para Mannheim (1967), o desenvolvimento ou progresso – utilizando a terminologia adotada pelo autor – das ciências naturais se daria de forma imanente, sendo os problemas, dessa maneira, solucionados numa ordem lógica. Já nas ciências da cultura, não haveria questões imanentes (a não ser por curtos espaços de tempo) e, diante dessa perspectiva, o autor questiona: “que fatores intelectuais e vitais tornam possível o aparecimento de um problema dado nas Ciências Culturais, e até que ponto eles garantem a solubilidade do problema?” (MANNHEIM, 1967, p.15).

Na busca para essa resposta, Mannheim afirma que a sociologia do conhecimento está continuamente na busca pela compreensão da

situação intelectual do seu tempo, e teria o seguinte papel a desempenhar:

Especificar, para cada corte transversal do processo histórico, as várias posições intelectuais sistemáticas nas quais o pensamento dos grupos e indivíduos criativos foi baseado. Uma vez feito isto, contudo, essas diferentes tendências do pensamento não deveriam ser confrontadas como posições num debate meramente teórico, mas dever-se-ia explorar suas raízes vitais, não-teóricas. Para fazer isto, primeiramente temos que descobrir as premissas metafísicas subjacentes às várias posições sistemáticas; depois devemos perguntar quais dos 'postulados sobre o mundo' coexistentes numa dada época são correlatos de um determinado estilo de pensamento. Quando estas correspondências ficarem estabelecidas, teremos identificado os estratos intelectuais que se combatem (MANNHEIM, 1967, p. 78).

Assim, a Sociologia do Conhecimento de Mannheim focava na reconstrução histórica e relacional do conhecimento, relacionando vários processos que, no entendimento do autor, estariam ligados ao conhecimento.

O nosso conhecimento do próprio pensamento humano se desenvolve numa sequência histórica; e fomos levados a levantar este problema da 'constelação' pela convicção de que o próximo estágio possível do conhecimento será determinado pelo status alcançado pelos vários problemas teóricos e, também, pela constelação de fatores extra-teóricos, em um momento dado, tornando possível prever se determinados problemas se mostrarão solucionáveis (Ibid, 1967, p. 14 -15).

É significativo o fato de Mannheim preocupar-se com a ideologia. Como afirmado anteriormente, não haveria, para o autor (a não ser no caso das ciências da natureza), pensamento humano que não estivesse impregnado de influências ideológicas do contexto social. Dessa forma, é possível inferir que, para Mannheim, a sociologia do

conhecimento não é um campo de estudo que se preocupa com a discussão do conhecimento, da ciência ou do conhecimento científico, mas é um campo que foca seu olhar sobre as influências do contexto nesse conhecimento. Para o autor, o importante é discutir as implicações do contexto na produção do conhecimento.

2.2 OS CONSTRUTIVISTAS

Em uma direção distinta do realismo, encontra-se o construcionismo ou construtivismo. É verdade que os termos construtivismo social ou construcionismo social têm sido usados em uma grande variedade de abordagens da ciência, do conhecimento e da natureza. Castañon (2005) explica que a origem etimológica do verbo construir é do verbo latino *struere*, que significa dar estrutura ou organizar: “Necessariamente, uma inteligência que organiza e dá estrutura a algo”. Para o autor, Kant é o precursor do construtivismo contemporâneo, já que este fez:

(...) a inversão do sentido da relação entre sujeito e objeto que é a raiz do construtivismo. Tradicionalmente, a filosofia ocidental pensava o conhecimento como uma determinação do sujeito cognoscente pelo objeto conhecido. Kant apresenta o processo do conhecimento como a organização ativa por parte do sujeito – através das estruturas da mente – do material que nos é fornecido pelos sentidos. Ou seja, para o construtivismo, o sujeito constrói suas representações de mundo, e não recebe passivamente impressões causadas pelos objetos. O sujeito, para o construtivismo, é proativo, é foco de atividade do universo, e não um aglomerado de células que recebe passivamente estímulos do ambiente, sendo movidas por estes (CASTAÑON, 2005, grifo do autor).

Na sociologia, é possível afirmar que Max Weber foi um dos precursores do construtivismo, já que se identificou com as propostas do neokantismo (Dilthey, Windelband, Rickert) ao afirmar que cabe às Ciências Sociais a compreensão do significado da ação humana, e não apenas a descrição dos comportamentos. Para Weber, as ciências da

cultura não poderiam seguir o mesmo caminho das ciências da natureza. Dessa forma, o método das ciências da cultura deveria ser diferente das ciências da natureza, já que as primeiras buscam a compreensão dos fenômenos e a segunda, a explicação desses fenômenos. Essa diferença não daria à sociologia uma validação menor em relação as ciências da natureza; para o autor marcariam, na verdade, o seu caráter diferente. Schultz, e depois representantes do interacionismo simbólico e da etnometodologia, foram fortemente influenciados pela sociologia compreensiva.

Se Weber foi o precursor do construtivismo, seu estabelecimento como abordagem sociológica se deu juntamente com o surgimento do campo da Sociologia do Conhecimento. Foi com a constituição da sociologia do conhecimento que se institui a tradição de pensamento sobre o processo de ciência como uma construção social, fator decisivo para a sociologia do conhecimento ser institucionalizada. Castañon aponta Mannheim¹³ como antecessor filosófico dessa corrente, uma vez que, como apontamos acima, defendia a ideia de que a sociedade determinava a forma de pensamento humana, ainda que deixasse de lado os conceitos físico-matemáticos. Esse caminho é, de certa forma, seguido por Merton, que avança nessa percepção e busca explicar a influência da sociedade na construção da ciência..

O termo Construtivismo Social passa a fazer parte da discussão sociológica a partir da obra de Berger e Luckman (1985) em 'A construção Social da Realidade', de 1966. Para os autores, que desenvolveram uma análise das representações sociais do conhecimento, a realidade social é entendida não somente como um processo de construção individual, que se apresenta como uma realidade objetiva aos sujeitos, mas também como construída e reconstruída intersubjetivamente nas interações cotidianas.

Mais recentemente, o construtivismo social mostra-se presente em diversos autores da sociologia do conhecimento científico e da sociologia da ciência, que teve seus primeiros representantes no Programa Forte da Sociologia da Ciência. As premissas desse Programa serão discutidas mais adiante. Por ora, é importante destacar que nele rejeita-se o realismo ontológico e entende-se que as concepções da realidade, socialmente construídas, são a própria realidade. Dessa forma, afasta-se da sociologia do conhecimento tradicional, representada, nesta

¹³ Neste trabalho, por razões anteriormente citadas, Mannheim é considerado um autor filiado ao realismo, e não ao construtivismo, como aponta Castañon.

tese, por Mannheim e Merton. As premissas desse Programa são assumidas pelas abordagens construtivistas da ciência na atualidade, já que o construtivismo no contexto da sociologia do conhecimento científico, é agnóstico com relação as verdades enunciadas por cientistas, para descrever o mundo, e se interessa em compreender como tais enunciados passam a ser vistos como válidos para explicar o mundo natural: “Ao invés de simplesmente afirmar que as descrições científicas passam a ser aceitas como fatos, porque elas são 'verdadeiras' (...), o construtivismo geralmente analisa o processo social e institucional através do qual as declarações adquirem '*status*' de verdade” (IRWIN, 2001, p.73-74).

É certo que há diferentes 'graus' de construtivismos, tanto que podemos enquadrar como construtivistas autores com perspectivas bastante distintas. Inicialmente, será discutida a concepção de sociologia ou ciência da cultura em Weber, mesmo entendendo que esse autor não é tradicionalmente visto como um construtivista. Para os fins desta tese, Weber foi enquadrado nessa categoria em função de sua discussão sobre o caráter múltiplo da realidade e sobre a sua percepção de que a ciência não apreende a realidade, mas fragmentos da realidade. Em seguida, será discutida a sociologia da ciência de Merton, que pode ser classificado como um construtivista por discutir a construção das ciências, tanto as Ciências Sociais, como as ciências naturais. Finalmente, será abordada a teoria de Bloor e o seu Programa Forte de Sociologia do conhecimento científico.

Como toda seleção, esta também não poderia deixar de ser, de alguma forma, arbitrária. Os autores foram escolhidos a partir da relevância de suas ideias para a discussão, especificamente, da sociologia da ciência, e não para a discussão da ciência de modo mais abrangente. Assim, foram deixados de fora autores que deram grandes contribuições à discussão sobre ciência, mas que não focaram diretamente na sociologia, como é o caso de Thomas Khun, considerado um dos primeiros a desenvolver uma crítica consistente à tese positivista de uma linguagem científica neutra. Pelos mesmos motivos, não serão abordadas as críticas à ciência desenvolvidas por autores da tradição pós-moderna, como Rorty e Lyotard.

2.2.1 Compreender é compreender; explicar é explicar: Weber, Schultz e a separação entre Natureza e Cultura

Max Weber inaugura uma nova forma de fazer sociologia, a

sociologia compreensiva. Para este pensador, caberia às Ciências Sociais, ou ciências da cultura, a compreensão do significado da ação social e não somente a descrição das ações sociais¹⁴. Para Weber, o importante é compreender o significado subjetivo de quem desempenha a ação. Ele separa as ciências físicas das ciências histórico-sociais. Para ele, as ciências físicas procuram explicações e regularidades com vista a formulações de leis gerais. Tal como explicado pelo autor:

A natureza da relação entre trabalho científico e os pressupostos que o condicionam varia, ainda uma vez, de acordo com a estrutura das diversas ciências. As ciências da natureza, como a Física, a Química ou a Astronomia, pressupõem, com naturalidade, que valha a pena conhecer as leis últimas do devir cósmico, na medida em que a ciência esteja em condições de estabelecê-las. E isso não apenas porque esses conhecimentos nos permitem atingir certos resultados técnicos, mas, sobretudo, porque tais conhecimentos têm valor 'em si', na medida, precisamente, em que traduzem 'vocaçào'. Pessoa alguma poderá, entretanto, demonstrar esse pressuposto. E menos ainda poderá provar que o mundo que esses conhecimentos descrevem merece existir, que ele encerra sentido ou não é absurdo habitá-lo. Àquele gênero de conhecimentos não se propõe esse tipo de indagação (WEBER, 1999, p.36).

Para Weber as ciências da natureza não deveriam se limitar ao método generalizante, e tampouco as ciências da cultura se limitar ao método individualizante. Argumentava que cada ciência aplica o método de acordo com a eficácia e com os problemas a serem resolvidos, e que toda ciência seria, ao mesmo tempo, generalizante e singularizante. O mais importante é compreender que a escolha de um método traz implícito uma seleção específica de aspectos da realidade. Para Weber, no estudo de dada realidade social, não há como saber a priori qual método de estudo é o mais relevante.

Weber enfatiza o caráter inesgotável da realidade social e a impossibilidade do conhecimento científico abarcá-la em toda a sua

¹⁴ Essas concepções já se encontravam presentes na teoria de Dilthey, que apontou a diferença entre explicação e compreensão (GIDENS, 1998).

extensão, já que esta é infinitamente complexa e múltipla. Dessa forma, o conhecimento científico, bem como qualquer outra forma de pensamento, é incapaz de reproduzir integralmente a realidade. Assim, a ciência seria feita a partir de seleções de aspectos da realidade.

Como apontado inicialmente, Weber foi importante na inauguração da tradição da sociologia de base fenomenológica. Bem como Alfred Schütz, que não desenvolveu diretamente questões ligadas à sociologia do conhecimento, mas, em toda a sua obra, preocupou-se em discutir como os indivíduos dão sentido à vida cotidiana, ou como se dá o conhecimento do senso comum, teceu crítica à sociologia do conhecimento por sua preocupação quase que exclusiva com a influência do contexto na produção do conhecimento, e não, o que para o autor seria mais relevante, com a relação intersubjetiva do conhecimento:

O conhecimento encontra-se socialmente distribuído e o mecanismo desta distribuição pode tornar-se objeto de uma disciplina sociológica. Na verdade, temos uma chamada sociologia do conhecimento. No entanto, com muito poucas exceções, a disciplina assim incorretamente denominada abordou o problema da distribuição social do conhecimento meramente pelo ângulo da fundamentação ideológica da verdade em sua dependência das condições sociais e especialmente econômicas, ou do ângulo das implicações sociais da educação e ainda do ponto de vista do papel social do homem de conhecimento. Não foram sociólogos, mas economistas e filósofos, que estudaram alguns dos numerosos outros aspectos teóricos do problema (SCHÜTZ 1979, p.82)

Para Schütz, o propósito do cientista social é revelar os significados subjetivos implícitos que penetram no universo dos atores sociais. O autor descreve o modelo científico a partir dos seguintes princípios:

- a) a intersubjetividade – estamos sempre em relação uns com os outros;
- b) a compreensão – para atingir o mundo do vivido, a ciência tem que apreender as coisas sociais como significativas;
- c) a racionalidade e a internacionalidade – o mundo social é constituído sempre por ações e interações que obedecem a

usos, costumes e regras, ou que conhecem meios, fins e resultados (SCHÜTZ, 1979, p.84).

Para a fenomenologia, há uma gama inesgotável de possibilidades de interpretação das experiências e da realidade, que é entendida como o significado dessas experiências.

2.2.2 Merton: o início da sociologia da ciência

Robert Merton ofereceu grande contribuição ao estudo do conhecimento e da sociologia da ciência. O autor redefine a questão que, até então, tinha sido a tônica da sociologia do conhecimento, a saber, qual a base existencial das produções mentais para a discussão sobre o significado do conhecimento para as instituições sociais que o produzem. Merton, diferentemente de Mannheim, que discutiu o conhecimento num sentido mais amplo, estudou o conhecimento científico e, com isso, a sociologia do conhecimento ganhou uma subárea denominada sociologia da ciência (MERTON, 1970, p.631). A ciência é, para Merton, mais que um tipo específico de saber, mas uma instituição social. Para o autor, a sociologia da ciência é um campo que se caracteriza por:

Em suas linhas gerais, a matéria da sociologia da ciência é a interdependência dinâmica entre a ciência, como atividade social em movimento que faz nascer como produtos culturais e de civilização, e a estrutura social que a envolve. As relações recíprocas entre ciência e sociedade constituem o objeto de pesquisa, como tiveram que reconhecer os que se dedicaram seriamente a estudos sobre a sociologia da ciência. Mas, até há pouco, a reciprocidade dessas relações recebeu atenção muito desigual, pois se dedicou muita atenção à influência da ciência sobre a sociedade e pouca à influência da sociedade sobre a ciência (MERTON, 1970, p.631).

É comum separar a sociologia da ciência de Merton em duas fases: a primeira, de influência mais direta de Mannheim, é pautada na discussão das influências do contexto social na organização da ciência¹⁵.

¹⁵ No entanto, Merton destacava que a discussão sobre conhecimento e sociedade desenvolvida por Mannheim é limitada, na medida em que o autor não especificou o tipo e modo da relação entre estrutura social e conhecimento (MERTON, 1970, p.596).

É possível incluir nessa fase os estudos sobre a história da Royal Society. De acordo com Mattedi (2006), a questão principal colocada por Merton nesse período está relacionada à discussão das razões pelas quais as pessoas, no século XVII, passaram a ter grande interesse pela ciência. Em seu trabalho intitulado *Science, technology and society in the England of XII*, Merton discute as relações entre desenvolvimento científico e setores econômicos, bem como a relação entre a ciência e a população em geral.

Numa segunda fase, Merton pode ser enquadrado entre os autores, e um dos precursores, dos estudos sociais da ciência. Nesse momento, ele critica Mannheim, sobretudo problematizando a redoma em que este último teria colocado as ciências da natureza. Para o autor, Mannheim teria dado várias contribuições ao estudo da ciência, mas afirma que sua análise foi frágil justamente por não estender-se sobre as ciências da natureza, ou não deixar suficientemente explícita a sua compreensão a esse respeito, uma vez que, para Merton, “até mesmo as verdades tinham de ser consideradas socialmente explicáveis” (MERTON, 1970, p.557). E esclarece:

Se Mannheim tivesse esclarecido sistemática e implicitamente sua posição a este respeito, teria estado menos disposto a supor que as ciências físicas são completamente imunes a influências extra teóricas e, correlativamente, menos inclinado a sustentar que as ciências sociais estão particularmente expostas a essas influências (Ibid, p. 596).

Na segunda fase, Merton se dedica ao estudo do 'ethos científico' e à questão da autonomia do campo científico. Teceu significativas contribuições à sociologia da ciência, sobretudo com relação à problematização entre contexto social e sua relação com a emergência de determinada ciência¹⁶. Sua análise é muito interessante para explicar o contexto do surgimento de uma teoria, bem como das implicações dessa teoria para a sociedade, mas não se aprofunda no estudo da ciência “por dentro”, ou, como diria Latour, ele não abre a caixa-preta da ciência.

¹⁶ Nessa perspectiva, ele difere de Mannheim e estende o poder de explicação da sociologia para todas as ciências.

2.2.3 Bloor: a sociologia do conhecimento científico

David Bloor e Barry Barnes são os sociólogos mais expressivos do denominado Programa Forte da Sociologia da Ciência. Este foi desenvolvido principalmente em Edinburgo durante as décadas de 1970 e 80. O Programa Forte promoveu grandes mudanças nos estudos da ciência; sobretudo ao desconstruir a ideia até então vigente de que as ciências da natureza não poderiam ser estudadas da mesma forma que as ciências da cultura. Para o Programa Forte, a ciência é objeto de uma construção social ou uma prática social. E a sociologia da ciência vai estudar a construção do conhecimento científico¹⁷.

Para esse Programa, os estudiosos da ciência tratavam de forma assimétrica o que deu certo e o que deu errado, isto é, a crítica é que, por um lado, quando uma determinada teoria científica se mostra correta, são as 'leis naturais' – ou a episteme – que explica o sucesso. Por outro lado, quando alguma teoria ou artefato não é bem sucedido, recorre-se a explicações/fatores sociais, políticos ou econômicos para explicar isto. De acordo com os autores, essa é uma postura assimétrica e deve ser combatida. Estudando a sociedade e a natureza de forma simétrica, a crítica que o Programa Forte faz a outros estudiosos da ciência é exatamente que eles recorrerem à natureza para explicar o que funciona, e à sociedade para explicar o que não funciona. E afirma que o sociólogo, ao estudar a ciência, deve adotar uma postura investigativa semelhante à de outros pesquisadores:

O objetivo da fisiologia é explicar o corpo saudável e o enfermo, o objetivo da mecânica é compreender as máquinas que funcionam e aquelas que não funcionam, tanto as pontes que ficam de pé como as que caem. De maneira similar, o sociólogo busca teorias que explicam as opiniões que existem de fato, à margem de como o cientista a avaliou (BLOOR, 1988, p.36).

E, para tal, é necessário que o sociólogo adote o princípio da simetria. Pois, dessa maneira, se assumiriam os mesmos valores que se dão em outras disciplinas científicas. O princípio de simetria deve obedecer a quatro princípios gerais:

¹⁷ Mesmo Bourdieu, ao estudar o campo científico, restringe sua abordagem às questões de poder que são travadas entre os cientistas, mas não coloca a ciência como foco de estudo.

- a) Deve ser causal, isto é, ocupar-se das circunstâncias que dão lugar às crenças, ou aos estados de conhecimento. Naturalmente, haverá outros tipos de causas além das sociais que contribuem para dar lugar a uma crença.
- b) Deve ser imparcial com respeito à verdade e à falsificação, à racionalidade e à irracionalidade, o sucesso ou a falha. Ambos os lados dessas dicotomias precisam ser explicadas.
- c) Deve ser simétrica em sua explicação. Os mesmos tipos de causas devem explicar as crenças falsas e as crenças verdadeiras.
- d) Deve ser reflexiva. Em princípio, seus padrões de explicação devem ser aplicados à própria sociologia. Com a exigência da simetria, esta é uma resposta à necessidade de buscar explicações gerais (BLOOR, 1988, p.38).

Esses quatro princípios (causalidade, imparcialidade, simetria e reflexividade) definem o que se chama de Programa Forte da sociologia do conhecimento. Na análise desses quatro princípios verifica-se que há uma redefinição da relação entre contexto social e produção do conhecimento.

O Programa Forte deu grande contribuição ao campo dos estudos da ciência ao romper com a ideia, amplamente aceita até aquele momento, de que os estudos sobre ciência deveriam focar em suas relações institucionais, e não nela própria. E conseguiu reforçar que os estudos científicos deveriam estudar tanto o 'contexto' de produção do conhecimento, como o próprio conhecimento, e toda forma de conhecimento, inclusive a matemática. Nas palavras de Bloor:

A sociologia do conhecimento pode investigar e explicar o conteúdo e a natureza do conhecimento científico? Muitos sociólogos acreditam que não. Afirmam que um conhecimento desse tipo, tão diferente das circunstâncias que envolvem a sua produção, é além de sua compreensão. Voluntariamente, limitam o âmbito da sua própria investigação. Eu argumentaria que isso significa uma traição à perspectiva de sua disciplina, pois todo conhecimento, seja nas ciências empíricas, e inclui a matemática, deve haver, do começo ao fim, uma questão a ser investigada. Não existem limitações que residam no caráter absoluto ou transcendental do conhecimento científico

propriamente dito, ou que a racionalidade, a validade, a verdade ou a objetividade tem uma natureza especial (BLOOR, 1988, p.33).

No entanto, o Programa Forte também foi alvo de críticas. Kuhn, por exemplo, questiona a possibilidade do Programa reforçar, na ciência, a 'crença dos vitoriosos', em que a adoção de determinadas teorias se daria por motivos de acordos e relações entre cientistas, e a mudança de um modelo científico para outro aconteceria somente por critérios epistêmicos (ver NOGUEIRA, 2009).

Nesse mesmo sentido, Latour (1999) afirma que o Programa Forte cai num relativismo ao relegar a segundo plano o objeto científico, o que poderia levar ao que ele aponta como troca da ditadura dos fatos pela ditadura do social. Para fugir disso, Latour sugere a ampliação da noção de simetria; não apenas tratar da mesma forma os erros e acertos – ou vencedores e vencidos – mas, também, tratar da mesma forma a natureza e a sociedade, ou estender a noção de agência aos não-humanos.

2.3 REALISMO CONSTRUÍDO OU CONSTRUÇÃO REALISTA: O CAMINHO TRAÇADO POR BRUNO LATOUR E MICHEL CALLON

Dentro do que se designa, nesta tese, por realismo construído está a perspectiva de estudo da ciência, ou estudo do conhecimento científico, inaugurado por Bruno Latour e Michel Callon, chamada ANT (*actor network theory*) traduzida, na maior parte das vezes, como teoria do ator-rede¹⁸. Mais recentemente, vem sendo tratada como teoria da tradução. Estes autores são, as vezes, considerados construtivistas, por que não são realistas, já que têm o entendimento da ciência como uma construção social. Se estivéssemos numa perspectiva dual e as únicas opções de enquadramento fossem 'realistas' ou 'construtivistas', certamente não se hesitaria em defini-los como construtivistas. No entanto, será adotada a própria designação de Latour (1997), que afirma que seus estudos fazem parte do 'Império do Centro', isto é, não estão localizados nem no polo da natureza (do mundo real) nem no polo da sociedade (do mundo construído).

Latour explica que a sociologia, e podemos estender para os

¹⁸ Optou-se por usar a sigla em inglês ANT por ser a mais recorrente na literatura.

demais campos do conhecimento que discutem a relação entre ciência e sociedade, desenvolveu três repertórios de críticas, ou de interpretação da ciência que, no seu ponto de vista, são insuficientes. Ele denomina esses repertórios de: naturalização, socialização e a desconstrução. E explica que, quando o primeiro repertório fala dos fatos naturalizados, não se discute a sociedade, o sujeito ou o discurso. Quando o segundo faz críticas ao poder sociologizado, não se discute o poder da ciência, tampouco o texto e o conteúdo. Finalmente, quando o terceiro repertório discute a desconstrução, ignora a ciência e a natureza. Para o autor, essas críticas teriam força se fossem todas combinadas. E completa: “Podemos imaginar um estudo que tornasse o buraco de ozônio algo naturalizado, sociologizado e desconstruído?” (LATOURE, 1997, p. 11). Assim, o autor defende que a discussão sobre ciência deve ser, ao mesmo tempo, narrada, real e social. Ao utilizar o exemplo do buraco na camada de ozônio, sua perspectiva é mais facilmente entendida:

O buraco de ozônio é por demais social e por demais narrado para ser realmente natural; as estratégias das firmas e dos chefes de Estado, demasiado cheias de reações químicas para serem reduzidas ao poder e ao interesse. O discurso da ecossfera, por demais real e social para ser reduzido a efeitos do sentido. Será nossa culpa se as redes são, ao mesmo tempo, reais como a natureza, narradas como o discurso, coletivas como a sociedade? (Ibid, p.12)

A ANT se coloca, assim, como uma alternativa ao realismo e suas consequências naturalistas, bem como ao construtivismo social e suas consequências desconstrutivistas. Nas palavras do autor Latour:

(...) construtivistas e realistas estão todos engajados no que eu chamo de epistemologia política, a saber, as arenas em que os vários candidatos que reivindicam habitar o mesmo mundo partilhado por humanos e não-humanos estão representados em todos os vários sentidos da palavra. Então, o debate não deve ser visto como o que opõe a fronteira entre os cientistas, que objetam a politização da natureza, contra os militantes, que politizam tudo, incluindo os fatos da natureza para os mais diversos fins; melhor, permite que diferentes facções, partidos e ligas

explicitem publicamente a forma como supõem distribuir o que é disputável e indisputável, o que é contingente e necessário, o que deve ser mantido e o que deve ser mudado. Para usar um tradicional conjunto de metáforas, a epistemologia política não é uma distorção infeliz de uma boa epistemologia ou de uma boa política, mas uma tarefa necessária para os que escrevem uma “Constituição”, repartindo poderes nos vários ramos deste vasto governo das coisas, buscando o melhor equilíbrio (*checks and balances*) (LATOURE, 2003, p.38).

Latour defende que, quanto mais construído, mais real é o objeto. No livro “A Esperança de Pandora” (2001), o autor solicita que os estudos científicos refaçam a ideia de uma ciência desvinculada da sociedade, mas enfatiza que “tal rejeição não significa que se adote a postura contrária, a de uma ‘construção social da realidade’, ou que se estanque em uma posição intermediária, tentando extrair fatores ‘puramente’ científicos, de fatores ‘meramente’ sociais” (p.101).

Acredita-se que a ANT seja uma teoria que auxilia na compreensão do processo de definição de critérios de validação de verdades. Assim, pretende-se, nesta tese, a partir da ANT, seguir o caminho que foi traçado pelo nanotubo de carbono desde seu nascimento, passando pelo momento de 'material do futuro, até o status de novo asbestos. E isso não significa que o nanotubo de carbono tenha sido 'socialmente construído' como seguro, tendo sido, depois, 'reconstruído' como inseguro. Tampouco significa que o nanotubo 'em si' é inseguro, e que isso foi 'descoberto', ou ainda que será feita uma 'crítica' sobre o uso indevido de uma tecnologia realmente arriscada. Significa, isso sim, que o objeto – nanotubo de carbono – é detentor de diferentes ontologias.

Latour questiona o sucesso do projeto moderno que se propôs a separar natureza e cultura de política e ciência, como defendido por ele no livro 'Jamais Fomos Modernos' (publicado originalmente em 1991 e traduzido no Brasil em 1994) uma vez que a modernidade se desenvolveu em busca de purificação e separação, tendo conseguido produzir um infindável número de híbridos.

Quanto menos os modernos se pensam misturados, mais se misturam. Quanto mais a ciência é absolutamente pura, mais se encontra

intimamente ligada à construção da sociedade (LATOUR, 1994, p. 47).

Assim, Latour defende que, ao tentar separar os polos natureza e sociedade, a modernidade fez com que surgissem cada vez mais 'monstros' ou seres híbridos, que são ao mesmo tempo pertencentes aos dois polos que os modernos tentaram separar. Dessa forma, a proliferação dos híbridos solapa as assimetrias; com isso, estaríamos no império do centro, no reino dos híbridos (LATOUR, 1994) e, mais recentemente, denominados fe(i)tiches, entidades ao mesmo tempo construídas e reais (LATOUR, 2002). Ao constatar o fracasso da constituição moderna, ele pergunta:

Como classificar o buraco de ozônio, o aquecimento global do planeta? Onde colocar esses híbridos? Eles são humanos? Sim, humanos, pois são nossa obra. São naturais? Sim, naturais, porque não foram feitos por nós. São locais ou globais? Os dois. As massas humanas que as virtudes e os vícios da medicina e da economia multiplicaram também não são fáceis de mapear. Em que mundo abrigar estas multidões? Estamos no campo da biologia, da sociologia, da história natural, a sócio-biologia? É nossa obra e, no entanto, as leis da demografia e da economia nos ultrapassam infinitamente. (...) Portanto, tanto do lado da natureza quanto do lado do social, não podemos mais reconhecer as duas garantias constitucionais dos modernos: as leis universais das coisas, os direitos imprescritíveis dos sujeitos (Ibid, 1994, p.54).

Para que a sociologia consiga estudar os híbridos, ou quase-objetos, Callon (1986) propõe o princípio de simetria generalizada, em que o pesquisador se coloca no centro e que possa acompanhar a ação de humanos e não-humanos. Latour acrescenta que sempre estamos diante de coletivos humanos e não-humanos.

Dessa simetria entre humanos e não-humanos decorre a busca de Latour para uma nova política entre humanos e não-humanos (1994, 2001):

Ao invés dessa fonte de poder bipolar – natureza e sociedade –, teremos apenas uma fonte, claramente identificável, de política tanto para

humanos quanto para não-humanos e apenas uma fonte, claramente identificável, de novas entidades socializadas no coletivo (2001, p.339).

Certamente, é a agência dada aos não-humanos o ponto que levanta mais polêmicas em torno da ANT, o que estaria levando alguns teóricos a se intitularem seguidores da ANT, mas não aceitem a agência dos não-humanos. No livro '*Reassembling the social. An introduction to Actor-Network-Theory*', Latour faz uma sistematização própria da ANT e aponta três erros comuns cometidos por teóricos que se dizem seguidores da ANT:

- a) **O primeiro é exatamente não dar agência aos não-humanos.** Latour enfatiza que a agência não deve ser entendida apenas no sentido simbólico, como acontece na interpretação de alguns autores. Como vimos, a simetria generalizada é ponto chave na teoria.
- b) **O segundo equívoco seria 'adicionar' o social ou o contexto para explicar uma teoria ou um artefato tecnocientífico.** De fato, uma das maiores contribuições da ANT é exatamente a discussão do significado de 'contexto social'. Dentro dessa perspectiva, não há como separar o texto de um contexto, ou a natureza da sociedade; nessa teoria, a ciência e a natureza são tecidas conjuntamente. Como esclarece Latour:

(...) quando descrevo a domesticação dos micróbios de Pasteur, mobilizo a sociedade do século XIX, e não apenas a semiótica dos textos de um grande homem; quando descrevo a invenção-descoberta dos peptídeos do cérebro, falo realmente dos peptídeos em si, e não sua representação no laboratório do professor Guillemim. É verdade, entretanto, que se trata de retórica, estratégia textual, escrita, contextualização e semiótica, mas de uma nova forma que se conecta ao mesmo tempo à natureza das coisas e ao contexto social, sem, contudo, reduzir-se nem a uma coisa nem a outra (LATOURE, 1997, p.10).

- c) **A terceira confusão está relacionada com a pós-modernidade.** Alguns autores estariam classificando a ANT como uma teoria pós-moderna. No entanto, Latour enfatiza que

isso seria um erro, pois a ANT não faz uma desconstrução, mas procura ver as novas instituições, procedimentos e novos conceitos capazes de reconectar o social.

2.3.1 A constituição de eventos científicos: contribuições da ANT

No livro 'A Esperança de Pandora', Latour relata uma expedição da qual participou em plena floresta amazônica. Faziam parte da expedição uma botânica da Universidade Federal de Roraima, Edileuza Setta-Silva; um francês especializado nas ciências do solo, ou pedologia, Armand Chauvel; uma geomorfologista da Universidade de São Paulo, Heloísa Fizola; e Rene Boulet, pedologista francês que trabalhava em São Paulo. Os pesquisadores queriam descobrir se a floresta amazônica estava avançando sobre a savana, ou se era a savana que avançava sobre a floresta amazônica. Mas o que faria um sociólogo francês nesse tipo de expedição?

Depois de ter estudado os cientistas em laboratórios (Vida de Laboratório, 1997) da mesma forma como se estudam as tribos indígenas, Latour explica que escolheu acompanhar essa expedição por ter visto nela a possibilidade de estar presente no momento da constituição de uma nova disciplina científica, ou uma nova forma de explicação de uma realidade. Como os integrantes da expedição estavam tateantes nesse novo domínio, Latour poderia seguir os cientistas em suas hipóteses iniciais, acompanhando a translação que é feita de uma floresta para um texto, ou da ficção para o fato científico. Pode-se perguntar também: como se passa da ignorância à certeza? Da subjetividade à objetividade? Ou, usando um termo muito caro a essa abordagem, como transformar controvérsias científicas em caixas-pretas? Na abordagem da ANT, a passagem da ignorância à certeza é feita por convencimento. A definição do que será considerado certo, verdadeiro, não está apenas ligada à natureza tal como ela é, mas, também, às relações ou alianças que são estabelecidas.

Nesse processo de convencimento, é importante alistar o maior número possível de aliados. Mas é preciso que os novos alistados se coloquem como aliados, para que dessa forma suas atitudes sejam previsíveis. Latour chama esse processo de alistar novos aliados de **translação**. Nas palavras do autor:

Além de seu significado linguístico de tradução (transposição de uma língua para outra), também tem um significado geométrico (transposição de

um lugar a outro). Transladar interesse significa, ao mesmo tempo, oferecer novas interpretações desses interesses e canalizar as pessoas para direções diferentes. (...) Os resultados de tais translações são um movimento lento de um lugar para outro (2000 p.194).

No livro 'Ciência em Ação', de 2000, Latour apresenta as formas nas quais a translação ocorre:

- a) **Translação um**: encontrar pessoas que ajudem a transformar uma afirmação num fato. A maneira mais rápida e fácil é adaptar nossos objetivos a objetivos que atendam os objetivos de outras pessoas, e essas passem a trabalhar para transformar a nossa afirmação num fato.
- b) **Translação dois**: conseguir aliados fazendo com que eles **mudem** seus objetivos/interesses ao serem convencidos de que seus caminhos estão bloqueados, fazendo com que, dessa maneira, passem a ter os mesmos interesses/objetivos que os seus.
- c) **Translação três**: oferecer um “atalho” para que os alistados encontrem mais facilmente seus objetivos. Isso se torna atraente **quando** “o caminho principal está claramente bloqueado, o novo desvio está bem sinalizado, o desvio parece pequeno” (p.184).
- (d) **Translação quatro**: remanejar e deslocar interesses explícitos dos aliados para ampliar a margem de manobra.

Para isso, Latour aponta cinco táticas

- d1) deslocar os objetivos de grupos que são alistados, criando um problema para, em seguida, apresentar a resposta e, com isso, conseguir mais alistados.
- d2) inventar novos objetivos; Latour dá como exemplo o caso da ideia da fotografia amadora, no qual as pessoas passaram a ter desejo de tirar fotografias com um objeto barato e simples.
- d3) inventar novos grupos que poderiam ser dotados de objetivos que seriam atingidos através de sua ajuda.
- d4) tornar invisível o desvio, fazer com que os alistados acreditem que estão “percorrendo uma linha reta, sem abandonar seus próprios interesses” (p.192).
- d5) vencer as provas de atribuição de modo que não se saiba quem alistou e quem foi alistado.
- e) **Translação cinco**: tornar-se indispensável, assim outros fariam

o movimento, a negociação e a concessão (LATOURE, 2000).

No entanto, Latour adverte que, para a constituição de um fato, é preciso mais que convencimento. Ele propõe um construtivismo realista, em que a realidade seja ao mesmo tempo construída e real. Para Ferreira (2007) foi a partir do livro 'Jamais Fomos Modernos' (Latour, 1994) que este autor passa a discutir aspectos ontológicos em seu trabalho, e expõe a impossibilidade de uma modernidade com a proliferação de híbridos humanos e não-humanos. Uma nova formulação dessa ontologia viria com a ideia de fe(i)tiche, ou fato feito, que se colocaria como proposta ao realismo e ao construtivismo social. Onde, como apontamos acima, quanto mais construído é um objeto, mais real ele se torna.

No livro 'A Esperança de Pandora', Latour explica que o termo 'construção e fabricação de fatos', que foi empregado desde o início dos estudos científicos, gerou três equívocos interpretativos. O primeiro equívoco ocorre em função de que, dentro do jargão sociológico e filosófico, 'construído' se contrapõe a 'real', diferentemente de outras áreas do conhecimento em que se remete ao que foi construído ou fabricado, e não se questiona sua existência real. Latour usa o exemplo de objetos do cotidiano: dizer, por exemplo, que construímos uma caneca, não leva ao questionamento sobre a existência desse objeto. Mas no jargão sociológico, o uso do termo 'construção' leva, sim, a esse questionamento. O segundo equívoco é que 'construção' e 'fabricação' remetem a uma iniciativa ou ação, sempre parte da ação humana. Finalmente, o terceiro equívoco ocorre em função do fato de que as noções de fabricação e construção transformaram-se em discussão sobre verdade e realidade: “Com frequência, a implicação é que, se algo foi fabricado, é falso; se foi construído, deve ser desconstrutível” (LATOURE, 2001, p.135).

Ele afirma, ainda, que os estudos científicos devem estudar os experimentos científicos:

Um experimento é um texto sobre uma situação não-contextual, mais tarde avaliado por outros para se saber se é simplesmente um texto. Caso o teste final seja bem sucedido, então *não é* simplesmente um texto, há na verdade uma situação real *por trás* dele e tanto o ator quanto seus atores ostentam nova competência: Pasteur provou que o fermento é uma coisa viva; o fermento pode desencadear uma fermentação específica, diferente da do levedo de cerveja (LATOURE, 2001, p.145, grifo do autor).

Latour destaca que uma construção não é uma recombinação de elementos preexistentes, uma vez que no decorrer do próprio experimento os elementos se intercambiam e modificam suas propriedades, e esses elementos são tanto humanos como não-humanos. E adiciona a noção de experimento como um evento¹⁹, acrescentando que um experimento não é um 'jogo zerado' em que os atores saem do evento da mesma forma que entraram, e que toda saída de um artefato equivaleria a uma entrada, e explica:

Eis a fraqueza real das definições comuns de construção e fabricação: qualquer que seja a lista de entradas no cenário que o filósofo apresentar, ela sempre registrará os mesmo elementos antes e depois. (...) Infelizmente, como é ao mesmo tempo fabricado e não-fabricado, no experimento há sempre *mais* do que nele foi posto. Explicar o resultado de um experimento mediante uma lista de fatores e atores estáveis sempre apresentará, pois, um *déficit*. É esse déficit que será depois explicado diferentemente pelas várias convicções realistas, construtivistas, idealistas, racionalistas ou dialéticas. Cada qual *compensará* o déficit recorrendo a seus financiamentos favoritos: natureza 'exterior', fatores macro ou microssociais, Ego transcendental, teorias, pontos de vista, paradigmas, tendências ou batedeiras elétricas de dialéticos (LATOURE, 2001, p.147, grifo do autor).

Nessa perspectiva, o estudo da ciência apenas revelaria o que já 'estava lá' na natureza ou na sociedade e os teóricos 'descobrem' o que já estaria lá o tempo todo, no polo da natureza ou no polo da sociedade. Diferentemente, a ANT apresenta a ideia do experimento como um evento e não como uma descoberta. Com isso, a ANT defende que existe uma história das coisas e não apenas dos cientistas.

Annemarie Mol (2007) apresenta o conceito de ontologias políticas que, assim como na ANT, permite conceber o objeto como

¹⁹ Para Latour 'evento' é: "termo tomado a Whitehead para substituir a noção de descoberta e sua filosofia da história assaz implausível (em que o objeto permanece imóvel, enquanto a historicidade humana dos descobridores atrai toda a atenção). Definir um experimento como evento traz consequências para a historicidade de todos os ingredientes, inclusive os não-humanos, que constituem as circunstâncias desse experimento." (LATOURE, 2001, p.349).

portador de diferentes realidades que não decorrem apenas de diferentes olhares humanos sobre o objeto, mas da multiplicidade ontológica dele. Sendo a realidade múltipla e não apenas a forma como a abordamos, ela se torna detentora de multiplicidade. A autora explica que ontologias políticas decorrem do construtivismo e do perspectivismo, mas se afasta em relação ao entendimento de pluralidade, uma vez que, para o perspectivismo, a multiplicidade do real se dá pela multiplicidade de olhares dos atores que analisam uma dada realidade ou objeto. Como cada ator é portador de diferentes preocupações e *backgrounds*, olha e representa o mundo de diferentes pontos de vista. Mas a autora explica que essa forma de entendimento da realidade não gera uma multiplicidade de entendimento do objeto e, sim, dos sujeitos que o observam.

O perspectivismo afastou-se de uma versão monopolista da verdade. Mas não multiplicou a realidade. Multiplicou os olhos de quem a vê. Transformou cada par de olhos que contempla o mundo da sua perspectiva numa alternativa a outros pares de olhos (MOL, 2007).

O segundo tipo de pluralismo apontado pela autora é o construtivismo, ou histórias de construção, em que se mostram como foi 'criada' determinada versão específica de uma dada realidade. Mol aponta que essas histórias por vezes destacam os grupos relevantes de profissionais que estiveram envolvidos naquela construção e, em outras, destacam o que foi necessário do ponto de vista material. E sugere que outras 'construções da realidade' podiam ter sido possíveis no passado, mas essas possibilidades desaparecem na medida em que o artefato e /ou realidade se desenvolve completamente: “Portanto, de novo a pluralidade. Mas desta vez é a pluralidade projetada no passado. Houve coisas que podiam ser, mas agora desapareceram. Os perdedores perderam” (MOL, 2007).

Mol afirma que, para discutirmos a realidade como múltipla, é necessário um novo repertório de metáforas, e apresenta a ideia de que a realidade é **feita e performada**:

(...) realidade que é feita e performada [*enacted*], e não tanto observada. Em lugar de ser vista por uma diversidade de olhos, mantendo-se intocada no centro, a realidade é manipulada por meio de vários instrumentos, no curso de uma série de

diferentes práticas. (...). Mas, enquanto parte de actividades tão diferentes, o objecto em causa varia de um estádio para o outro. (...) Tampouco é função dos instrumentos pô-los à mostra como se fossem vários aspectos de uma realidade única. Em vez de atributos ou aspectos, são diferentes versões do objecto, versões que os instrumentos ajudam a performar [enact]. São objectos diferentes, embora relacionados entre si. São formas múltiplas da realidade – da realidade em si (MOL, 2007, p.66).

Usando o exemplo da anemia, a autora mostra como instrumentos, técnicas e narrativas, performam a existência de diferentes objetos. A realidade da anemia assume várias formas.

Não são perspectivas de diferentes pessoas, pois no curso do trabalho uma mesma pessoa pode passar de uma performance para outra. Também não são construções do passado, alternativas, das quais só uma sobreviveu – emergiram em momentos distintos da história, mas nenhuma delas desapareceu. Portanto, há diferentes versões, diferentes performances, diferentes realidades que coexistem no presente. Esta é a situação que temos, tal como foi articulada pela teoria do ator-rede e sociologias semióticas próximas (MOL, 2007).

Assim, o conceito de performance ajuda tanto a pensar o processo de produção de realidades, quanto a rastrear como tais constituições foram performadas, ou como se procederam diferentes eventos, para usarmos um termo de Latour. Na tese usaremos a ideia de performance para discutir a constituição do risco do nanotubo de carbono, ou seja, mostraremos como o nanotubo de carbono é multiplicado não apenas em suas interpretações, mas em suas formas de existência.

De forma bastante semelhante, Latour apresenta a produção do conhecimento como uma cadeia de experiência, em que o que sabemos é retroativamente alimentado. O autor enfatiza que para entendermos o processo de produção do conhecimento não devemos tomá-lo como um processo misterioso, em que o conhecimento em determinado 'contexto' apareceu ou foi descoberto. Pode-se tomar o conhecimento como um vetor, ou seja, o processo de produção de conhecimento não é um

mistério; assim sendo, retroativamente se pode estudar como um determinado experimento ou teoria foi produzido:

Conhecimento é uma trajetória, ou, para usar um termo mais abstrato, um vetor que projeta 'retroativamente' seu 'poder de validação.' Em outras palavras, não sabemos ainda, mas saberemos (...) O conhecimento se torna um mistério se você o imagina como um salto entre algo que tem uma história e algo que não se move e não tem história. Torna-se claramente acessível se você permitir que ele se torne um vetor contínuo onde o tempo é a essência. (LATOURE, 2007, p.88)

Latour afirma que, ao se entender o processo de produção do conhecimento como 'pontes entre abismos' (LATOURE, 2007), ou o conhecimento como um 'teletransporte', se perde a possibilidade de discutir/entender o próprio processo de produção desse conhecimento²⁰. Já que é exatamente nos abismos entre as pontes – ou nos paradigmas – que o conhecimento é produzido. Para o autor, o interessante é entendermos o conhecimento como cadeia de experiência ou como um vetor que é retroalimentado.

Neste capítulo apresentamos como a Sociologia vem discutindo a questão da produção social do conhecimento e a produção do conhecimento científico. Ressaltamos como a teoria ator-rede é uma abordagem com forte alcance para se discutir a ciência. No próximo capítulo serão abordadas algumas das discussões sobre as análises de risco na teoria social. Discutiremos como a teoria ator-rede pode ser uma forte aliada numa análise de risco que leve em conta o processo de produção científica do risco.

²⁰ Latour afirma que a noção de paradigma desenvolvida por Thomas Khun é um exemplo do que ele se refere quando fala sobre o entendimento de produção do conhecimento como pontes entre abismos, uma vez que se refere a um conjunto de conhecimentos, mas não explica como tal conjunto de conhecimentos foi constituído.

3 SOCIOLOGIA E RISCOS

No capítulo anterior foram apresentados os caminhos que a Sociologia tem percorrido na discussão sobre a ciência, focando principalmente nas contribuições da teoria do ator-rede, ou sociologia da tradução. No presente capítulo, será feita uma retrospectiva sobre as principais contribuições da sociologia na temática sobre análises de riscos, tema amplamente analisado desde 1992 por Guivant (1992).

A análise sobre riscos tem despertado diferentes interesses na teoria social contemporânea. Mary Douglas, no final dos anos de 1960, aponta para a necessidade de se compreender a análise de riscos sob a perspectiva cultural, mas foi somente com os trabalhos de Giddens e Beck, a partir do final dos anos 80²¹, que o conceito de risco recebeu a distinção de conceito central para explicar a sociedade contemporânea, modernidade reflexiva, ou alta modernidade – utilizando os próprios termos adotados por Beck, Giddens e seguidores. Para tentar compreender os caminhos que a análise de risco tem atravessado na teoria social contemporânea, será desenvolvido, neste capítulo, um mapeamento das principais teorias sobre análise de riscos dentro da teoria social. Inicialmente, será apresentada a trajetória histórica da análise de riscos, chegando-se à conceituação da sociedade do risco desenvolvida por Ulrich Beck e Anthony Giddens, bem como à discussão sobre trabalhos relevantes que discutiram com esses autores. Além disso, as possíveis contribuições que a sociologia da tradução pode acrescentar à análise de risco também serão discutidas.

A palavra 'risco' passou a fazer parte do repertório léxico Catalão no século XIV e em línguas latinas no século XVI. A noção do risco surge no momento de organização dos estados-nação e estava ligado à ideia de previsibilidade, do devir, do futuro que pode ou não se concretizar. Assim, estava associado a uma maneira de se relacionar com o futuro, que, mesmo incerto, apresentava uma margem de previsibilidade. Nesse momento a ideia de risco não se associava a ideia de risco científico, mas à diferentes contextos, de modo mais amplo. A noção de risco, portanto, passa a fazer sentido na relação do homem com a tentativa de domesticação da natureza e de desencantamento do mundo, no sentido dado por Weber. Se, na Antiguidade, se convivia com diferentes fontes de perigo, esses eram somente os advindos dos

²¹ Para entender como o conceito de risco se consolidou como central para a teoria social, ver Guivant (1998).

apresentados pela natureza, como terremotos, furacões, enchentes, e continham em seu cerne a ideia de fatalidade, ou de perigos ligados a guerras entre povos vizinhos, ou ataques provocados por animais ou doenças. Diferentemente, a noção de risco pode ser entendida na relação de previsibilidade, sobre a qual a ideia de futuro inevitavelmente se apresenta. O enredo do risco é o mesmo do 'futuro', de eventos que acontecerão e que estão na esfera do previsível, no campo do calculável.

De acordo com Giddens não há cultura não-moderna sem a noção de fatalidade e destino. O mundo era visto como tendo uma intrínseca forma que relacionava eventos individuais a eventos cósmicos. Nas sociedades modernas, relaciona-se fatalidade com a abertura de eventos futuros. A fatalidade, em contextos modernos, tem pouco a ver com fatalismo, já que na modernidade se desenha a noção de futuro e com isso se pode cogitar a possibilidade de controle do futuro.

A noção de risco aparece no pensamento Europeu um século após Maquiável. Em inglês, até o século XIX, era usado o vocábulo Francês '*risque*'. A noção de risco só passou a ser central em uma sociedade que está deixando o passado para trás e se abre para um futuro problemático e na qual o cálculo do risco passa a ser possível (GIDDENS, 2002).

Com o desenvolvimento da estatística e da probabilidade, o conceito de risco passou a ser usado pelas ciências sanitárias no século XIX, e emergiu no século XX como um novo campo do saber, bastante ligado à epidemiologia e à gestão de riscos. Como lembrado por Douglas:

Nos séculos XVII e XVIII, o trabalho teórico sobre o risco se ocupava da matemática dos jogos, e assim a atenção se centrava precisamente sobre a estrutura das probabilidades como um todo. No século XIX, o trabalho teórico sobre o risco mudou do jogo, da aposta, para os riscos econômicos, concretamente sobre as probabilidades de perda (1996, p.73).

Já o campo identificado e reconhecido academicamente das análises de riscos se consolida por volta da década de 1950, marcado pela emergência da energia nuclear e seus riscos associados. Na década seguinte, disciplinas de epidemiologia, toxicologia, engenharias e psicologia cognitiva e behaviorista também passaram a fazer estudos quantitativos sobre riscos. Dentro da análise de riscos foram demarcados três subcampos: cálculo dos riscos, percepção dos riscos e gestão dos

riscos. Ou estimação, comunicação e administração. A estimação dos riscos inclui a caracterização das fontes de risco, a medição da intensidade, frequência, duração das exposições aos agentes produzidos pelas fontes de risco e a caracterização das relações entre as doses e as consequências para as populações afetadas (GUIVANT, 1998).

Acreditou-se, por um tempo, que essas análises resolveriam problemas ligados a crises e eventuais acidentes. No entanto, não tardou a aparecerem críticas a esses modelos. Nos anos de 1970 e 1980 acadêmicos, ambientalistas e setores da indústria criticaram a falta de dados precisos para relacionar a exposição a substâncias químicas a riscos à saúde, além de haver forte divergência entre peritos quanto à interpretação das evidências (GUIVANT, 1998).

Diferentes disciplinas têm se dedicado a estudar análises de riscos. Althaus (2005) apresenta um interessante quadro (Quadro 1) sobre as formas como os riscos são vistos atualmente em distintos campos de saber, bem como qual o tipo de conhecimento básico é aplicado nas análises.

Quadro 1 – Visão dos riscos para diferentes áreas do saber

Disciplina	Como o Risco é visto	Conhecimento aplicado para o desconhecido
Lógica e Matemática	Risco como um fenômeno calculável	Cálculos
Ciência e Medicina	Risco como uma realidade objetiva	Princípios, postulados e cálculos
Ciências Sociais	Risco como um fenômeno cultural	Cultura
Antropologia e Sociologia	Risco como um fenômeno social	Construção social ou “frameworks”
Economia	Risco como um fenômeno decisional, um meio de garantir a riqueza ou evitar perdas	Princípios de tomada de decisão e postulados

Disciplina	Como o Risco é visto	Conhecimento aplicado para o desconhecido
Leis	Risco como uma falha de conduta e um fenômeno jurídico	Regras
Psicologia	Risco como um fenômeno comportamental e cognitivo	Cognição
Linguística	Risco como um conceito	Terminologia e significado
História e Humanidades	Risco como uma história	Narrativa
História e Artes (literatura, música, teatro, poesia, arte, etc)	Risco como um fenômeno emocional	Emoção
Religião	Risco como um ato de fé	Revelação
Filosofia	Risco como um fenômeno problemático	Compreensão

Fonte: Althaus (2005, p.569).

Nas Ciências Sociais, Mary Douglas foi pioneira em dar visibilidade à discussão sobre os riscos ao fazer diversas críticas às análises consideradas, por ela, tecnicistas. É importante ressaltar que a discussão sobre riscos entrou, na teoria de Douglas, não através da teorização sobre riscos tecnológicos ou manufaturados, mas através do estudo de rituais de purificação em sociedades tradicionais. Ao estudar a relação entre alimentação e organização social, a autora ressaltou que o que é considerado risco ou perigo em determinada sociedade ajudaria a reforçar as relações morais, políticas ou religiosas dessa mesma sociedade. Isso foi discutido em seu livro 'Pureza e Perigo', publicado pela primeira vez em 1966. Nos anos seguintes a essa publicação, Douglas viu emergir o campo da análise de risco, sobretudo ligado às engenharias e à epidemiologia. O cientista político Aaron Wildavsky a instigou a pensar na questão dos riscos de forma mais geral, de modo a incluir em sua análise a questão dos riscos nas sociedades modernas. Ou

seja, pensar que aquilo que é considerado risco tecnológico ou manufaturado também tem um componente moral e político e, assim como nas sociedades tradicionais, está ligado à organização social de forma mais ampla. Da parceria dos dois pensadores resultou o livro *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*, de 1982. Douglas inaugurou uma série de questionamentos sobre as análises técnicas dos riscos, apontando para como os valores permeiam a própria definição do que é considerado ou não risco. Douglas continua influenciando pesquisas na área, sobretudo na discussão sobre percepção cultural dos riscos.

Depois de Douglas, diversos autores nas Ciências Sociais têm abordado a questão da análise de riscos. Lupton (1999) destaca três diferentes perspectivas que influenciaram as análises sobre risco na teoria social: cultural/simbólica, sociedade de risco e 'governamentalidade'. Além de Mary Douglas, que representa a perspectiva cultural/simbólica e é lembrada por Lupton em função de sua importância na perspectiva da análise cultural do risco, a autora destaca que Ulrich Beck e Anthony Giddens desempenharam um importante trabalho no diagnóstico do papel do risco na sociedade contemporânea. E finalmente, a terceira perspectiva apontada por Lupton – governamentalidade – seria adotada por autores que tem Michel Foucault como referência. Mesmo Foucault não tendo se dedicado à temática dos riscos, seus trabalhos sobre *governmentality* (governabilidade) e as discussões sobre as relações de poder que a biopolítica exerce no cotidiano, influenciaram outros trabalhos sobre o tema. Autores que adotam esta perspectiva²² discutem, sobretudo, como o risco pode se configurar como um poder disciplinador dos aparatos estatais. Nessa perspectiva, destaca-se que os comportamentos 'de risco' são constituídos e mediados por *experts* e se tornam definidores de práticas sociais. A narrativa sobre comportamentos 'de risco' exerce forte poder de dominação, no sentido de disciplinamento de práticas

²² A autora cita as seguintes referências para exemplificar autores dessa perspectiva:
 Castel, R. (1991) From dangerousness to risk. In Burchell, G., Gordon, C. and Miller, P. (eds.), *The Foucault Effect: Studies in Governmentality*. London: Harvester Wheatsheaf.
 Ewald, F. (1991) Insurance and risks. In Burchell, G., Gordon, C. and Miller, P. (eds.), *The Foucault Effect: Studies in Governmentality*. Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf.
 O'Malley, P. (1996) Risk and responsibility. In Barry, A., Osborne, T. and Rose, N. (eds.), *Foucault and Political Reason: Liberalism, Neo-Liberalism and Rationalities of Government*. University College of London Press.
 Dean, M. (1997) Sociology after society. In Owen, D. (ed.), *Sociology after Postmodernism*. London: Sage.

cotidianas, e estaria diretamente ligada ao advento do sistema de governos liberais que preconizam a autodisciplina e as atitudes individuais como centrais para o comportamento 'mais seguro'. Na modernidade tardia que o papel dos peritos, na construção dos discursos sobre riscos, se desenvolve. Assim, para essa perspectiva o risco está inserido num conjunto mais amplo de estratégias governamentais de poder disciplinador. Nas palavras da autora:

Desde o século XVI, com Foucault e outros autores da perspectiva da “*governmentality*”, tem sido descrito que uma grande rede de peritos tem se desenvolvido, acompanhadas por aparelhos e instituições em torno da construção, reprodução, disseminação e prática desses saberes. Este é um resultado da emergência do moderno sistema de governo liberal, com a ênfase do Estado à manutenção da ordem através da auto-disciplina voluntária e não pela coerção ou uso de meios violentos. (LUPTON, 1999, p.4)

Entre essas três perspectivas apontadas por Lupton, certamente foi a da sociedade de risco a que mais recebeu críticas e teve seguidores na teoria social. Os textos de Giddens e Beck foram amplamente discutidos, seguidos e questionados. Guivant atribui o sucesso das teorias da sociedade de risco ao fato de ter sido pioneira em trazer a discussão para o cerne da teoria social, ou seja, o risco não seria uma temática a mais para as Ciências Sociais se debruçarem, mas o ponto central de compreensão da sociedade pós-tradicional, ou modernidade reflexiva. No próximo item serão apresentadas as principais contribuições dessa perspectiva teórica, bem como algumas críticas relevantes que vêm sendo apresentadas nesses mais de 20 anos que se passaram desde a publicação do livro 'A Sociedade de Risco', de Ulrich Beck, no ano de 1989.

3.1 SOCIEDADE DE RISCO: BECK E GIDDENS

Com os trabalhos de Ulrich Beck e Anthony Giddens, a discussão sobre os riscos recebem um novo enfoque dentro da teoria social. Como nos lembra Guivant (1998), esses autores começaram uma discussão em paralelo e depois realizaram trabalhos em conjunto, apresentando o conceito de risco, sobretudo dos riscos advindos do desenvolvimento industrial – ou riscos manufaturados – como conceito central para compreender a sociedade contemporânea; isto é, os riscos são um

elemento estruturante da sociedade atual. Dessa forma, os autores propõem que o conceito de 'sociedade de risco' seja o substituto do conceito de sociedade de classes. Beck (2010) chega a afirmar que a definição sobre o que é ou não considerado risco, na sociedade atual, teria a mesma importância que teve o conceito dos meios de produção para a sociedade capitalista descrita por Karl Marx.

Tanto Giddens como Beck trouxeram importantes contribuições para o debate sobre os riscos. A contribuição central foi justamente trazer esse debate para o centro da teoria social contemporânea, sobretudo Beck, que cunhou a ideia de que estamos vivendo numa 'sociedade de riscos'. Como destaca Guivant (1998):

Ambos os sociólogos compartilham com a teoria cultural dos riscos na crítica à dicotomia entre um conhecimento perito que determina os riscos e uma população leiga que os percebe. A não aceitação de uma determinada definição científica de um risco por um setor da população não implica irracionalidade, mas o contrário: indica que as premissas culturais sobre a aceitabilidade de riscos contidas nas fórmulas científicas são as que estão erradas. Porém, os dois sociólogos realizam um decisivo giro na crítica às estimativas técnicas sobre os riscos, não só apontando seus limites metodológicos e teóricos – como o faz a abordagem cultural –, mas, fundamentalmente, submetendo tais estimativas a uma reflexão sociológica, situando-as dentro da dinâmica da modernidade.

Já Giddens contribui, principalmente, para a caracterização dos riscos que acometem a sociedade atual, designada, pelo autor, de alta modernidade, e que teria como principal característica o fim do monopólio da ciência. Ou seja, na alta modernidade, a ciência estaria marcada por seus questionamentos, tanto internos como externos, e a dubiedade de respostas oferecidas pela ciência teria contribuído para que os leigos passassem a questionar os cientistas e até mesmo os sistemas peritos²³.

Além disso, o autor afirma que uma das características da alta modernidade é a reflexividade da vida social, ou seja, a possibilidade de

²³ Sistemas peritos são definidos pelo autor como: “sistemas de excelência técnica ou competência profissional que organizam grandes áreas do ambiente material ou social em que vivemos hoje” (GIDDENS, 1991, p.35).

revisão de práticas cotidianas a partir de novas informações geradas por novos conhecimentos. Se, no contexto de uma sociedade tradicional, o agir se dá por repetição de antigas práticas, nas sociedades da alta modernidade o agir é constantemente renovado e o conhecimento revisitado. Nas palavras do autor:

A reflexividade da vida social moderna consiste no fato de que as práticas sociais são constantemente examinadas e reformadas à luz de informação renovada sobre estas próprias práticas, alterando assim constitutivamente seu caráter (GIDDENS,1991, p.45).

Para Giddens o risco da modernidade tardia, ou alta modernidade, apresenta características que o distinguem dos antigos perigos vivenciados na primeira modernidade e na segunda modernidade. O autor descreve tais características em sete pontos, apresentados resumidamente abaixo:

- a) Globalização do risco no sentido de intensidade: por exemplo, a guerra nuclear pode ameaçar a sobrevivência da humanidade.
- b) Globalização do risco no sentido da expansão da quantidade de eventos que afetam todos ou ao menos grande quantidade de pessoas no planeta: por exemplo, mudanças na divisão global do trabalho.
- c) Risco derivado do meio ambiente criado, ou a natureza socializada: a infusão de conhecimento humano no meio ambiente material.
- d) O desenvolvimento de riscos ambientais institucionalizados afetando as possibilidades de vida de milhões: por exemplo, mercados de investimentos.
- e) Consciência do risco como risco: as 'lacunas do conhecimento' nos riscos não podem ser convertidas em 'certezas' pelo conhecimento religioso ou mágico.
- f) A consciência bem distribuída dos riscos: muitos dos perigos que enfrentamos coletivamente são conhecidos pelo grande público.
- g) Consciência das limitações da perícia: nenhum sistema perito pode ser inteiramente perito em termos das consequências da adoção de princípios peritos (Ibid, 1991, p. 126-7).

Nesses pontos, fica evidenciado que a discussão sobre globalização e riscos se interconecta e dá a dimensão das relações na

alta modernidade. Assim, pode-se verificar que, para Giddens, uma das características centrais do risco na alta modernidade é exatamente a sua extensão, ou a capacidade desses riscos ocasionarem problemas além das fronteiras onde foram criados. Tomando o caso de problemas ambientais como exemplo, o aquecimento global não afetaria apenas uma pequena parcela da população, mas a população de todo o planeta. Além disso, com a reconfiguração do espaço ocorrido na alta modernidade, a relação entre local e não local se reconfigura:

Em condições de modernidade, o lugar se torna cada vez mais *fantasmagórico*: isto é, os locais são completamente penetrados e moldados em termos de influências sociais bem distantes deles. O que estrutura o local não é simplesmente o que está presente na cena; a forma visível do local oculta as relações distanciadas que determinam sua natureza (GIDDENS, 1991, p.27, grifo do autor).

Dessa forma, um problema ambiental local, como uma contaminação por uma indústria química, por exemplo, que tenha atingido uma população de uma pequena cidade em um país distante e desconhecido, passa a ser sentido por todos os habitantes do planeta. Há uma reconfiguração do que seja 'nós' e 'eles'. Com isso, os problemas que antes eram dos 'outros' passam a ser considerados e sentidos como 'nossos'. Outro ponto importante é que as proporções de riscos manufaturados que possam afetar grande parte da população é significativa. Os efeitos do aquecimento global afetam, ainda que diferentemente, populações de todas as partes da Terra. Numa proporção menor, pode-se citar os problemas representados pelos produtos produzidos em diferentes países, como um brinquedo que foi produzido na China contendo tinta tóxica, por exemplo, que pode prejudicar crianças onde seja comercializado.

Além da extensão e características dos riscos, é importante chamar a atenção para a questão levantada pelo autor no sétimo ponto – sobre a consciência das limitações nos sistemas peritos. Nesse aspecto, fica evidente que, para ele, no momento em que os sistemas peritos se mostram contraditórios, passam a ser vistos pelo público como sistemas passíveis de dúvidas, sobre os quais os leigos não depositariam confiança plena ou confiança cega. Os leigos precisam fazer suas escolhas. Isso porque, na medida em que esses sistemas apresentam

respostas diferentes, e mesmo contraditórias, para as mesmas perguntas, eles passam a ser vistos pelo público como conflitantes. Sem a confiança cega nos sistemas peritos, Giddens mostra que os leigos se sentem abandonados à sua própria sorte. Não significa que se duvida dos sistemas peritos o tempo todo, pois sobre certos riscos os leigos são dependentes dos sistemas peritos. A partir das explicações das controvérsias entre sistemas peritos, os leigos necessitam fazer escolhas individuais. Para o autor, o indivíduo moderno tem capacidade de ação, e, de certa forma, todo o indivíduo estaria 'condenado' a fazer escolhas. E, como destacado acima, agem à luz de informações constantemente renovadas.

A ideia de reflexividade da alta modernidade ofereceu grande contribuição à teoria social na questão da relação entre indivíduo e estrutura, um tema recorrente e inesgotável para a sociologia. Também deu margem a críticas relevantes sobre a teoria de risco do autor. Wynne (1996) afirma que na teoria de risco de Giddens – e a mesma crítica é estendida a Beck – os leigos são entendidos como tendo pouco conhecimento, necessitando assim, dos peritos para lhe apresentarem leituras da sociedade e da natureza. Para Wynne, Giddens coloca os leigos numa espécie de vazio epistemológico.

As perspectivas predominantes sobre a sociedade de risco e as transformações da modernidade que foram discutidas até aqui, [por Giddens e Beck] implicitamente tratam o mundo dos leigos como epistemologicamente vazio. Pode ser reflexivo, mas em tal reflexividade é implícito que se têm pouco ou nenhum conteúdo intelectual, no sentido de se ter acesso cognitivo à natureza ou à sociedade (WYNNE, 1996, p.61).

Além disso, Wynne afirma que, na teoria de Giddens e Beck, os leigos passam a ver as controvérsias científicas/tecnológicas/ambientais somente a partir do momento em que tais controvérsias são explicitadas pelos peritos. Para ambos os autores, os leigos não são promotores de novas controvérsias, mas atores que escolhem as opções que são dadas pelos *experts*.

Outro pertinente questionamento foi feito por Lash (1994). O autor questiona o entendimento de Giddens sobre o modo pelo qual os leigos fazem suas escolhas frente aos riscos. Para Lash, na teoria de Giddens, ainda que não explicitamente, há uma forte inspiração na teoria

da escolha racional. Isto é, os leigos agiriam a partir de cálculos que fazem sobre possíveis riscos e benefícios que cada escolha acarretaria. Dessa forma, Giddens não estaria colocando os leigos apenas no 'vazio epistemológico' apontado por Wynne, mas, também fazendo do ator detentor de uma instrumentalidade racional em relação a fins. Considerando essas críticas, vemos que Giddens recai no mesmo equívoco que ele próprio questiona sobre as análises técnicas de risco, que é justamente a tendência a desconsiderar o *background* cultural dos leigos. Sobre essa questão Wynne (1996, p.44), esclarece:

Beck e Giddens negligenciam virtualmente as origens culturais/hermenêuticas que envolvem o *self* na modernidade tardia, que é ao mesmo tempo um abandono desta dimensão fundamental da política e do cotidiano. Isso significa que suas concepções de sub-política ou política da vida focam nos peritos, deixando relativamente de lado as 'origens'.

Concordamos com as críticas expostas, mas marcamos que Giddens deu importantes contribuições sobre as relações entre riscos e modernidade, e Ulrich Beck avançou ainda mais nessa relação e conseguiu discutir com mais precisão as características dos riscos da modernidade reflexiva. O livro 'A Sociedade de Risco' gerou amplo debate e críticas. Algumas dessas críticas foram, inclusive, discutidas nos livros 'A Sociedade Global de Risco' (2002) e 'A Sociedade Mundial de Risco' (2009), nos quais que o autor se propõe a desenvolver um novo repertório de reflexões sobre a sociedade de risco, além de uma infinidade de artigos que vêm sendo publicados nessas últimas décadas. Nesse subitem, discorre-se sobre pontos importantes da teoria da sociedade de risco que Beck vem desenvolvendo nesses últimos anos, bem como alguns questionamentos, considerados relevantes, que sua teoria tem recebido.

A primeira grande contribuição de Beck para a teoria da análise de risco foi exatamente discorrer mais detalhadamente sobre as características dos riscos da segunda modernidade, ou modernidade radicalizada, período que, para o autor, é marcado pela perda do monopólio da ciência e que tem como conceito chave a **reflexividade**. Beck (1998) afirma que todas as sociedades humanas se depararam com o perigo (desastres naturais, pragas, fome, etc) e que tais perigos teriam sua origem em causas naturais e seriam explicados por noções de sorte e

fortuna. Diferentemente, os riscos da segunda modernidade advêm das decisões de grupos que aceitam tais riscos em nome de vantagens econômicas e do progresso. Nas palavras do autor:

(...) enquanto na sociedade industrial a lógica da produção de riqueza domina a 'lógica' da produção de riscos, na sociedade de risco essa relação é invertida [...]. As forças produtivas perderam sua inocência na reflexividade dos processos de modernização. A ganância de poder do 'progresso' técnico-econômico se vê cada vez mais ofuscada pela produção de riscos. Estas podem ser legítimas como 'efeitos colaterais' apenas em um estágio muito inicial. [...] No centro figuram riscos e consequências da modernização que se refletem nas ameaças irreversíveis à vida das plantas, animais e seres humanos [...] com o qual emergem as ameaças globais que são supranacionais, e não específicas a uma classe, e têm uma nova dinâmica política e social (BECK, 1998, p.19).

Para o autor, o risco está relacionado “ao futuro, a algo que nós admitimos saber e sobre o qual temos de falar como se soubéssemos, mas que realmente não sabemos, porque ainda não aconteceu” (1998, p.2). Beck faz uma distinção entre os perigos existentes em sociedades antigas, que eram gerados externamente (deuses, natureza) e os riscos atuais, que estão no cerne da sociedade e são simultaneamente criados pela ciência e socialmente construídos. Para entendermos os riscos na atualidade é importante entender o papel desempenhado pela ciência.

Se antes existiam perigos gerados externamente (deuses, natureza), o novo caráter – do ponto de vista histórico – dos atuais riscos radica em sua simultânea construção social e científica-social. E num triplo sentido: a ciência se converteu em causa, instrumento de definição e fonte de solução dos riscos, de modo que se abrem novos mercados para a cientificação. O desenvolvimento científico-tecnológico se fez contraditório pelas mudanças de riscos, que são ao mesmo tempo co-produzidos e co-definidos e por sua crítica pública e social (Ibid, 1998, p.203).

Para Beck, a sociedade industrial clássica, com suas noções de soberania do estado nacional, na certeza do desenvolvimento científico, sociedade baseada no conflito de classes, teria chegado ao seu final, e estaríamos agora na sociedade de risco.

Assim, em sua teoria, o risco teria assumido uma conotação de categoria estruturante da segunda modernidade, e se constituiria além das ameaças reais, mas também na decodificação e percepção dos riscos. O autor caracteriza cada um dos estágios da modernidade da seguinte maneira:

Primeira modernidade:

- Sociedade do Estado nacional;
- Sociedades grupais coletivas – aqui os processos de individualização ocorrem no interior dos coletivos predeterminados;
- Clara distinção entre sociedade e natureza – e o entendimento de que a natureza é uma fonte inesgotável de recursos para o processo de industrialização;
- Sociedades do trabalho ou do pleno emprego – participação social se define basicamente pela participação no trabalho produtivo e também o status do indivíduo se molda a partir de seu trabalho;

Segunda modernidade

- Globalização – econômica, política, social e cultural;
- Individualização – intensificação da individualização frente às classificações coletivas predeterminadas;
- Questionamento da oposição natureza/sociedade – o sistema industrial se encontra a mercê da natureza integrada e contaminada industrialmente. A natureza deixa de ser um fenômeno dado, e passa a ser considerado um fenômeno construído;
- Capitalismo digital-virtual – o vínculo entre tecnologia de comunicação e a informática com os mercados mundiais, esvazia o conceito de sociedade do trabalho.

Para Beck, não estamos em uma nova 'fase' da modernidade; para ele, as mudanças que ocorreram são as próprias consequências da

primeira modernidade, mas de forma radicalizada:

(..) trata-se de uma transformação cujas causas se radicam no quadro da dinâmica da modernização presente, mas, ao mesmo tempo, transcendem esse quadro e representam uma alteração dos fundamentos, uma mudança de paradigma que nos obriga a desenvolver novos conceitos no âmbito das ciências sociais, mas também novas instituições políticas, a fim de encontrar as respostas adequadas a esses desafios (BECK, 2002, p.25).

Em vários momentos, ao comentar as críticas que sua teoria recebeu, Beck enfatiza que não seriam conceitos presos a categorias evolucionistas, uma vez que a passagem da primeira para segunda modernidade não se dá por uma grande ruptura, nem que segunda modernidade não acontece com o fim da primeira, mas que elas vivenciam um processo paralelo. Ainda assim, questiona-se se não há uma forma de evolucionismo presente em tal perspectiva, já que uma ordem cronológica parece estar presente, como esclarece Guivant (2001, p.97)

No livro *Risk Society*, Beck apresentava uma perspectiva bastante linear e evolutiva entre a sociedade de classes e a sociedade de risco, deixando de considerar que no mundo globalizado encontram-se sociedades com as duas características, o que daria uma dimensão diferente à própria sociedade de risco.

Depois da sociedade industrial seguir-se-ia, necessariamente, a segunda modernidade, ou modernidade reflexiva. No trecho abaixo, essa ordem cronológica mostra-se bastante explícita:

No sentido de uma teoria social e de um diagnóstico de cultura, o conceito de sociedade de risco designa **um estágio da modernidade** em que começam a tomar corpo as ameaças produzidas até então no caminho da sociedade industrial” (BECK, 1997, p.17, grifo nosso).

A própria concepção de modernidade simples seguida de uma

modernidade reflexiva merece ser discutida, uma vez que o central na mudança dessas duas 'etapas' da modernidade parece ser o questionamento que os leigos fazem à ciência.²⁴ E, nesse sentido, pode-se questionar também se houve uma modernidade simples, tal como descrita por Beck e, de modo bem semelhante, também por Giddens. O que caracterizaria a modernidade simples seria a falta de questionamento dos leigos aos sistemas de excelência técnica, ou sistemas peritos. Wynne (1996) considera problemático esse entendimento de que na modernidade simples os leigos teriam uma espécie de confiança cega nos peritos; para o autor, a aparente confiança pode ser entendida como uma '*as if trust*'²⁵. Essa confiança virtual é apenas aparente, pois ao ser pesquisada mais profundamente e utilizando métodos de análise mais sofisticados, tornam-se evidentes situações mais complexas – como o caso estudado por Wynne, de sujeitos que vivem próximo a indústrias químicas. Há inúmeras pesquisas que sugerem que moradores que vivem nas proximidades de usinas nucleares mostram-se menos temerários sobre os possíveis problemas de tais indústrias, quando comparados a moradores de áreas mais distantes. Para alguns pesquisadores isso acontece por que o risco passa a ser 'naturalizado' e não é mais percebido como risco. Wynne questiona essas pesquisas e sugere que essa falta de temeridade é apenas aparente; para ele, quando não há uma confrontação dos leigos sobre determinada problemática científica/tecnológica, não significa que aceitem e percebam tal tecnologia como segura, e, sim, que desenvolvem uma 'confiança virtual'. Para Wynne (1996, p.10), “a realidade da dependência social em sistemas peritos não deve ser equiparada com confiança positiva, seria melhor caracterizada como uma confiança virtual, ou uma 'como se' confiança”.

Como já mencionado acima, Beck afirma que o cerne para entender a sociedade atual são as questões sobre risco e a problemática que a envolve:

Na modernidade tardia, a produção social de riqueza é acompanhada semanticamente pela produção social de riscos. Consequentemente, aos

²⁴ No entanto, Guivant (2001, p.98) esclarece que: "Em seus trabalhos mais recentes, Beck tem procurado explicitamente fugir tanto dessa limitada caracterização da sociedade de classes como da decorrente visão linear e evolutiva entre sociedade de classes e sociedade de risco."

²⁵ Seguindo a tradução feita por Guivant (1998) – confiança virtual.

problemas e conflitos distributivos da sociedade da escassez sobrepe-se os problemas e conflitos surgidos a partir da produção, definição e distribuição de riscos científico-tecnologicamente produzidos (BECK, 2010, p. 23).

No livro 'A Sociedade de Risco', o autor apresenta cinco teses centrais, que são sintetizadas a seguir:

Primeira tese: os riscos que foram gerados no nível mais avançado das forças produtivas, como por exemplo, a radioatividade, substâncias tóxicas presentes no ar, na água e nos alimentos. Esses riscos causam danos sistemáticos e irreversíveis, podem permanecer invisíveis, se baseiam em interpretações causais ou percepções. As definições dos riscos se convertem em posições sócio-políticas.

Segunda tese: com a divisão e o incremento dos riscos surgem situações sociais de perigo. Em algumas situações, repetindo a desigualdade de classe. Porém, há uma lógica de divisão totalmente diferente. Os riscos da modernização afetam, mais cedo ou mais tarde, os que o produzem e se beneficiam (efeito bumerangue). Nem mesmo ricos e poderosos estão seguros. Ao mesmo tempo, os riscos produzem novas desigualdades internacionais. Essas desigualdades não respeitam as competências dos estados nacionais. Tem-se a universalização e supra nacionalização de tráfico de substâncias nocivas.

Terceira tese: a expansão dos riscos não rompe com a lógica do desenvolvimento capitalista, mas a leva a um novo nível. Os riscos da modernização reflexiva são '*big business*'. Pode-se acalmar a fome e satisfazer as necessidades, mas os riscos da civilização seriam um barril sem fundo de necessidades.

Quarta tese: o indivíduo pode possuir a riquezas, mas ainda assim ele está exposto a diversos riscos. Esses são distribuídos de forma democrática. Falando de forma rápida e simples: nas situações de classes, o ser determina a sua consciência, enquanto que nas situações de risco a consciência determina o ser humano. Assim, o saber adquire um novo significado político. Decorre, então, a necessidade do surgimento de uma sociologia e de uma teoria do surgimento e difusão do saber dos riscos.

Quinta tese: os riscos reconhecidos socialmente têm um conteúdo político explosivo muito peculiar: o que até um momento havia sido considerado apolítico se transforma em político. Aqui, se vê propriamente a disputa pública sobre a definição dos riscos: não somente das consequências para saúde da natureza e do ser humano,

mas também dos efeitos sociais secundários, econômicos e políticos. A sociedade de riscos é uma sociedade catastrófica, em que o estado de exceção ameaça passar à normalidade.

As cinco teses apresentadas por Beck são bastante elucidativas. Ainda assim, pode ser relevante destacar alguns pontos. Com o advento da sociedade de risco, os conflitos da distribuição em relação aos 'bens' (renda, empregos, seguro social), que constituíram o conflito básico da sociedade industrial clássica e conduziram às soluções tentadas nas instituições relevantes, são encobertos pelos conflitos da distribuição dos 'malefícios'. Como esclarece Guivant (1998) uma das teses que recebeu mais críticas e, portanto, foi bastante comentada também pelo autor, foi a afirmação de que os riscos seriam 'democráticos'. Como descrito, para Beck os riscos ultrapassam os limites territoriais e de classe; assim, não haveria mais 'os de dentro e os de fora' – característica da primeira modernidade – e, dessa forma, os riscos seriam democráticos. As críticas a essa afirmação são no sentido de que, ainda que os riscos atinjam a todos, isso não acontece de modo igualitário. Os indivíduos que já se encontram em condição de vulnerabilidade econômica são os mais atingidos por desastres ambientais, por exemplo. Isso ficou terrivelmente evidente com os problemas decorrentes do furacão Katrina, quando os mais pobres, que exatamente por essa condição moravam em locais mais vulneráveis, foram os que tiveram as maiores perdas materiais e de vida. Num artigo recente (2010), Beck, discutindo as problemáticas envolvidas nas alterações climáticas, afirma que, ao mesmo tempo em que os efeitos nocivos de tais mudanças são de graves consequências e que com isso todos seriam atingidos, agravam-se as desigualdades sociais, daí o caráter ambivalente dos riscos de graves consequências.

Outro tema central na teoria do autor é sobre o papel da ciência na alta modernidade. Beck sugere que na alta modernidade a ciência apresenta características diversas das que tinha na sociedade industrial. Na sociedade de risco, a ciência e a tecnologia não se configuram apenas como caminhos para propensas melhorias na sociedade, mas, ao ampliarem o domínio do conhecimento, ampliam concomitantemente o domínio da incerteza. A ciência e a técnica moderna não conseguem prever os acidentes que podem colocar em perigo a humanidade, bem como poderiam promover mais acidentes. Ao discutir o acidente nuclear de Chernobyl, Beck escreve: “O que causa a catástrofe não é o erro, mas os sistemas que transformam o erro da humanidade em forças destrutivas incompreensíveis” (BECK, 1986 p. 12).

Como mencionado acima, Beck afirma que a primeira

modernidade nasce como crítica à tradição, enquanto a segunda modernidade faz a crítica à própria modernidade. Assim, ele distingue modernidade e ciências simples de modernidade e ciências reflexivas. E afirma que na segunda modernidade o papel da ciência é ambivalente. “Por um lado, ainda é, sem dúvida, uma fonte de soluções, mas, por outro, é também fonte de problemas.” (BECK, 2007, p.1) E paradoxalmente, pela ciência ser bem sucedida ela é propulsor de problemas, tais problemas não são acarretados por crise da ciência e da modernidade, mas por suas vitórias.

A ciência é tanto fonte de problemas como soluções e disso decorre o seu caráter ambivalente. Quando o autor afirma que as ciências criaram problemas não apenas como efeitos colaterais da modernidade, mas sim como efeitos inerentes, e que tais efeitos indesejados estão no cerne do que a modernidade produz, deu grande contribuição para se problematizá-la.

De fato, Beck trouxe importantes questionamentos e contribuições para a teoria de riscos. Aqui, busca-se problematizar alguns pontos da teoria de Beck, sobretudo sua crença de que a ambivalência da ciência está em criar e resolver problemas, não apenas no âmbito tecnológico, mas de modo mais amplo. O autor afirma que uma ciência mais reflexiva, que se pense mais criticamente e inclua a ambivalência que é inerente à modernidade, poderia minimizar os riscos da modernidade de riscos. Mas essa espécie de fé nessa ciência que teria um caráter mais reflexivo – que leva ao questionamento sobre se o que Beck sugere não é apenas 'mais do mesmo' –, se o projeto de modernidade falhou ao colocar em risco o planeta e os seres vivos que o habitam, uma ciência com um caráter mais complexo, ou mais reflexiva, seria a solução para os problemas que ela mesma criou. Seria outro caminho, que aponta para a participação mais ativa dos leigos, e que, com suas escolhas mais 'informadas', fariam da subpolítica, ou da política do cotidiano, um espaço para mais questionamentos e enfrentamento dos problemas. Subpolítica é um conceito que Beck desenvolveu e se refere à política além dos espaços de representação tradicionais do sistema político:

(...) significa política ‘direta’ – isto é, participação individual ad hoc nas decisões políticas, ultrapassando as instituições de formação de opinião representativas (partidos políticos, parlamentos) e que frequentemente não têm a proteção da lei. Em outras palavras, subpolítica

significa moldar a sociedade de baixo para cima. (...) O que caracteriza a subpolítica da sociedade mundial é precisamente as ‘coalizões de opostos’ ad hoc (de partidos, nações, religiões, governos, rebeldes, classes) (BECK, 1999, p. 40).

No texto de 1997, o autor discute a relação entre sua teoria e a ação política (ver GUIVANT, 2001). Ele explica que se procura “a política no lugar errado, nas tribunas erradas e nas páginas erradas dos jornais (BECK, 1997, p.30), já que na atualidade o mundo das instituições políticas tradicionais coexistiria com um mundo de práticas políticas do cotidiano. Assim, a subpolítica seria distinta da política primeiramente por permitir que os agentes tradicionalmente externos ao sistema político passem a fazer parte do espaço de planejamento social – grupos profissionais, trabalhadores especializados, iniciativas dos cidadãos – e, em segundo, por que os indivíduos competem pelo poder político. E completa: “Subpolítica (*sub-politics*), então, significa moldar a sociedade **de baixo para cima**” (BECK, 1997, p.30, grifo do autor). Mas como adverte Guivant, 2001, Beck não tem avançado significativamente ao precisar como se daria efetivamente ações para implementação de subpolíticas.

A ideia de subpolítica e ação individual é central, ainda assim, parece que vai perdendo a importância em publicações mais recentes. Como é o caso do artigo publicado em 2010 (BECK, 2010) no qual o autor questiona os limites da sociologia ambiental e do próprio movimento ambientalista que, para ele, recorrem no equívoco de separarem natureza e sociedade – ao incorporarem uma definição de meio ambiente em que deixa ao largo a sociedade – e, assim, deixam de lado as questões sociais.

Outra crítica feita por Beck, essa mais diretamente dirigida à sociologia, diz respeito ao nacionalismo metodológico presente na disciplina. Para Beck, na sociedade de risco vivem-se problemas globais que, dessa forma, devem ser enfrentados e também estudados; assim, o autor propõe uma visão de mundo cosmopolita. No texto de 2010, ele desenvolve cinco teses e na atualidade mostrou um viés bastante normativo de seu pensamento. Beck é bastante irônico com as atitudes ‘verdes’ ou ecologicamente corretas que são adotadas no cotidiano.

Na jaula de ferro tecnocrática da política ambiental, as emissões de carbono estão se tornando a medida para todas as coisas. Quanto

carbono uma escova elétrica gasta em comparação a uma escova manual (94.5g x 0g)? Quanto gasta um despertador elétrico em relação a um mecânico (22.26g x 0g)? Na concepção cristã de salvação, leite e mel inundam o paraíso, mas na Terra o leite é suspeito de levar à morte o meio ambiente. A vaca 'assassina do clima' produz muitos litros de gás metano por dia, o equivalente a quase um quilo de carbono por litro de leite. A partir de agora, até mesmo o divórcio é um problema não só perante Deus, mas também perante o meio ambiente. Por quê? Famílias que vivem na mesma casa são mais ecologicamente corretas que as famílias separadas. (BECK, 2010, p.263)

Nesse ponto, ficam bem evidentes as mudanças que se processaram no pensamento de Beck com respeito ao papel da política. Nesses mais de 30 anos que seguem a primeira publicação de 'A Sociedade de Risco'. Há no artigo um ar de meta narrativa, já que o autor aponta para a necessidade de que a problemática ambiental seja levada ao cerne da teoria social contemporânea; ele tem esperança de que, com a 'sociologia fora do casulo', as possibilidades de 'transformação social' são imensas e levadas a cabo pela 'radicalização' sociológica da problemática ambiental.

Beck afirma que é necessária uma atitude muito mais radical e estrutural para que tenhamos um ambiente ecologicamente saudável. E afirma, ainda, que tem esperança de que a sociologia saia do 'casulo' e se transforme numa enorme força propulsora de transformações sociais²⁶.

Se, em relação a possibilidades políticas, parece que a teoria de Beck é marcada por mudanças, o mesmo não é visto quando analisamos a posição deste autor em relação à ciência perante os riscos. Para ele, uma ciência mais reflexiva e menos presa à racionalidade – seguindo a designação criada por ele mesmo – ajudaria a impulsionar uma sociedade mais reflexiva e mais politizada. Para defender essa afirmação, serão apresentados pontos importantes nos quais o autor expõe seu entendimento sobre o papel da ciência na sociedade de risco.

²⁶ Nesse ponto, fica novamente evidenciado a vinculação de Beck a um ideal de retorno a um projeto de modernidade que está inacabado.

3.2. RISCOS CIENTÍFICOS NA TEORIA DE BECK

Além da discussão mais geral sobre os risco na alta modernidade, tal como apontado acima, Beck também discorre sobre o papel da ciência na constituição dos riscos, no seu livro *A Sociedade de Risco Global*, publicado originalmente em 1992, e no qual desenvolveu quatro teses sobre a ciência reflexiva na constituição dos riscos, as quais serão reproduzidas brevemente abaixo:

Primeira tese: De acordo com a distinção entre primeira e segunda modernidade, pode-se diferenciar as práticas científicas da ciência simples e da ciência reflexiva. A primeira se aplica ao mundo dado, à natureza, ao homem e à sociedade. No segundo momento, a ciência enfrenta seus próprios produtos, defeitos e problemas criados. A lógica do desenvolvimento da primeira fase consiste numa generalização da ciência nas quais as exigências de racionalidade estão livres da auto-referência metódica da dúvida científica. A segunda fase consiste em uma ciência que tem a consciência da dúvida científica e, também, noção das consequências externas da própria ciência. Na primeira, a generalização da ciência adquire sua dinâmica a partir da contraposição entre tradição e modernidade, leigos e peritos. Há uma fé ininterrupta na ciência e no progresso (típico da metade do século XX). Nessa fase, a ciência adquire um otimismo público, tem as evidências de seus êxitos e promessas de libertação.

Segunda tese: como consequência da anterior, tem lugar uma desmonopolização das exigências do conhecimento científico. A ciência se torna cada vez mais necessária, ao mesmo passo em que se torna cada vez menos suficiente para a definição vinculante de verdade. Em parte, a ciência se empenha em estender a força metódica da dúvida, e isso afeta tanto as suas relações internas quanto externas. Consequentemente, se amplia a força das regras, convenções, protocolos.

Terceira tese: os critérios para julgar a independência crítica da investigação científica são tábuas de invariabilidade surgidas das reivindicações cognoscitivas da ciência: quanto mais avança a generalização da ciência e quanto mais claramente penetram a consciência pública da situação de perigo, maior a pressão política manipuladora e maior a ameaça de que a civilização científico-tecnológica se converta em uma 'sociedade tabu' de origem científica.

Quarta tese: ainda que se tenham perdido os fundamentos da racionalidade científica na exigência da troca generalizada, o que é feito pelos homens pode ser trocado por eles. Isto é, a generalização da ciência reflexiva permite perceber e questionar os abusos da

racionalidade científica. Assim, entende-se que a 'dinâmica própria' do desenvolvimento técnico-científico é produzida e, por isso, passível de ser resolvida. O importante não é a ciência contribuir com mais autocontrole dos riscos práticos, não é ampliar sua ação política; o importante é que tipo de ciência se desenvolve em relação à previsibilidade de suas consequências supostamente imprevisíveis. O importante é que a ciência renasça e desenvolva a especialização a partir do contexto, e não a super especialização.

Nessas teses, a passagem de uma ciência simples para uma ciência reflexiva repete o parâmetro já discutido anteriormente sobre modernidade simples e reflexiva, merecendo as mesmas ressalvas feitas anteriormente. Há um destaque para as possibilidades da ciência, ela mesma, controlar o que o autor designa de “abusos da racionalidade científica”. As palavras do autor: “Precisamente, a generalização da ciência reflexiva permite perceber e questionar os abusos da racionalidade científica” (BECK, 1992, p. 206). Para Beck, modernização reflexiva significaria uma 'reforma da racionalidade'; não se trata de uma racionalidade em excesso, mas uma “radicalização da racionalidade que vai absorver a incerteza reprimida” (ibid, p. 47).

No decorrer de seu trabalho, Beck levantou várias questões centrais na discussão sobre os riscos produzidos pela ciência, entre elas quem determina a periculosidade e risco dos produtos; a responsabilidade sobre a mentira; quem estabelece as normas de causalidade para o reconhecimento de uma relação causa-efeito e o que conta como prova para que o risco seja aceito como tal (BECK, 2010).

Outro ponto central na análise de risco e bastante citada por Beck é a questão da definição – quem define o que é risco ou não? O autor também retoma questões importantes sobre o poder das definições e sobre o que é ou não considerado risco²⁷. Na quinta tese do livro o autor aborda o tema da definição da regulamentação atrelada à questão da *accountability*, afirmando a centralidade das relações de definição na sociedade de risco e comparando-as ao modo como Marx apontava a relevância das relações de produção da sociedade capitalista. Ainda sobre as relações de definição “regras, instituições e capacidades que especificam como os riscos são identificados em contextos específicos (...)” (BECK, 2010, p.259).

Se as questões que este autor apresenta são extremamente

²⁷ Como destacaremos a seguir, as questões de definições são sempre destacadas por Beck, mas, ainda assim, pouco discutidas em sua teoria.

importantes e instigantes, as suas respostas a tais questões são insuficientes, uma vez que suas respostas não têm o alcance de suas perguntas. Acredita-se que essa ausência de discussão esteja relacionada à concepção realista dos riscos presente na teoria de Beck (ver WYNNE 1996, GUIVANT, 1998). Ao apontar a problemática em torno dos riscos da sociedade, Beck os mostra como reais, ou seja, o autor tende a um realismo epistemológico que leva sua teoria para uma não-discussão sobre a constituição dos riscos manufaturados. Além disso, como já mencionado, a relação entre públicos e perito é pouco problematizada em sua teoria. Guivant, (1998, 2001) faz uma relevante crítica ao afirmar que os peritos tendem a ser tratados de modo monolítico e o público de forma não problematizada:

O conceito de público não é bem especificado, permanecendo como sinônimo de povo soberano, envolvendo leigos e peritos dissidentes. As respostas de Beck tendem a enfatizar e a pressupor uma cega confiança no público, tratado como se formasse uma categoria homogênea, incontaminada – no sentido das influências dos peritos. (GUIVANT, 2001, p.104)

Pode-se questionar se os conceitos de 'leigo' e 'peritos' não seriam – utilizando um termo desenvolvido por ele – categorias zumbis? Isto é, conceitos que não tem mais poder explicativo na atualidade, mas que já o tiveram em outro momento histórico e, por isso, continuam sendo utilizados por cientistas que não renovaram seu repertório.

Como mencionado anteriormente, Beck, assim como Giddens, mostram como os riscos podem ser percebidos de maneira diferente por diferentes culturas, e que isso não significa uma falta de racionalidade por parte dos leigos, mas racionalidades diferentes. Isso aproxima sua teoria da perspectiva cultural dos riscos. No entanto, essas diferentes racionalidades dos leigos não seriam fortes o suficiente para questionar os riscos propriamente ditos, já que, para o autor, esses são definidos pelos cientistas e talvez atendendo a interesses escusos.

De acordo com Wynne; Beck e Giddens não tomam o conhecimento científico como intrinsecamente cultural, pois desconsideram em suas teorias que pode haver um "conhecimento vernáculo, informal, por parte do leigos sobre a validade das hipóteses de peritos nas condições do mundo real" (WYNNE, 1996, p. 12).

Entende-se que essa concepção realista dos riscos não permite

que, com a teoria de Beck, se scrutine a constituição dos riscos, já que esse escrutínio só pode ser feito olhando a ciência por dentro, ou adotando um entendimento de ciência como construída. E isso só pode ser feito ao se avançar, ou melhor, se retroceder um pouco²⁸ e focar nas controvérsias que envolvem a definição do que é ou não risco, se a definição de que a ciência cria e constantemente modifica os *standards* do que é considerado risco for desnaturalizada. Assim, é importante ressaltar que, em Beck, a discussão fica periférica exatamente pelo não-enfrentamento sobre a produção do conhecimento científico.

Outro ponto que merece destaque é a falta de definição sobre o que são sistemas peritos, peritos e conhecimento perito que, também, é decorrente da visão realista do autor, principalmente no que tange à produção do conhecimento. Não há pistas na teoria de Beck sobre a discussão de como se dá, entre os cientistas, a definição do que é ou não risco ou como determinado objeto técnico-científico passa a ser considerado seguro ou apresentado como um risco.

Uma perspectiva construtivista sobre a produção dos riscos está presente em trabalhos do sociólogo inglês Brian Wynne, já mencionado, que estuda as percepções de leigos em relação a riscos e as controvérsias científicas em torno das definições dos riscos. Wynne (1996) sistematizou características dadas por diferentes pesquisadores que, ao analisarem a relação entre público e peritos, apontam para o fato de que há um entendimento 'ingênuo' de sociedade por parte dos peritos que desenvolvem as análises 'técnicas' de risco. O autor destaca as seguintes características:

- a) o conhecimento científico de especialistas incorpora premissas e compromissos de natureza humana, sobre as relações sociais, comportamento e valores;
- b) também inclui problemáticas 'estruturais', ou epistêmicas, por exemplo, sobre a extensão adequada da agência de controle e previsão, ou de normalização;
- c) negligenciasse e, portanto, denegrisse o conhecimento leigo especialista;
- d) a um nível secundário, se define a resistência dos leigos como baseada na ignorância ou irracionalidade,
- e) assim, tacitamente o público é entendido como dependente de

²⁸ A ideia de retroceder em direção a controvérsias abertas está presente na teoria de Bruno Latour, que afirma que para entender o processo de constituição das controvérsias científicas temos de olhar a ciência no momento em que tais controvérsias estão abertas e quando as incertezas estão presentes.

atores sociais (peritos) que engendram alienação e controle social

- f) portanto, o sentido fundamental de risco na 'sociedade de risco', é um risco para a identidade engendrada pela dependência de sistemas de peritos, que normalmente operam com cegueira e irrefletidos por seus próprios modelos problemáticos e culturalmente inadequados de seres humanos (WYNNE, 1996).

Para o autor, ao reduzirem a percepção do público a algo irracional, os cientistas estão se comportando como sociólogos ingênuos, mas com a ressalva de que, mesmo com essa visão ingênua, produzem os experimentos. Pois como afirma Callon (2008) “ (...) a ciência não é somente uma descrição do que existe, mas é também uma maquinaria poderosa que permite fazer existir o que descreve”. Ou seja, os cientistas ao descreverem objetos, os estão os criando.

Mas a questão é: se os cientistas agem como sociólogos ingênuos ao avaliarem as percepções que o público têm dos riscos, será que Wynne também não se comporta como um ingênuo sociólogo em relação aos cientistas, já que em seu trabalho tende a mostrá-los como excessivamente racionais e pouco flexíveis²⁹? Além disso, quando Wynne, ao se esforçar para mostrar que as controvérsias em torno dos riscos são abertas pela população, vista geralmente como mais flexível, e não por cientistas, dá a impressão de que o autor cai numa espécie de armadilha. O caso dos produtores de ovelhas da Inglaterra é bastante ilustrativo. O autor afirma que os produtores de ovelhas da região de Cumbria perceberam antes dos cientistas que as terras de sua região foram contaminadas pelo acidente de Chernobyl; no entanto, usando suas técnicas de análise de contaminação do solo, os cientistas não detectaram o problema, afirmando, então, que não havia nenhum. Mas diante da insistência da população, o caso foi reavaliado e, então, foi comprovado que os problemas percebidos pelos criadores de ovelha tinham razão de ser. O caso foi reaberto e os cientistas mostraram que havia problemas de contaminação do solo, passando o problema a estar cientificamente comprovado. Wynne destaca que, no relatório, relatou-se que os cientistas haviam 'descoberto' a contaminação do solo, quando, para o autor, a questão na 'verdade' foi 'descoberta' pela população.

Como mencionado acima, Wynne sugere que Beck e Giddens utilizam, ainda que de forma não declarada, a teoria da escolha racional

²⁹ A esse respeito ver Guivant, 1998.

para explicar as escolhas dos leigos na modernidade. Será que Wynne não cai no mesmo equívoco ao desenhar o comportamento dos cientistas, uma vez que ele afirma que uma análise de risco com componentes mais hermenêuticos seria o mais interessante? Mas será, também, que ele não está descrevendo apenas a prática dos leigos dentro da perspectiva hermenêutica, descrevendo a prática científica com uma racionalidade instrumental?

Quando ele afirma que a controvérsia foi aberta pelo público e não pelos cientistas, ele também está olhando a ciência de 'fora'. O fato do autor do relatório ter se colocado como o portador da descoberta da relação entre a contaminação da terra e o acidente de Chernobyl, mesmo tendo sido relatado previamente pela população, não significa que, entre os cientistas, essa relação também já não tivesse sido feita. O que o relatório conseguiu foi se tornar um ator-chave nessa discussão. O fato desse relatório ter sido publicado e ter conseguido notoriedade não significa, necessariamente, que ele tenha sido pioneiro também na ciência. Ou seja, o fato de não haver uma controvérsia aparente entre os cientistas não significa que ela não exista. Usando a própria terminologia de Wynne, pode-se ter o caso de '*as if*' entre os cientistas. Se a ideia de '*as if*' dos cientistas for compreendida, pode-se afirmar que uma não-controvérsia aparente não significa que ela efetivamente não exista.

3.3 AS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DA ANT PARA ANÁLISE DE RISCOS

Como vimos anteriormente, as Ciências Sociais têm, prioritariamente, focado o estudo sobre os riscos na relação dos leigos com os peritos, discutindo sobre a percepção dos primeiros frente a diferentes riscos, questionando a ideia de que não há irracionalidade na percepção dos leigos frente a riscos, e defendendo que haveria sim diferentes racionalidades, e que os leigos percebem os riscos de maneira diferente, não pela falta de capacidade de avaliar 'corretamente' os riscos 'reais', mas porque cada indivíduo avalia os riscos a partir de suas experiências de vida. No entanto, na maior parte dessas discussões, o perito é colocado numa espécie de invólucro e permanece intocado. Ou seja, as Ciências Sociais, tendem a discutir a percepção de riscos dos leigos, mas pouco têm se detido em discutir a constituição dos riscos na ciência. O que se propõe neste item é analisar as possíveis contribuições da ANT para compreender como uma tecnologia é

constituída cientificamente como portadora de riscos. Guivant, 2002, elaborou uma interessante síntese (Quadro 2) de como diferentes correntes da teoria social se colocam frente ao debate realismo e construtivismo, sistematizando o entendimento da relação entre leigos e peritos em diferentes correntes teóricas

Como sair da dualidade leigo/perito sem cair num discurso de complexidade vazia? Talvez haja uma possibilidade, seja a da sociologia da tradução das associações ou, também, da sociologia dos fluxos. Apesar de diversas em suas origens, as duas matrizes teóricas ajudam a pensar na questão da análise dos riscos sem cair na dicotomia leigo/perito. A contribuição da sociologia dos fluxos está, sobretudo, na possibilidade que essa teoria nos oferece de questionar a ideia do espaço do lugar, já que os riscos manufaturados não respeitam mapas políticos Assim, a teoria que permite discutir esses fenômenos também precisa estar além do nacionalismo metodológico.

E, de forma diversa, a ANT, sobretudo em discussões sobre a sociologia além do social, ou sociologia das associações, pode ajudar a estudar os processos de constituição de riscos, já que, ao se pensar em sociologia das associações, o que é levado em conta são as relações estabelecidas em determinado evento. Nessa perspectiva, não faz sentido pensar nos riscos/impactos ou benefícios para a sociedade, não apenas pela impossibilidade científica de determinar os seus efeitos a curto, médio e longo prazo, mas também por que se questiona a própria noção de sociedade. Para a sociologia das associações, “sociedade” é um arranjo artificial que não pode ser usado para fazer nenhuma explicação, nem tampouco reivindicação.

A noção de fluxo, tal como explicada por Urry é bastante reveladora. As pessoas estão ligadas não por uma 'sociedade', mas por diferentes fluxos sociais. Sob influência de Castells, Urry propõe uma substituição da noção de espaço do lugar, com sua centralidade do estado-nação, pela do espaço dos fluxos (MOL, 2005). Os agentes estão interconectados com máquinas e tecnologias, unidos nesses fluxos globais. Para o autor, “[...] não existem redes sociais puras, mas apenas *mundos materiais* (ou híbridos) que envolvem peculiares e complexas sociabilidades com os objetos” (URRY, 2003, p. 56).

Numa contribuição de ordem mais metodológica, acredita-se que as indicações de Latour sobre como seguir “engenheiros e cientistas mundo afora” podem ser um guia para seguir os cientistas na produção da constituição de riscos tecnológico.

Quadro 2 - A teoria social frente aos debates entre realismo e construtivismo.

Correntes teóricas	Relações entre ciências naturais e sociais	Relações entre sociedade e natureza	Relações entre leigos e peritos	Relações entre Indivíduos e Sociedade
Realismo	Modelo das ciências naturais para as ciências sociais (procura de leis universais e gerais, predomínio da sociedade sobre o indivíduo).	Sociedade e natureza completamente diferentes, sendo objetos de diferentes ciências.	Crítica e ruptura com o senso comum	Prioridade da totalidade social sobre os indivíduos
Construtivismo social	Ciências sociais com especificidade, mas com o mesmo nível de objetividade das ciências naturais + modelo positivista das ciências naturais não questionado	Sociedade e natureza completamente diferentes, sendo objetos de diferentes ciências.	Interpretação do sentido da ação social num processo de dupla hermenêutica na teoria social	Prioridade da autonomia dos indivíduos frente à sociedade
Teoria da estruturação	Ciências sociais e ciências naturais perpassadas por problemas equivalentes (valores, incertezas) mas com diferenças de objeto	A natureza é socialmente construída. Não há uma natureza separada da sociedade.	Interpretação do sentido da ação social num processo de dupla hermenêutica na teoria social + reconhecimento do papel dos valores dos pesquisadores nas ciências naturais	Equilíbrio entre sociedade e agência
Teoria da sociedade global de riscos				Tendência a generalizar processos sociais, com maior influência da sociedade sobre os indivíduos na modernização simples e vice-versa na alta modernidade.

Correntes teóricas	Relações entre ciências naturais e sociais	Relações entre sociedade e natureza	Relações entre leigos e peritos	Relações entre Indivíduos e Sociedade
Teoria do ator-rede	Ciências sociais e ciências naturais perpassadas por problemas equivalentes (valores, incertezas) e sem diferenças de objeto.	Não há diferenças essenciais. O objeto das ciências sociais é focalizar nas redes sociotécnicas que envolvem atores humanos e não-humanos.	A diferença entre o conhecimento local (senso comum) e o conhecimento científico é que este último têm condições de operar à distância, o que lhe dá mais poder.	Pragmaticamente definida, incluindo-se também os híbridos não-humanos.

Fonte: Guivant, 2002, p.8-9.

Na citação abaixo, Latour (LATOURE, 2000, p.169) indica três princípios metodológicos:

- a) Primeiro: desistir de qualquer discurso e opinião sobre ciência feita e, em lugar disso, seguir os cientistas em ação;
- b) Segundo: desistir de qualquer decisão sobre a subjetividade ou objetividade de uma afirmação com base simplesmente no exame dessa afirmação e, em vez disso, acompanhar a sua história tortuosa, de mão em mão, durante a qual cada um o transforma mais em fato ou mais em artefato;
- c) Finalmente, abandonar a suficiência da Natureza como principal explicação para o encerramento das controvérsias e, em vez disso, contabilizar a longa e heterogênea lista de recursos e aliados que os cientistas estavam reunindo para tornar a discordância impossível.

Seguindo essas regras, propõe-se seguir o nanotubo de carbono, desde seu 'nascimento' – ou a publicação sobre como sintetizar esse material em laboratório –, até o momento em que passou a ser considerado um material inseguro, tanto para o meio ambiente, como para a saúde humana.

Nesse sentido, não será seguido o caminho tradicional que vem sendo desenvolvido pelo campo dos estudos de controvérsias científicas, em que os estudiosos da ciência seguem os atores humanos e não humanos no fechamento de uma controvérsia, ou, nas palavras de

Latour, como um fato ou artefato passou a ser considerado uma caixa-preta. No decorrer deste trabalho, seguiu-se o caminho traçado por um inocente *'finite structure carbon consisting of needle-like tubes'* até o perigoso novo asbesto. O caminho seguido será o que vai da pouca controvérsia para maior controvérsia.

Será utilizada a ideia de evento, tal como descrita no Capítulo 2, para se analisar os caminhos do nanotubo de carbono. Assim, não será mostrado como foi 'descoberto' o risco do nanotubo de carbono, mas como ele foi 'encenado' como tal, no sentido dado por Mol.

Acredita-se que olhar a ciência por dentro é fundamental para se compreender os processos de constituição do que é ou não considerado risco. No próximo capítulo, será discutida exatamente essa busca, usando o caso do nanotubo de carbono. Será discutido de que forma uma nova tecnologia deixa de ser considerada segura e passa a receber o status de insegura. Como anteriormente mencionado, foram realizadas análises de artigos científicos e será seguido o caminho traçado pelo nanotubo de carbono, focando em quais relações/alianças foram estabelecidas pelo nanotubo de carbono para que ele recebesse o status de uma tecnologia não segura.

4 A CONSTITUIÇÃO DE UM RISCO MANUFATURADO ENTRE CIENTISTAS

Neste capítulo, discutiremos os caminhos pelos quais uma tecnologia emergente passa a ser considerada portadora de riscos. Para isso, usaremos um caso bastante emblemático: um composto nanotecnológico denominado nanotubo de carbono que, como será explicado adiante, foi de uma tecnologia segura para uma tecnologia arriscada em menos de 10 anos. Utilizando os temas empregados no Capítulo 2, será discutido o nanotubo de carbono como um objeto portador de diferentes ontologias e de que maneira os cientistas, por meio de seus artigos científicos, apresentam as diferentes ontologias desse que parecer ser o mesmo objeto. A estratégia utilizada foi seguir os cientistas em seus trabalhos publicados em revistas acadêmicas de reconhecimento internacional e mostrar como essas diferentes ontologias do objeto foram sendo performados³⁰ de maneira a intensificar as controvérsias científicas, traduzindo, assim, a percepção de risco do nanotubo de carbono. O capítulo está dividido em quatro subitens: 4.1) apresentação do nanotubo de carbono; 4.2) o início das dúvidas sobre a segurança do nanotubo de carbono; 4.3) análise do conteúdo de artigos científicos que discutem a relação entre riscos e nanotubos de carbono e 4.4) as aproximações entre o nanotubo de carbono e o asbesto.

4.1 O NANOTUBO DE CARBONO E A CONSTITUIÇÃO DOS RISCOS NAS REVISTAS CIENTÍFICAS

A trajetória do nanotubos de carbono nas principais publicações científicas internacionais foi percorrida como forma de discutir a constituição desses objetos como uma tecnologia dotada de riscos potenciais. Para a seleção de artigos, foi utilizada a Plataforma CAPES, um repositório eletrônico de informação e disseminação científica, disponível no endereço eletrônico <http://www.periodicos.capes.gov.br>. Constituída por um conjunto de licenças adquiridas pela CAPES, disponibiliza a 268 instituições de ensino superior e de pesquisa no país o acesso a textos completos de artigos de mais de 15.475 periódicos internacionais, nacionais e estrangeiros, além de 126 bases de dados com resumos de documentos em todas as áreas do conhecimento (CAPES, 2011).

³⁰ A ideia de performance é apresentada por Anne Marie Mol e discutida no Capítulo 2.

Foram utilizadas duas expressões chave para a busca dos artigos: '*carbon nanotubes*' e '*risk*', utilizando-se o mecanismo de metabusca e excluindo da busca apenas os bancos de dados de patentes, tendo sido incluídos e analisados todos os demais resultados. Tal busca resultou em uma amostra inicial, composta por artigos os quais se mostram distribuídos, anualmente, da maneira expressa pela Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos artigos encontrados utilizando-se as palavras chave "*carbon nanotubes*" e "*risk*" na Plataforma CAPES, por ano de publicação.

Ano de publicação	Número de artigos encontrados
1996	2
1997	-
1998	3
1999	2
2000	-
2001	-
2002	-
2003	3
2004	13
2005	7
2006	17
2007	11
2008	34
2009	21
2010	46
Outro	9
Total	168

A amostra final foi obtida por meio de uma seleção realizada entre todos os textos encontrados utilizando-se os dois termos indicados anteriormente, '*carbon nanotubes*' e '*risk*'. Foi realizada a leitura dos

resumos dos 168 artigos encontrados, tendo sido selecionados apenas os que se mostravam relacionados ao tema, uma vez que diversos artigos encontrados não diziam respeito à temática de interesse, como o caso de um artigo que discutia os riscos de infarto do miocárdio e as possibilidades de melhorias em exames com o uso de nanotubos de carbono. Após essa pré-triagem, todos os artigos selecionados passaram a ser analisados de maneira mais criteriosa. Considerando que a metodologia de análise escolhida foi a análise de conteúdo, foi necessário conhecer de maneira abrangente a discussão presente em cada um dos artigos. Assim, foi realizada a leitura flutuante de todos os artigos selecionados, embora ainda sem análises, apenas para familiarização com a discussão dos mesmos e para, mais uma vez, separar possíveis textos que não se relacionavam com a temática de interesse e que haviam passado pela primeira pré-triagem. Após essa leitura, a amostra tomou a forma apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição dos artigos após a pré-triagem e a leitura flutuante dos selecionados, por ano de publicação.

Ano de publicação	Número de artigos selecionados
2003	2
2004	7
2005	4
2006	6
2007	6
2008	22
2009	28
2010	27
Total	102

Os artigos selecionados foram separados de acordo com as seguintes categorias: *divulgação*, *revisão* e *resultados de pesquisa*. Os artigos de divulgação têm por objetivo informar sobre as novas pesquisas na área e o surgimento de um novo campo de investigação. Tais artigos são geralmente publicados em revistas científicas de grande prestígio e mais generalistas nos temas publicados, tais como a *Science* e

a *Nature*. Já os artigos de revisão são aqueles nos quais os pesquisadores sistematizam um grande número de informações sobre determinado assunto; por vezes são auto-designados de 'meta análises' ou 'revisão crítica'. A terceira categoria inclui artigos originais que apresentam resultados de pesquisas de laboratórios. A Tabela 3 sumariza os artigos encontrados, divididos por ano de publicação e classificados nas categorias acima mencionadas.

Tabela 3 – Distribuição dos artigos selecionados, por ano de publicação e classificados nas categorias Revisão, Divulgação, Resultados de Pesquisa e Outros.

Ano	Revisão	Divulgação	Resultados de Pesquisa	Outros ³¹	Total
2003	-	2	-		2
2004	2	1	4		7
2005	2	-	2		4
2006	5	-	-	1	6
2007	3	1	1	1	6
2008	5	3	13	1	22
2009	8	2	16	2	28
2010	7	1	17	2	27
Total	32	10	53	7	102

Ao observar a Tabela 3 é possível observar que, a partir do ano de 2008, o número de artigos aumentou significativamente, sobretudo os que apresentam resultados de pesquisa. O ano de 2008 também é marcado pelo início da publicação de uma nova e importante revista dedicada exclusivamente à nanotecnologia, a *Nature Nanotechnology*. Com publicações mensais, a revista se firmou rapidamente como uma das mais importantes da área, alcançando, já em 2009, fator de impacto da ordem de 26.309, o que confere à revista a maior média de citações por artigos dentre todas as revistas de nanotecnologia e nanociência.

³¹ São artigos que não podem ser enquadrados na classificação feita; quatro deles apresentam propostas de modelos de avaliação de riscos e um é uma carta ao editor de uma revista questionando dados apresentados em outro artigo.

4.2 NÃO SABEMOS O QUE NÃO SABEMOS, MAS TALVEZ TENHAMOS QUE TENTAR SABER: O INÍCIO DA DISCUSSÃO SOBRE NANOTUBOS DE CARBONO E RISCOS

A primeira vez que a palavra 'risco' foi encontrada em um texto publicado em revistas científicas renomadas, no contexto dos nanotubos de carbono, foi em **2003**, na seção *New Focus* da revista *Science*. O autor do texto, Robert Service, afirma que dois grupos de pesquisas – um liderado por Warheit e o outro liderado por Lam – reuniram-se para discutir suas recentes pesquisas, realizadas paralelamente, sobre a toxicidade do nanotubo de carbono. Os trabalhos desses dois grupos foram publicados nos anos seguintes e tiveram grande importância na visão de que o nanotubo de carbono representaria uma ameaça à saúde e meio ambiente. O próximo artigo associando a nanotecnologia à possibilidade de riscos foi publicado na revista *Nature*, de autoria de Vicki Colvin, renomada toxicologista, professora da Universidade de Rice e coordenadora do centro de pesquisa em Nanotecnologia Biológica e Ambiental, entidade ligada à Universidade de Rice e financiada pela *National Science Foundation* (NSF). No artigo, Colvin (2003) cita diversas pesquisas que associam possíveis riscos à nanotecnologia e, assim como no artigo anterior, aponta para as pesquisas de Warheit e Lam, que foram publicadas no ano seguinte mas que já encontravam-se no prelo. É interessante ressaltar que tal artigo, intitulado '*The potential environmental impact of engineered nanomaterials*' afirma, logo em seu início, que, com a ampliação da comercialização dos nanomateriais, houve uma ampliação no debate público sobre se os benefícios da nanotecnologia superarão os seus possíveis riscos. A autora afirma que é necessário investigar os riscos da nanotecnologia para evitar uma moratória às pesquisas na área e, também, para que não se repitam os erros da biotecnologia, quando pouca atenção foi dada aos possíveis efeitos negativos, contribuindo para a geração de forte rejeição pública a algumas de suas áreas, como é o caso, por exemplo, dos alimentos geneticamente modificados. É interessante destacar que Colvin situa o debate sobre nanotecnologia e riscos num panorama mais amplo nos debates acadêmicos, trazendo para um artigo na *Nature* a citação de um artigo da organização não governamental canadense *Action Group on Erosion, Technology and Concentration*, ou simplesmente ETC. A ETC teve grande importância na divulgação dos possíveis riscos atribuídos à nanotecnologia e se firmou como um 'propagador que estabelece a relação entre ciência e ambientalismo', denominação apresentada por Hannigan (1995) e que

será discutida ainda nesse capítulo. No *website* da ONG, a instituição se apresenta da seguinte maneira:

Há 25 anos, temos advogado sobre questões globais, tais como a conservação da biodiversidade agrícola e da segurança alimentar e sobre o impacto das novas tecnologias sobre as zonas pobres. Desde o início de 1980, realizamos pesquisas de ponta, educação e ações sociais bem-sucedidas em questões que envolvem a biodiversidade agrícola, a biotecnologia, propriedade intelectual (IP) e sistemas de conhecimento de comunidades locais. Na década de 1990, nosso trabalho se expandiu e passou a incluir as preocupações sociais e ambientais relacionados com a biotecnologia, a biopirataria, a genômica humana e, no final de 1990, a nanotecnologia. O Grupo ETC (tal como o RAFI) foi a primeira organização da sociedade civil (nacional ou internacional) a chamar a atenção para as questões socioeconômicas e científicas relacionadas com a conservação e uso dos recursos genéticos vegetais, a propriedade intelectual e a biotecnologia (ETC, 2003).

O primeiro relatório da ETC sobre nanotecnologia foi produzido em 2002, apontando para a necessidade de implantação imediata de moratória às pesquisas e produtos nanotecnológicos. Embora o tom alarmista e, de certa forma, de um ativismo ingênuo do ETC possa ser questionado, é importante considerar que a instituição conseguiu se posicionar como um ator importante, levantou o debate sobre os riscos dessa nova tecnologia, ajudou a problematizar a questão e, com isso, levou mais cientistas a desenvolverem pesquisas na área.

O segundo relatório do ETC, produzido em 2003, continua apontando os possíveis problemas da nova tecnologia e marca a necessidade do pedido imediato da moratória global para a nanotecnologia. A Figura 6, retirada da capa do relatório, ilustra de maneira bastante significativa a ideia embutida.

Nesse relatório, há um item específico sobre os riscos do nanotubo de carbono que tem como título 'Presunção de Inocência: o caso do nanotubo de carbono'. O relatório se inicia explicando que o nanotubo de carbono é um material 100 vezes mais forte que o aço e 6

vezes mais leve. O relatório descreve, ainda, outras características dos nanotubos, mostra dados sobre a produção do material e aponta para o fato de que, até aquele momento, apenas três publicações sobre seus riscos encontravam-se disponíveis na literatura. Em uma dessas publicações, o autor afirma que não há indício algum de que causem problemas pulmonares (HUCZO, 2001); em outra, o autor afirma haver riscos associados à inalação dos nanotubos (LAM, 2004). A terceira publicação afirma serem os riscos menores que os das partículas de quartzo, tendendo a diminuir após duas semanas (WARHEIT, 2004). Frente a esses diferentes resultados, o ETC concluiu haver inconsistências nos experimentos realizados pelos autores das pesquisas, uma vez que todos foram feitos apenas utilizando roedores e tendo somente o pulmão como alvo para detecção de problemas, sendo que nenhum dos estudos estendeu a discussão aos riscos de médio e longo prazo, uma vez que o tempo máximo de observação foi de apenas três meses.

Figura 6 - Capa do relatório produzido em 2003 pelo grupo ETC sobre os riscos da nanotecnologia.



Fonte: ETC, 2003.

Para o objetivo desta tese, é importante ressaltar que mesmo as discussões realizadas fora do âmbito da academia, como a que acabamos de relatar, são pautadas e buscam ser validadas a partir das discussões que são feitas na academia. Assim, é possível afirmar que essa ONG colabora para a constituição do problema, ou seja, ajuda a constituir o nanotubo de carbono como um material perigoso, uma vez que, ao divulgar os resultados de diferentes pesquisas e apontar para a necessidade de mais pesquisas na área, promove um ambiente que valida a busca por mais financiamentos públicos para pesquisas e incentiva, assim, a realização de novas investigações.

Hannigan (1995, p.75) afirma que, para que um problema ambiental tenha êxito, isto é, seja reconhecido como um problema ambiental, seis fatores precisam estar presentes:

- a) Autoridade científica para a validação das exigências;
- b) Existência de propagadores que possam estabelecer a ligação entre o ambientalismo e a ciência;
- c) Atenção dos meios de comunicação social onde o problema é 'estruturado' como sendo importante e novidade;
- d) Dramatização do problema em termos simbólicos e visuais;
- e) Incentivos econômicos para tomar uma ação positiva;
- f) Emergência de um patrocinador institucional que possa assegurar legitimidade e continuidade.

Empregando a mesma linha de raciocínio proposta por Hannigan e a considerando válida para os objetivos e propósitos do presente trabalho, é válido afirmar que, para que uma tecnologia – como o caso do nanotubo de carbono – receba o status de arriscada ou perigosa e seja tratada como um problema, é necessário que tais fatores também estejam presentes. Mas, diferentemente do proposto pelo referido autor, o presente trabalho investiga de que maneira tais fatores estão presentes **dentro** da própria comunidade científica. Assim, afirma-se que a autoridade científica que valida o problema não é um fato 'de saída', mas um fato que é constituído também a partir das mesmas exigências. Ou seja, os critérios de validação científica para a constituição do nanotubo de carbono, também necessitou de propagadores, de dramatização, de investidores, etc. Além disso, é importante considerar que os seis fatores mencionados por Hannigan desconsideram como a validação de algo como sendo um problema ambiental ocorre no meio científico.

O que esta tese propõe é investigar exatamente como a validação científica de um problema se processa, ou como um risco tecnológico passa a ser percebido e constituído como risco legítimo entre os

cientistas. Esta proposta está ligada a uma tradição dos estudos sociais da ciência na qual se compreende que o mundo da ciência e o da não-ciência não tem 'muros tão altos'; a separação ente ciência e não-ciência é uma arbitrariedade, não um dado em si. Assim, entende-se que, para que um fato científico seja compreendido como tal, ele precisa ser validado como um fato, como uma verdade científica. Nesse sentido, Latour (2001) afirma que a ciência é também um exercício de convencimento, sendo a retórica um forte aliado dos cientistas na busca por argumentos reconhecidos como válidos entre a comunidade científica.

Da mesma forma, para que uma controvérsia científica seja instaurada, para que um problema ou uma teoria passem a ser questionados, discutidos, **problematizados**, deve haver um processo de constituição desse problema.

No segundo capítulo foi discutido como o conhecimento se constitui como um vetor retroalimentado, sendo modificado por sua própria produção e cuja modificação retroalimentada ocorre não somente no presente, mas também no passado, de maneira retrospectiva. No presente capítulo, discute-se o fato de ser, a constituição de risco, também um vetor retroalimentado por novos conhecimentos, sendo essa retroalimentação realizada por cientistas e não-cientistas, como por exemplo a ONG ETC, anteriormente citada. Na medida em que novos conhecimentos sobre os riscos vão sendo disponibilizados, a *performance* desse risco vai sendo modificada, tanto no presente quanto retrospectivamente e, com isso, o passado vai sendo performado também de forma diferente. Nessa *performance* do risco, cientistas são os atores centrais e, no entanto, e de maneira curiosa, são pouco ou praticamente nada considerados nos estudos sobre análise de risco entre os cientistas sociais. A maior parte dos trabalhos sobre produção social dos riscos, como apontamos no capítulo anterior, desconsidera a constituição dos mesmos pelos cientistas, tomando-se, geralmente, o entendimento 'pronto' do risco, sendo pouco discutida a forma como algo passa a ser efetivamente considerado seguro ou inseguro pela comunidade científica, ou quando isso acontece. Poucos são os trabalhos que 'retrocedem' nas pesquisas para entender como os próprios cientistas negociam e chegam a consensos sobre se algo é ou não arriscado. Nesse sentido, acredita-se que seguir os atores, ou o espaço de materialidade das discussões científicas – os artigos científicos –, desde a primeira publicação sobre risco dos nanotubo de carbono, é essencial para entendermos como esse processo foi constituído.

Nesse início de discussão sobre os nanotubos de carbono e seus

riscos, há uma indefinição sobre como esse material seria constituído. No entanto, ao olharmos para trás, com as informações disponíveis atualmente, é possível concluir que já havia sinais claros, ou evidências claras, de que a dimensão de sua insegurança seria revelada rapidamente. Mas, ao fixar a discussão no momento em que ela estava acontecendo, seguindo a metodologia do ator-rede e indo ao ponto de início das controvérsias, verifica-se que ainda não havia a definição do que seria revelado sobre o nanotubo de carbono, nem sobre quais dimensões ontológicas do mesmo seriam reveladas e estabelecidas como predominantes nos debates científicos que se seguiriam. Na verdade, nesse princípio não havia sequer um 'controvérsia', apenas trabalhos esparsos com resultados diferentes.

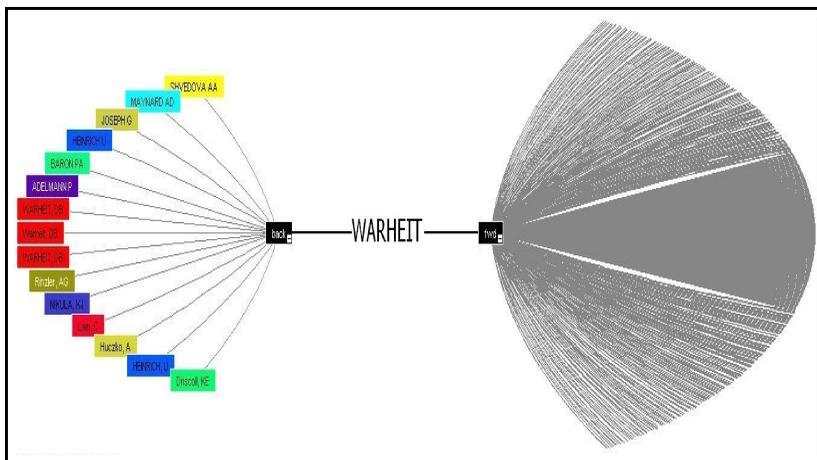
No ano de 2003, identificamos algumas dúvidas sobre segurança dos nanomateriais de maneira geral, e são publicados dois artigos (Colvin, 2003; Service, 2003) os quais citam duas pesquisas que se propõem a discutir a toxicidade dos nanotubos de carbono. Ambas as publicações receberam citações antes mesmo de estarem acessíveis à comunidade científica. Essa indefinição no início da discussão sobre os riscos do nanotubo de carbono torna possível afirmar que não há uma 'controvérsia científica' dada a *priori*, mas uma indefinição, incerteza ou, ainda, 'nebulosa', empregando a expressão utilizada por Khun. A noção de controvérsia é acrescentada mais tarde, por outros cientistas, ao pesquisarem a situação, pois a controvérsia só se constitui no momento em que as incertezas passam a ser discutidas e ganham visibilidade. Na conclusão da presente tese aprofundaremos a discussão sobre a noção de controvérsia científica.

No ano seguinte, em 2004, o número de artigos foi bem maior quando comparado aos dois publicados no ano anterior, ainda que seja relativamente baixo (7 artigos), como pode ser observado na Tabela 1. Além dos artigos de Lam et al e Warheit et al, pioneiros na apresentação de pesquisas *in vitro* e que passaram a ser amplamente citados³², como pode ser observado pelo mapa de citação apresentado no site *Web of Science* (Figuras 7 e 8), outros dois artigos são de pesquisas laboratoriais. Mas o que chama a atenção é que, mesmo com um número ainda incipiente de artigos publicados, um dos artigos encontrados⁴ apresenta revisões das duas pesquisas acima mencionadas. E é ainda mais relevante mencionar que tal artigo foi publicado na revista *Toxicological Science*, a mesma que havia publicado, no mesmo ano, os

³² Até o dia 28 de julho de 2011 o artigo de Lam et al foi citado 451 vezes e o artigo de Warheit et al 526 vezes.

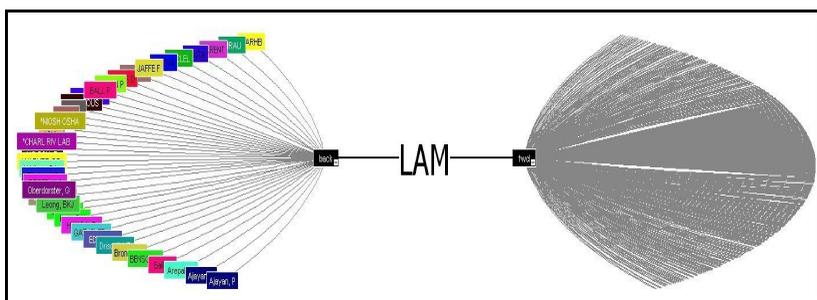
dois artigos. Isso dá a dimensão da repercussão imediata dos artigos de Lam e colaboradores (2004) e Warheit e colaboradores (2004).

Figura 7- Mapa de citação do artigo de Warheit e colaboradores (2004). À esquerda estão representados os 15 artigos citados pelo autor e, à direita, os 526 artigos que o citaram.



Fonte: Web of Science.

Figura 8 - Mapa de citação do artigo de Lam e colaboradores (2004). À esquerda estão representados os 46 artigos citados pelo autor e, à direita, os 451 artigos que o citaram.



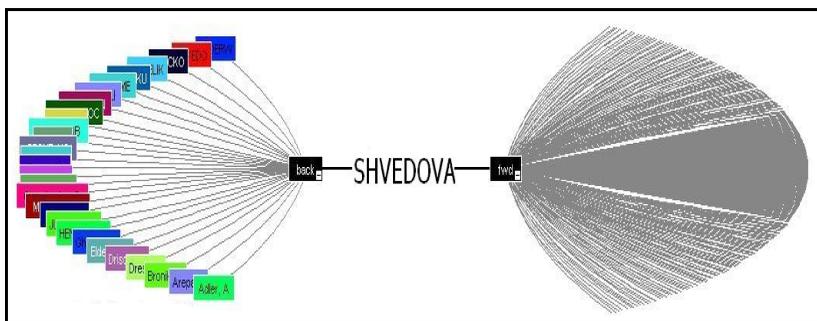
Fonte: Web of Science.

Em 2005, um artigo de autoria de Shvedova³³ e colaboradores,

³³ Anna Shvedova é uma importante toxicologista, e trabalha na Universidade West Virginia.

também apresentando resultados de pesquisa, foi publicado e amplamente citado, como pode ser observado na Figura 9. Esses três artigos são, na maior parte das vezes, citados em conjunto e são pioneiros nas pesquisas que discutem os riscos dos nanotubos de carbono. Por esse motivo, esta tese os designa como 'núcleo denso' das primeiras pesquisas sobre risco e nanotubo de carbono e, em comum, são ambas pesquisas *in vivo* e realizadas em roedores, sendo artigos com alto número de citações.

Figura 9 - Mapa de citação do artigo de Shvedova e colaboradores (2005). À esquerda estão representados os 29 artigos citados pelo autor e, à direita, os 464 artigos que o citaram.



Fonte: Web of Science.

Como afirmado anteriormente, após a seleção dos artigos que fariam parte deste estudo, foi realizada a leitura flutuante dos mesmos. Nessa leitura, chamou bastante atenção as diferenças marcantes entre as interpretações do artigo de Warheit e colaboradores (2004). Notou-se, também, a ampliação do número de artigos que citavam esse grupo de autores e afirmavam que sua pesquisa indicava ausência de toxicidade do nanotubo de carbono, fazendo com que essa interpretação se tornasse predominante e utilizasse o trabalho de Warheit e colaboradores como respaldo. Assim, considera-se nesta tese que uma primeira separação, ou primeira categorização, dos artigos foi realizada pelas próprias publicações, uma vez que os próprios artigos continham uma divisão; à pesquisa realizada por esta tese bastava apenas seguir e aceitar tal divisão que estava estabelecida.

Seguindo os preceitos teóricos da teoria ator-rede, foi dada voz aos atores, deixando que eles se apresentassem como são, deixando a rede 'falar', seguindo as relações estabelecidas entre os próprios artigos.

Optou-se por rastrear as relações *entre* as controversas, ao invés de utilizar categorias previamente definidas para categorizar a rede. Pois, como afirma Latour :

A tarefa de definir e ordenar o social deve ser deixada aos próprios atores, e não ao analista. É por isso que, para recuperar algum sentido da ordem, a melhor solução é rastrear as reações **entre** as controvérsias em vez de decidir como resolver qualquer controvérsia presente. (2008, p.42, grifo do autor).

Nesse sentido, o que importa não é fazer categorizações prévias, mas estar atento para 'ver' as conexões que são estabelecidas pelos próprios atores, as ligações que se estabelecem entre os artigos estudados, no caso deste estudo. Latour adverte, ainda, que esse método de estudo é bastante trabalhoso e lento. Nas palavras do autor:

Temo em dizer que viajar com a TAR [Teoria Ator-Rede] será algo terrivelmente lento. Os movimentos serão constantemente interrompidos, interferidos, perturbados e deslocados pelos cinco tipos de incertezas. No mundo que a TAR busca atravessar não parece possível nenhum deslocamento sem que qualquer movimento sem translados custosos e dolorosos. Sociólogos do social parecem planar como anjos, carregando poder e conexões de forma quase imaterial, enquanto o especialista da teoria ator-rede tem de se esforçar como uma formiga, carregando seu pesado equipamento para gerar a menor conexão. (...) Assim, meu conselho é levar o mínimo possível, não se esqueça de pagar o seu bilhete e estar pronto para suportar os atrasos (Ibid, 2008, p. 45).

E assim foi feito na presente tese: separou-se, 1) os artigos que tomavam o artigo de Warheit e colaboradores como indício de que o nanotubo de carbono é tóxico e, portanto, perigoso ou arriscado; 2) os que tomavam o texto como uma prova de que o nanotubo de carbono é pouco tóxico e, conseqüentemente, apresentava poucos riscos, e 3) os que usavam o texto somente para mostrar que há pesquisas sobre a toxicidade do nanotubo, mas sem explicitar os resultados de tais

pesquisas.

Antes de apresentar tais textos, será apresentado *o próprio texto do artigo*, pois, seguindo a ideia de que os objetos são reais e construídos, entende-se o artigo também como um objeto que é construído, isto é, interpretado por outros artigos sendo, assim, também real.

4.3 UM ARTIGO, MUITAS INTERPRETAÇÕES

Como mostrado acima, no ano de 2003 foram anunciadas duas pesquisas sobre a toxicidade do nanotubo de carbono. Tais pesquisas foram publicadas em 2004 e, em uma delas (LAM ET AL., 2004), o pesquisador aponta para a possibilidade do nanotubo de carbono apresentar toxicidade alta que representaria risco à saúde. Mas a outra pesquisa (WARHEIT ET AL., 2004) apresentou um resultado diferente. O autor afirma que há toxicidade evidenciada, mas que diminui com o tempo. De acordo com o autor, o objetivo do estudo foi avaliar a toxicidade pulmonar aguda de nanotubos de carbono de parede simples instalado intratraquealmente em ratos. Esse trabalho foi amplamente citado em outros artigos (ver Figura 3.4) e de maneira bem diversa, tanto que, à primeira impressão, pode-se não compreender as discussões que se seguiam, uma vez que parecia haver muita contradição no emprego desse artigo. Por vezes, ele é citado como 'apresentando riscos do nanotubo de carbono à saúde'; em outras, é apresentado como 'tendo comprovado não haver riscos à saúde'; e, ainda, é apresentado em conjunto com outros artigos para mostrar de que maneira o nanotubo de carbono vem sendo amplamente estudado em relação aos seus possíveis riscos, mas sem apontar se a pesquisa os comprovou ou não.

Há a possibilidade, mais rápida e simples, de afirmar que se trata apenas de interpretações diversas e que não haveria o que ser problematizado, uma vez que todos os textos comportam diferentes interpretações. Mas seguir as controvérsias científicas em suas constituições é ir mais fundo do que seguir interpretações de textos: é tentar compreender, também, as razões/motivações que levam a interpretar textos de modos tão diversos. E nessa diversidade de possíveis interpretações, o próprio artigo de Warheit e colaboradores vai sendo modificado. Pois, como afirma Latour (2000, p. 45): “Uma sentença pode ser tornada mais fato ou mais ficção, dependendo da maneira como está inserida em outras. Por si mesma, uma sentença não é nem fato nem ficção; torna-se um ou outra mais tarde graças a outras sentenças”

E seguindo o referencial adotado por esta pesquisa, é necessário compreender essas modificações tanto a partir do objeto em si – aqui, o artigo do Warheit e colaboradores –, com suas multiplicidades ontológicas, quanto também as diferentes interpretações suscitadas por esse artigo. Com isso, o pressuposto teórico e metodológico de que o risco do nanotubo de carbono é, ao mesmo tempo, real e construído, é reafirmado.

O artigo segue uma estrutura padrão, com introdução, materiais e métodos, resultados e discussão. Logo no início, enfatiza a importância do objeto de estudo: “Os nanotubos de carbono são conhecidos por terem propriedades mecânicas, elétricas e magnéticas superiores”. E se justifica com a seguinte afirmação: “Os potenciais perigos relacionados à inalação dos nanotubos de carbono são desconhecidos”.

Nessa pequena sentença o autor aponta duas fontes de incertezas:

- a) **potenciais perigos** – não se sabe se os nanotubos de carbono são ou não perigosos; há uma incerteza, inclusive, sobre seus riscos incertos;
- b) **potenciais perigos desconhecidos** – além de não se saber se são ou não perigosos, supondo que o sejam, não se sabe o quanto o são, pois esse seria um perigo novo e, portanto, desconhecido. E o autor segue apontando mais fontes de incertezas:

Além disso, o banco de dados toxicológicos para a maioria das emissões de carbono contendo partículas é bastante esparsa. Estudos experimentais recentes em roedores indicam que as partículas de carbono preto, quando inaladas, podem produzir toxicidade pulmonar significativa. E a toxicidade **aumenta com a diminuição do tamanho das partículas** e quanto maior for a área de superfície maior. Assim, as partículas de carbono ultrafino preto são conhecidas por produzirem maior toxicidade pulmonar em ratos, quando comparado, com as partículas de carbono preto de tamanho maior” (WARHEIT, 2004, p. 117, grifo nosso).

Nesse breve trecho, o autor elenca vários argumentos sobre a importância de sua pesquisa atual e a necessidade de continuidade para que seja realmente desenvolvida e concluída:

- a) não se sabe se o nanotubo de carbono é potencialmente tóxico

- ou não;
- b) não há pesquisas na área;
- c) as pesquisas de área próxima³⁴ indicam que, quanto menor a partícula de carbono preto, mais tóxica ela fica.

O último argumento é bastante significativo; mesmo não se conhecendo nada sobre a toxicidade do nanotubo de carbono, o autor o aproxima a outro material, pequeno e sabidamente tóxico: as partículas de carbono preto. E vai além: afirma que, quanto menor o tamanho de tais partículas, maior será a sua toxicidade. Dessa forma, o autor leva os leitores a concluir, dedutivamente, que:

Se menor tamanho de partícula de carbono preto leva à maior toxicidade;
Sendo o nanotubo de carbono ainda menor
LOGO
Nanotubo de carbono possui maior toxicidade.

Com esses argumentos, o autor valida sua busca em determinar “a toxicidade das partículas de nanotubo de carbono de parede simples (SWCNT) em pulmões de ratos, e mais importante, comparar a atividade do SWCNT com outros materiais de referência”.

No decorrer do estudo o autor afirma que não foi evidenciada toxicidade pulmonar nos roedores, mas foi encontrada uma inflamação 'não usual'. Com essas duas 'evidências' o autor chega a seguinte conclusão:

Como consequência, a toxicidade pulmonar observada como granulomas multifocais que temos aqui relatado pode não ter relevância fisiológica, e pode estar relacionada com a instilação de um bolo de nanotubos aglomerados, ou seja, nanoporos. Assim, para relacionar o efeito não usual adverso encontrado nesse estudo aos potenciais riscos associados à inalação de nanotubo de carbono, parece claro que os efeitos pulmonares precisam ser avaliados por meio de aerossóis de SWCNT e, assim, realizar um estudo

³⁴ É interessante destacarmos que ora os autores querem enfatizar as proximidades para validar suas ideias, e aproximar de áreas de conhecimento já validadas, ora precisam se distanciar para reforçar que o campo em que trabalham é novo e precisa de financiamentos específicos.

de toxicidade da inalação de nanotubos de carbono em ratos (WARHEIT ET AL., 2004).

Com essa conclusão, que parece ter sido feita na medida certa para os que querem reforçar a tese da toxicidade e refutar a da não toxicidade, as possibilidades de diferentes interpretações se ampliam. De fato, ela permite seu uso diferenciado e os autores a mobilizam de diferentes formas. Além disso, essa “conclusão inconclusiva” sugere a necessidade de mais estudos, o que também se mostra ideal para os pesquisadores que buscam validação para a necessidade de mais investimentos na área de avaliação de riscos dos nanotubos de carbono.

O artigo de Warheit e colaboradores (2004) recebeu muitas citações, como indica a Tabela 4.

Tabela 4 – Número de artigos que citam o trabalho de Warheit e colaboradores (2004) dentre o total de artigos analisados.

Ano	Artigos que citam Warheit et al	Total de artigos analisados
2003	2	2
2004	1	7
2005	4	4
2006	5	6
2007	4	6
2008	9	22
2009	21	28
2010	9	27
Total	55	102

Como mencionado anteriormente, tais citações permitem bastante divergência em suas interpretações. A Tabela 5 apresenta a quantidade de artigos por ano que citam o artigo de Warheit e colaboradores e indicam a forma como essas citações são inseridas nesses artigos.

Nesses dados, o que mais chama atenção é que a maior parte das citações do artigo de Warheit e colaboradores é feita para sugerir que o nanotubo de carbono apresenta riscos.

Na análise qualitativa, não separamos os textos que citaram o

artigo de Warheit e colaboradores por ano, mas pela forma como o artigo foi usado. Desenvolver a análise dos artigos publicados pela maneira como foram citados em outros artigos – sugerindo toxicidade ou não toxicidade de um componente – não é algo usual dentro da Sociologia, mas é algo possível de ser feito seguindo a metodologia ANT, uma vez que essa relação foi evidenciada pelos próprios atores – entendendo-se atores como os artigos e não como os profissionais que os produziram – e considerando que os artigos são atores não-humanos. O esquema apresentado na Figura 10 ajuda a visualizar as interpretações dos artigos estudados. As bolinhas amarelas representam os artigos que não especificam se o autor aponta riscos ou não; as bolinhas verdes representam os artigos que apontam o texto de Warheit como não apresentando riscos; e, finalmente as bolinhas vermelhas representam os artigos que tomam o artigo como apresentando riscos.

Tabela 5 – Número de artigos que citam o trabalho de Warheit e colaboradores (2004) e de que maneira essas citações se inserem nos artigos.

Ano	Citações do artigo de Warheit et al na amostra pesquisada	Interpretaram sugerindo haver riscos	Interpretaram sugerindo não haver riscos	Citaram o artigo, sem especificar se o autor apontava riscos ou não
2003	2 ³⁵	2	-	-
2004	2	2	-	-
2005	4	1	-	3
2006	5	1	-	4
2007	4	4	-	-
2008	9	3	3	3
2009	21	11	3	7
2010	9	5	1	3
Total	55	29	6	20

³⁵ Como afirmado anteriormente, o artigo de Warheit e colaboradores foi publicado em 2004, mas em 2003 os dois artigos analisados o citavam, pois os autores tiveram contato com os resultados das pesquisas em uma reunião da associação americana de química.

Figura 10 - Esquema de citação do artigo de Warheit e colaboradores (2004).



Aqui são apresentadas duas sentenças que ilustram os artigos que citam Warheit e colaboradores (2004) e não deixam explícito se entendem o texto do autor como apresentando riscos ou não riscos.

Os estudos de toxicidade em nanomateriais, tais como fulerenos, nanotubos de carbono de parede simples, nanotubos de carbono de paredes múltiplas e óxidos metálicos em nanoescala (...) apontam a necessidade de ponderar cuidadosamente como os nanomateriais foram caracterizados, quando se avaliam suas potenciais atividades biológicas. (Brown et al, 2000, 2001;. Monteiro-Riviere et al, 2005;. Shvedova et al, 2003;. Warheit et al, 2004;. Yamago et al, 1995); (HOLSAPPLE, 2005, p.15).

Estudos publicados [Lam et al, 2004; Shvedova et al, 2005 e Warheit et al, 2004] têm avaliado respostas dos nanotubos de carbono em culturas de células e em pulmões de animais (POLAND ET AL, 2008, p.423).

Nos casos apresentados, o artigo de Warheit e colaboradores é utilizado para sugerir a existência de diversas pesquisas nessa área, situando o debate de sua própria pesquisa de igual maneira. De modo geral, os autores descrevem os procedimentos de pesquisa de Warheit e

colaboradores ou informam sobre a existência de seu artigo. Como pode ser observado, usos bem diferentes são feitos na dependência dos autores quererem reforçar o risco ou a ausência de risco do nanotubo de carbono.

4.3.1 Artigos que citam Warheit e colaboradores sem apontar para os riscos

Como indicado na Tabela 5, o número de artigos citando Warheit e colaboradores afirmando que esse estudo não sugeria riscos foi bastante reduzida. Em um deles os autores mencionam o artigo de Warheit como um contraponto ao artigo de Lam e colaboradores (2004):

Enquanto *Lam et al* concluíram que a exposição ao SWCNT mostrou-se mais tóxica que as exposições ao quartzo e partículas de sílica cristalina, os resultados de Warheit indicam, **em contraste**, uma inflamação transitória pulmonar e a formação de granulomas após a exposição SWCNT (KOLOSNAJ ET AL, 2009, p.197, grifo nosso).

Outro ponto a se considerar no artigo de Warheit e colaboradores é que autores sugerirem que a morte dos roedores utilizados no estudo tenha ocorrido em função de uma obstrução física e não pelos nanotubos em si³⁶. Esse aspecto da pesquisa foi mencionado em apenas um dos artigos analisados.

As mortes observadas em pelo menos dois desses estudos foram atribuídas à obstrução mecânica das vias aéreas e pode não ser significativa em função às altas doses administradas (STERN e McNEIL, 2008, p.10).

Em outro artigo, Philbrick (2010, p.1714) afirma que vários grupos têm realizado pesquisas sobre os efeitos de longo prazo dos

³⁶ A exposição a doses elevadas (5 mg/kg) de nanotubos de carbono SWCNT produziu mortalidade em 15% dos ratos, 24 h pós-instilação. Após extensa investigação, concluiu-se que essa mortalidade foi determinada pelo bloqueio mecânico das vias aéreas superiores causada pela instilação, e não em função da toxicidade pulmonar inerente às partículas de SWCNT instiladas.

nanotubos de carbono e aponta que Warheit não encontra uma dose-dependente entre formação de granulomas e nanotubos de carbono.

Vários grupos também investigaram os efeitos a longo prazo dos nanotubos de carbono. A formação de granulomas foi um dos primeiros efeitos relatados (...), embora Warheit e colaboradores não tenham encontrado uma relação dose-dependente e tenham questionado se o fenômeno [a formação de granulomas] poderia ter sido gerado pela técnica experimental.

É bastante significativo que o estudo de Warheit e colaboradores não tenha encontrado uma relação dose-dependente de SWCNT e a formação de granulomas. Apenas três dos artigos analisados apontam esse resultado do trabalho do autor.

Da mesma forma, a afirmação de que a possível inflamação diminui com o tempo também é pouco citada. A exceção está nos artigos seguintes:

(...) eles [os granulomas³⁷] não eram de distribuição uniforme, nem progressivos além de um mês, que foi o tempo de observação pós-exposição de SWCNT. Apresentavam as seguintes características: ausência de toxicidade pulmonar observada por lavagem nos parâmetros de avaliação, ausência de toxicidade pulmonar medida pelos parâmetros de proliferação celular, aparente falta de uma relação dose-resposta, distribuição não uniforme das lesões, paradigma de efeitos de toxicidade devido ao pó acumulado no pulmão, **e uma possível regressão de efeitos ao longo do tempo**. A observação de granulomas, na ausência de efeitos adversos medidos por parâmetros pulmonares, **foi surpreendente**, e não seguem o padrão normal inflamatório fibrótico produzido pelas poeiras fibrogênicas, como quartzo, amianto, e filamentos de carboneto de silício” (KOLOSNAJ ET AL, 2009, p197, grifo nosso).

³⁷ Granuloma é um nódulo microscópico de inflamação nos tecidos, uma massa organizada de macrófagos.

Na citação anterior, os autores afirmam que as diferenças apontadas no artigo de Warheit e colaboradores sobre os efeitos dos nanotubos nos pulmões dos ratos quando comparados aos efeitos de outras partículas é *surpreendente*. Mas isso não conduziu os autor a concluir que, por ser diferente (surpreendente, nas palavras deles), será mais tóxico, pelo contrário. Eles afirmam que o nanotubo de carbono foi submetido em vários “testes” de toxicidade, tendo apresentado resultado negativo em todos, mostrando-se, assim, diferente de outros compostos quanto a:

- a) ausência de toxicidade pulmonar por lavagem nos parâmetros de avaliação;
- b) ausência de toxicidade pulmonar medida pelos parâmetros de proliferação celular;
- c) aparente falta de uma relação dose-resposta;
- d) distribuição não uniforme das lesões;
- e) paradigma de efeitos de toxicidade devido ao pó depositado no pulmão.

Os autores desse artigo parecem fazer uso da lógica dedutiva, afirmando que o nanotubo de carbono de parede simples, além de não passar nos 'testes', é diferente de outras poeiras fibrogênicas. Assim, eles acrescentam: o nanotubo de carbono (A) se comporta diferente de quartzo(B), amianto(C) e de filamentos de carboneto de silício(D). Sendo que B, C e D são tóxicas, logo A não é tóxico.

Ou:

Se B, C e D são tóxicas;
A se comporta diferente de B, C e D;
LOGO
A não é tóxica.

Nesse caso, parece que o entendimento de que o não-conhecimento é gerador de mais incertezas e, conseqüentemente, de que a perspectiva de incertezas pode levar a mais riscos, não está presente. O que fica aparente é o entendimento de que, se é diferente dos riscos conhecidos, não é passível de preocupação. Assim, para esse autor, ser apenas diferente do risco já é um indício de não-risco, e esse é um argumento não corrente em outros artigos.

Com essas diferentes abordagens para um mesmo artigo, é

possível visualizar as diferentes lógicas utilizadas para se entender uma 'evidência'. Se, para alguns cientistas, o fato do nanotubo de carbono não apresentar um comportamento 'esperado' – os granulomas provocados por sua ação no organismo mostram-se diferentes de granulomas provocados por outros compostos sabidamente patogênicos – representa uma 'evidência' de sua toxicidade, por outro lado, essa mesma característica também pode ser interpretada como uma 'evidência' de sua pouca toxicidade, já que se os outros granulomas são sabidamente patogênicos e esses são diferentes. A primeira suposição entende o material como sendo MAIS problemático, enquanto a segunda o interpreta como MENOS problemático.

4.3.2 Artigos que citam Warheit e colaboradores para afirmar que, SIM, há riscos

Como afirmado anteriormente, a pesquisa de Warheit e colaboradores já havia sido citada duas vezes antes mesmo de sua publicação. Assim, no ano de 2003, quando a primeira citação à sua pesquisa foi feita, o autor que a mencionou já havia dado ênfase à possível toxicidade encontrada pelo grupo de pesquisa. “David Warheit, da DuPont em Wilmington, Delaware, informou que os nanotubos podem danificar o tecido de pulmão de ratos” (SERVICE, 2003).

É um texto de divulgação, dirigido para cientistas, e apresenta as duas pesquisas recentes na área. Além dessa citação, o autor menciona também a pesquisa conduzida por Lam e colaboradores (2004) que, de acordo com ele, teve como conclusão uma possível atividade tóxica causada pelos nanotubos. Em seu artigo, Service aproxima o resultado das pesquisas realizadas pelos grupos de Lam e de Warheit, atitude bastante frequente, como veremos mais adiante.

Primeiramente, é mencionado o estudo de Lam e colaboradores sobre a formação de granulomas e outras alterações no tecido pulmonar, os quais seriam sinais conhecidos de toxicidade. Posteriormente, há a menção a Warheit e colaboradores: “Warheit relatou ter visto formação de granuloma em um estudo semelhante, mas observou que a inflamação parecia a diminuir após 3 meses” (SERVICE, 2003). Assim, até mesmo o artigo sugerindo haver diminuição da inflamação após três meses, sendo isso um indicativo de algo não tóxico, deu ênfase à toxicidade. É compreensível que um artigo destinado a apresentar um problema o enfatize, mas é bom reforçar o fato de que esse não é um artigo de divulgação científica, mas de divulgação entre os cientistas. A revista *Scientist* tem como público os próprios cientistas em suas

diferentes especialidades. No texto, fica bastante explícito que a organização das frases, a organização textual, leva o leitor a perceber que há um problema e que este deve ser mais estudado.

Nesse segundo artigo, os trabalhos de Warheit e colaboradores (2004) e de Lam e colaboradores (2004) também foram mencionados em conjunto, acrescentando, ainda, o artigo de Shvedova e colaboradores (2005), compondo o 'núcleo denso' das publicações sobre nanotubos de carbono e risco e, na maior parte das vezes, apresentando sentenças como essa:

Vários estudos [Warheit et al; 2004, Lam et al e Shvedova et al, 2005] utilizando a instilação intratraqueal de altas doses de nanotubos em roedores demonstraram inflamação pulmonar crônica, incluindo estranha formação de granulomas e fibrose intersticial (NEL e colaboradores, 2006).

No trecho acima, o fato dos granulomas apresentarem 'formação estranha' é entendida como indicativo de risco³⁸, pois é citado como um demonstrativo de inflamação pulmonar crônica. Outro artigo também cita os mesmo três autores e afirma:

Esses estudos anteriores [Warheit et al; 2004, Lam et al e Shvedova et al, 2005.] relataram a formação de granuloma significativo e, em alguns trabalhos, foi observada fibrose em combinação com granulomas (REILLY, 2007).

Novamente em outro artigo, as mesmas três publicações são citadas para apontar a toxicidade do nanotubo de carbono:

Nanotubos de carbono de parede única (SWCNT) produzem granulomas multifocais nos pulmões de ratos e camundongos expostos por instilação intratraqueal ou aspiração por faringe, sem a inflamação persistente de respostas típicas do pulmão para fibras e outras partículas pouco solúveis [Warheit et al; 2004, Lam et al e

³⁸ Mais adiante, será discutido como esse mesmo fato pode ser, também, um indicativo de não-risco.

Shvedova et al, 2005.] (KUEMPELED e SCHULTE 2007).

Mais um artigo cita os mesmos autores em conjunto. Mas o interessante, nesse caso, é que o autor não apenas menciona o resultado das pesquisas anteriores – a formação de granulomas – como, também, afirma o **potencial risco já conhecido** do nanotubo de carbono de forma mais geral.

[Nanotubos de carbono e nanotubos de parede simples (MWCNT)] são biopersistentes e **têm potencial para induzir reações inflamatórias e fibróticas** [Warheit et al; 2004, Lam et al e Shvedova et al, 2005.] (MULLER e colaboradores, 2008, grifo nosso).

É interessante notar que, nesse artigo, o modo como o problema do nanotubo de carbono foi apresentado é diferente dos até então destacados. Se antes as sentenças eram escritas de forma semelhante a “pesquisas mostram que o nanotubo de carbono produz granulomas multifocais nos pulmões dos ratos”, apresentando o material como um potencial risco desconhecido ou um risco desconhecido, esse afirma ser o nanotubo de carbono um portador de risco potencial, como sugere a sentença acima destacada, em seu trecho: “nanotubo de carbono têm o potencial para induzir reações inflamatórias”.

No Quadro 3 são apresentados dois exemplos de sentenças para ressaltar as diferenças na maneira de apresentar os riscos.

Outro ponto que merece ser ressaltado nos artigos que empregam o trabalho de Warheit e colaboradores para apresentar os riscos é representada pela relação existente entre o próprio artigo e a questão dos possíveis riscos à saúde apresentados pelos nanotubos de carbono. A seguir, os quatro trechos selecionados que ilustram o caso.

Até que ponto os nanotubos de carbono são capazes de afetar a saúde é um debate aberto, e os dados atualmente disponíveis são insuficientes para uma avaliação de risco conclusiva. A literatura sugere toxicidade potencial. Em particular, esses primeiros estudos, com foco principalmente na inalação e exposição cutânea, revelaram toxicidade pulmonar e dérmica (DE NICOLA e colaboradores, 2009).

Com crescente interesse em seu potencial de

toxicidade, os efeitos adversos de nanotubos de carbono estão sendo investigados intensivamente. Nos últimos anos, muitas pesquisas *in vivo* (SHVEDOVA ET AL., 2003; LAM ET AL., 2004; WARHEIT ET AL., 2004; POLAND ET AL., 2008; TAKAGI ET AL., 2008) e *in vitro* (CUI ET AL., 2005; JIA ET AL., 2005; MONTEIRO-RIVIERE ET AL., 2005; SAYES ET AL., 2006; TIAN ET AL., 2006; MULLER ET AL., 2008) têm documentado os potenciais efeitos adversos à saúde associados com a exposição aos nanomateriais carbonáceos (PATLOLLA e colaboradores, 2010).

Quadro 3 – Exemplos comparativos de sentenças que apresentam os riscos potenciais dos nanotubos de carbono.

Potencial risco desconhecido	Potencial risco
SWCNTs podem ser mais tóxicos que o quartzo, uma partícula com reconhecidos riscos associados à exposição em ambiente de trabalho. (Dreher et al, 2005)	CNT [os nanotubos de carbono e nanotubos de parede simples (SWCNT)] são biopersistentes e têm potencial para induzir reações inflamatórias e fibróticas (Muller et al, 2008, grifo nosso)
Nessa sentença o autor aproxima o SWCNT de outra partícula tóxica para apontar a potencial toxicidade do nanotubo de carbono.	Nessa sentença, não foram mobilizados 'ratos', nem 'pulmões'. O autor afirma que os CNTs e os SWCNTs têm potencial para induzir reações inflamatórias e fibróticas. Vale ressaltar que as reações não são mais apontadas como ocorrendo apenas em ratos.

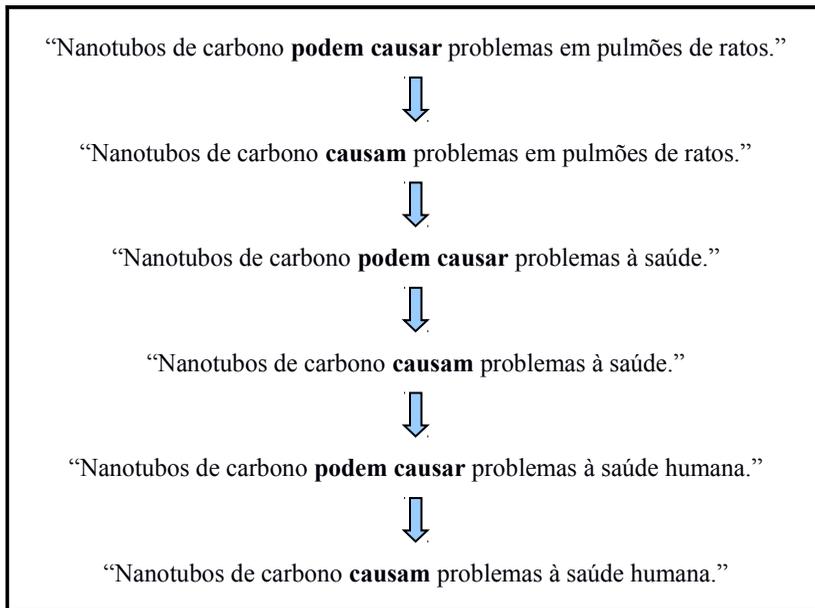
Nos dois trechos citados anteriormente, há uma ênfase nas pesquisas que foram desenvolvidas na área. Mostram como o debate sobre a relação entre nanotubo de carbono e saúde permanece em 'aberto'. No entanto, alguns artigos ampliam ainda mais a relação entre nanotubo de carbono e saúde. Os próximos dois trechos são elucidativos:

Devido às aplicações comerciais dos nanotubos de carbono, seus efeitos à saúde são de grande interesse **e têm demonstrado potencialidade de exposição pulmonar em ambientes de trabalho**. Alguns pesquisadores têm mostrado que os nanotubos de carbono causam dano pulmonar após a instilação intratraqueal, incluindo a formação de granulomas, inflamação e danos celulares (MITCHELL e colaboradores, 2009, grifo nosso).

O campo já percorreu um longo caminho em poucos anos desde que os nanotubos de carbono – instilados nos pulmões como globos relativamente grandes e chamados de aglomerado – foram primeiramente relatados por causar letalidade em roedores [citação dos artigos de Warheit colaboradores e de Lam e colaboradores], levantando a possibilidade de que a exposição de nanomateriais **possa representar sérios riscos à saúde dos seres humanos** (ELDER, 2009, grifo nosso).

Nos artigos acima citados, é interessante observar que há um novo aliado na discussão sobre nanotubos de carbono e seus riscos – 'os seres humanos'. No primeiro trecho, esse aliado humano aparece na forma do trabalhador e no segundo como indivíduos possivelmente expostos a nanomateriais. Passar de ratos a humanos, ou seja, da avaliação dos riscos verificados em laboratório, em pesquisas *in vivo*, para fora do laboratório, para a dimensão dos 'seres humanos', não deixa de ser, de certa forma, uma arbitrariedade dos cientistas. Se, por um lado, há um acúmulo de conhecimento gerado que permite demonstrar que há indícios de toxicidade em ratos, por outro lado uma lógica indutiva se faz presente, pois se os nanotubos de carbono podem causar alterações nos pulmões dos ratos, e se os seres humanos têm pulmões, logo: os nanotubos de carbono também causarão alterações nos pulmões humanos. O esquema da Figura 11 ilustra as diferenças nas sentenças que aparecem em algumas citações feitas do artigo de Warheit e colaboradores.

Figura 11 - Modificações nas sentenças que citavam o artigo de Warheit.



Um ponto relevante é representado pela expressão “(...) têm demonstrado”, empregada pelo autor, ainda que não aponte quem tem demonstrado. O sujeito oculto da frase é o próprio nanotubo de carbono. Nessa sentença, o nanotubo de carbono é apresentado como um ator que tem a capacidade de, sozinho, não precisar mais de ratos, nem de autores, nem de seus artigos para mostrar, sozinho – e 'sozinho', nesse contexto, não deve ser entendido como isolado- 'demonstrar a potencialidade de alteração pulmonar em ambientes de trabalho'. Nessa sentença, quanto menos nominal, menos autoral, mais forte ela se torna, mais próxima de um fato ela está. Os aliados – ratos, cientistas, citações de outras pesquisas – que foram importantes antes, aqui já não se fazem mais necessários; o portador de agência, o nanotubo de carbono, já pode 'falar'. Continuando a formação do quadro 4 em direção à constituição do risco do nanotubo de carbono, pode ser acrescentado mais um momento – o risco.

Quadro 4 – Exemplos comparativos de sentenças que apresentam os riscos potenciais dos nanotubos de carbono.

Potencial risco desconhecido	Risco desconhecido	Potencial risco	Risco
<p>SWCNTs podem ser mais tóxicos que o quartzo, uma partícula com reconhecidos riscos associados à exposição em ambiente de trabalho (Dreher et al, 2005).</p>	<p>(...) Warheit et al. têm demonstrado que ratos com pulmões expostos a SWCNTs produziram evidências de uma reação externa no corpo do tecido (Murr e Soto, 2004, grifo nosso).</p>	<p>CNT são biopersistentes e têm o potencial para induzir reações inflamatórias e fibróticas (Muller et al, 2008, grifo nosso).</p>	<p>Efeitos sobre a saúde de SWCNT foram intensamente estudados por diversos grupos de pesquisa [SHVEDOVA ET AL., 2005; LAM ET AL., 2004; WARHEIT ET AL., 2004]. Estes relataram alguns efeitos à saúde (Myojo et al, 2008, grifo nosso).</p>
<p>Nessa sentença o autor aproxima o SWCNT de outra partícula tóxica para apontar a potencial toxicidade do nanotubo de carbono.</p>	<p>Nessa sentença, ratos e exposições pulmonares foram mobilizados para que o autor apontasse que se produziu evidências de uma reação externa no corpo dos tecidos.</p>	<p>Nessa sentença, 'ratos' ou 'pulmões' não foram mobilizados. O autor afirma que os CNTs e os SWCNTs têm potencial para induzir reações inflamatórias e fibróticas. Vale ressaltar que as reações não são mais apontadas como apenas em ratos.</p>	<p>Nessa sentença, já se destaca o acúmulo de conhecimento sobre os riscos do nanotubo de carbono, 'intensamente estudados', e mostra que as pesquisas relatam efeitos para a saúde.</p>

Seguindo o caminho do nanotubo de carbono, vimos a sua 'caminhada' rumo a ser entendido como um material que apresenta riscos. O que pudemos observar é que há presente nos artigos não uma lógica cumulativa, que se vai do não saber ao saber, mas que cada nova 'evidência', ou seja, cada novo ator que era arrolado na rede de constituição do nanotubo de carbono como um material arriscado, o artigo anterior era ressignificado.

No próximo item, discutiremos como um outro aliado, o asbesto, foi mobilizado na rede que constitui o nanotubo de carbono como um risco.

4.4 PARECE ASBESTO! AS APROXIMAÇÕES DO NANOTUBO DE CARBONO AO ASBESTO

Um dos temores mais discutidos, entre os cientistas, relacionados aos possíveis riscos do nanotubo de carbono, deve-se ao fato de que ele talvez tenha um comportamento semelhante ao dos asbestos: Asbestos (do Latim) ou Amianto (do Grego) são nomes genéricos de fibras que se encontram na natureza. Tais fibras foram amplamente utilizadas pela indústria por suas propriedades de isolamento térmico e incombustibilidade. Nesta tese, usaremos o termo traduzido 'amianto' quando nos referirmos a situação no Brasil. E usaremos 'asbesto' quando discutirmos a situação internacional, optou-se por não traduzir o termo para o português, pois o termo em português não tem o efeito de comoção, como tem o termo inglês. Acredita-se que isso aconteça em função do asbesto ter recebido, e continuar recebendo, fortes questionamentos em relação ao seu uso, tanto na Europa como nos Estados Unidos, onde seu uso é proibido desde 2005. O asbesto foi, durante anos, chamado de 'mineral mágico', sendo utilizado principalmente na indústria da construção civil, mas passou a ser considerado perigoso depois de terem sido confirmadas várias doenças a ele associadas. A primeira relação entre amianto e asbestose (doença que leva à fibrose pulmonar intersticial, geralmente progressiva e irreversível) foi documentada em 1904 por um médico inglês. Além da asbestose, o amianto pode provocar câncer de laringe, pulmão e ovário e, também, mesotelioma, que é uma forma rara de tumor maligno que comumente atinge a pleura mas que, também, pode atingir o peritônio, o pericárdio, a túnica vaginal e a bolsa escrotal. O mesotelioma tem um período de latência que pode chegar a 30 anos. A principal fonte de exposição e contaminação é ocupacional, ocorrendo principalmente

através da inalação. Outras possibilidades de contaminação são através de roupas e objetos dos trabalhadores contaminados pelas fibras e as fontes das próprias fábricas, minerações ou áreas de depósitos ou descarte. Estima-se que as mortes em decorrência do amianto cheguem a 90.000 e 100.000 mil por ano no mundo (estimativas do Instituto Nacional do Câncer - INCA) Desde 1995 está em vigor uma lei sobre o uso controlado do asbesto.

O uso do asbesto é proibido em diversos países. Mas, infelizmente, o mesmo não acontece com o amianto no Brasil, que produz, usa e exporta amianto, sendo o terceiro maior produtor de amianto no mundo, com uma produção de 290 mil toneladas/ano³⁹ feita numa única mina no município de Minaçú, Estado de Goiás⁴⁰. A maior parte da produção é destinada ao mercado local, como alerta o artigo de pesquisadores da Fiocruz e do Ministério do Trabalho:

Com 200 mil toneladas ao ano, o Brasil está entre os cinco maiores produtores do mundo. Diferentemente de seu parceiro comercial pela manutenção deste rentável negócio na Organização Mundial do Comércio (OMC), o Canadá, que exporta 98% do amianto produzido para os países em desenvolvimento, 70% do amianto brasileiro é utilizado no mercado nacional. Destes 70% destinados ao mercado interno, 90% vão para a indústria da construção (CASTRO; GIANASSI; NOVELLO, 2003).

Há tentativas localizadas de proibição do uso do amianto, como nos Estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, que têm leis nesse sentido. O Ministério da Saúde requer, sem sucesso, desde 1995, a proibição do uso do amianto no território brasileiro (CASTRO; GIANASSI; NOVELLO, 2003), o que conseguiu foi aprovar foi um Lei

³⁹ Dados disponíveis no site do Instituto Brasileiro do Crisotila (www.crisotilabrasil.org.br), acessado em 18 de agosto de 2011.

⁴⁰ Há uma defesa por parte dos produtores de amianto brasileiros de que o amianto crisotila, que é o usado no Brasil, teria poucos efeitos nocivos, se respeitados os procedimentos adequados para seu manuseio no processo industrial. Ainda que esse entendimento não seja o mesmo da Organização Mundial da Saúde, nem da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), ambas classificam o amianto como substância do grupo 1, ou seja, definitivamente carcinogênico para os humanos, não fazendo a distinção entre os tipos de amianto e, assim, considerando todos como substância sabidamente cancerígena. (WUNSCH FILHO, 2001).

para que o amianto tenha um uso controlado. Se as tentativas de restrição do asbesto no Brasil são modestas, as respostas das empresas produtoras não o são. Em 2002, empresários do setor de fibrocimento criaram o Instituto Crisotila Brasil que, em 2003, recebeu a qualificação da Secretaria Nacional de Justiça como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), ou seja, conquistou a possibilidade de articular convênios e acordos de cooperação com órgãos governamentais. Em 2009, o Departamento da Indústria da Construção (DECONCIC), ligado à Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), desenvolveu um estudo sob a consultoria da Fundação Getúlio Vargas sobre os impactos socioeconômicos da proibição do uso do amianto. A entidade não se coloca como questionadora da proibição: “A elaboração e publicação deste estudo não quer dizer que a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP – conteste as legislações que proíbem a extração, o uso ou a comercialização do amianto crisotila.” Mas adverte:

Porém, é nosso papel avaliar quais são os impactos socioeconômicos dessas proibições, pois o fim do uso do insumo básico amianto para a construção civil pode afetar programas de habitação social, prejudicar o andamento do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC – e colocar inúmeros empregos em risco, mais notadamente no atual período de crise mundial. (DECONCIC,2009)

Em uma só frase, a FIESP mobiliza o discurso modernizante, o discurso social assistencialista e o temor da crise econômica mundial! Quem poderia se colocar a favor de uma proibição dessas? Na frase, o amianto é ligado a uma ideia de melhoria de vida, já que facilita a aquisição da casa própria pela classe baixa, impulsiona o emprego e, ainda, ajuda na aceleração do crescimento brasileiro. Também não se pode esquecer que há inúmeros empregos em jogo! E completa:

Estamos falando de um setor que fatura R\$ 2,5 bilhões ao ano, mantém 17 fábricas pelo país e gera 170 mil empregos e é de fundamental importância apresentarmos subsídios técnicos para avaliar e debater com a sociedade brasileira os efeitos de medidas que impeçam a atividade econômica dos produtos que contenham amianto (Ibid, 2009).

No campo acadêmico, o amianto também vem recebendo pouca atenção no Brasil, tanto que há poucas referências sobre amianto na literatura científica nacional (12 artigos no portal *SciELO*⁴¹).

Diferentemente do cenário nacional, o problema do asbesto é algo ainda bastante presente tanto nos Estados Unidos como na Europa, tanto que, além da proibição do uso, há associações de vítimas e ampla divulgação de informações sobre os seus perigos em fontes governamentais, como o EPA nos Estados Unidos ou o o Department for Environment Food and Rural Affairs DEFRA no Reino Unido.

Além disso, parece haver, entre a população geral, uma memória viva sobre os problemas ocasionados pelo asbesto, tanto que são comuns referências críticas e humoradas ao asbesto em programas de TV dos Estados Unidos. No desenho animado *The Simpsons*, em alguns episódios há uma piada visual – GAG – envolvendo asbestos. Quando alguma cena acontece no andar térreo e muda o cenário para o andar superior, ou vice versa, por vezes é mostrado o assoalho da casa como mostra a Figura 12.

Também na série televisiva *Everybody Hates Chris*, um dos episódios mostrou o pai da família que precisa trabalhar muito para garantir o sustento da família e, por isso, se submete a condições de trabalho degradantes, numa situação cômica em que chama os filhos para, juntos, realizarem o trabalho de limpeza de canos feitos de asbesto.

Figura 12 - Piada visual envolvendo asbesto, presente na série de desenho animado norte-americana *The Simpsons*.



⁴¹ Levantamento feito no dia 02 de junho de 2011.

Nos artigos analisados pelo presente trabalho, nota-se que muitos trazem a discussão sobre o asbesto, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 – Artigos que discutem a questão do abestos entre todos os artigos analisados por esta tese.

Ano	Número de artigos dentre a nossa amostra com a palavra asbestos	Número total de artigos analisados
2003	-	2
2004	2	7
2005	-	4
2006	6	6
2007	3	6
2008	9	22
2009	16	28
2010	14	27
Total	50	102

Como explicitado na tabela acima, a relação entre nanotubo de carbono, risco e asbesto é apresentada desde o início da discussão sobre os riscos desse novo material. Entre os artigos analisados, a primeira vez que o termo “asbesto” foi discutido foi em 2004 (Murr e Soto, 2004) Os autores explicam os problemas causados pelos asbestos e, em seguida, mencionam sua preocupação com o fato dos nanotubos de carbono se encontrarem em rápida ascensão de uso, ainda que sua potencial toxicidade seja bastante desconhecida; haveria, portanto, o risco de se descobrir sua real toxicidade depois que o produto já tivesse provocado riscos à saúde humana. Depois de discorrerem sobre outras pesquisas que apontam para possíveis riscos dos nanotubos, os autores concluem:

Nanotubos de carbono de paredes múltiplas e amianto crisotila são, portanto, **surpreendentemente semelhantes**, e isso deve ser uma consideração importante na avaliação dos potenciais efeitos toxicológicos dos nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MUUR E SOTO, 2004, grifo nosso).

O que nos interessa é compreender como a literatura atua na constituição do risco do nanotubo de carbono. E nota-se que existe o processo de aproximar, retrospectivamente, o CNT ao asbesto.

Aqui vale retomar um dos pontos que Hannigan discute para a construção de um problema ambiental. O autor aponta a necessidade de “dramatização do problema em termos simbólicos e visuais” (1995, p. 75). Considerando que a teoria de Hannigan sobre a construção de problemas ambientais é direcionada para fora da academia e que ele discorre sobre de que maneira um problema ambiental recebe, entre parcela da população, o status de problema ambiental, considera-se que sua proposta teórica seja útil também para entendermos como um problema de risco passa a ser entendido dessa forma entre os cientistas. Relacionar o nanotubo de carbono ao asbesto é mais do que relacionar dois produtos que podem apresentar características físicas e químicas semelhantes – como dito no artigo acima citado, “surpreendentemente semelhantes”. Supor, por essa razão, que eles apresentem similaridades em suas características toxicológicas é usar uma metáfora, um símbolo ou, como nos explica Hannigan, é *dramatizar* o problema.

Ao ligar o nanotubo de carbono ao asbesto, uma nova conexão é feita e, nessa conexão, a “rede” do asbesto foi mobilizada. Aproximar o nanotubo de carbono do asbesto é aproximá-lo não apenas de um elemento químico perigoso, mas, também, dos milhares de trabalhadores que morreram em função da asbestose e outras doenças provocadas pelo asbesto ao redor de todo o planeta. É, ainda, ligar o nanotubo de carbono aos institutos de pesquisa que tratam da prevenção da saúde do trabalhador e de toda a problemática que envolve essa questão. Mas é, sobretudo, aproximar o nanotubo de carbono das possibilidade de financiamento para pesquisa de institutos ligados à prevenção e proteção da saúde do trabalhador. O asbesto torna-se, assim, um novo aliado, um ator não-humano que exerce agência nesse processo. É muito diferente afirmar “o nanotubo de carbono é tão fino que pode causar problemas nos pulmões de ratos”, de afirmar que “o nanotubo de carbono é tão fino que, por essa característica, pode ter comportamento semelhante ao asbesto.” O poder de comoção da segunda sentença é muito maior. Assim, entende-se que o asbesto é um *aliado*, no sentido dado pela teoria ator-rede, na constituição do nanotubo de carbono como algo prejudicial.

Nota-se que, nos artigos, o asbesto é mobilizado, no sentido dado por Latour (2000), de três formas. Em alguns textos há uma explicação mais geral e, nesses casos, ele é mobilizado para contextualizar as análises de risco sobre nanotubos de carbono em um espaço mais amplo

de discussões, mostrando que a problemática em torno de novos materiais é antiga. As citações abaixo são ilustrativas desse caso:

Entre a segunda metade do século XX e o início do século XXI, a exploração comercial do asbesto, principalmente na indústria da construção, causou uma pandemia de doença pulmonar em trabalhadores expostos à poeira de asbesto (DONALDSON et al, 2009).

Apesar do declínio do uso do asbesto em muitos países, o número de mortes atribuídas ao mesotelioma, uma doença muitas vezes atribuída exclusivamente à exposição ao asbesto, continua subindo, e no Reino Unido prevê-se um pico entre 2011 e 2015 algo entre 1.950 e 2.450 óbitos por ano (DONALDSON et al,2006).

Os riscos de saúde causados pelo asbesto, utilizado em grandes quantidades nos anos de 1970 e1980, tornaram-se evidentes em 2005. A sociedade japonesa, como um todo, é muito crítica sobre os efeitos nocivos de micropartículas à saúde, através da exposição por vias respiratórias (THOMAS et al,2006).

Nesses exemplos há uma contextualização sobre os efeitos do asbesto na sociedade, além de explicações sobre o contexto atual do problema. Também são correntes explicações sobre os efeitos do asbesto no corpo humano, como pode ser observado neste outro exemplo:

Embora os riscos da exposição ao asbesto sejam bem conhecidos de médicos do trabalho, as razões pelas quais o asbesto faz com que essas doenças se desenvolvam talvez sejam menos conhecidas (SEATON, 2006).

Na maior parte dos textos analisados predomina a discussão sobre a similaridade entre o nanotubo de carbono e o asbesto, ainda que o nanotubo de carbono seja uma material produzido em laboratório e o asbesto seja uma fibra natural. Os dois têm similaridade morfológica,

uma vez que ambos possuem alta relação de comprimento-largura (são finos e compridos) e é essa a principal característica morfológica que leva o asbesto a ser um perigo, principalmente para a saúde dos trabalhadores. Nesse caso, a similaridade é mobilizada para sugerir que o nanotubo de carbono seja um material potencialmente tóxico. É importante ressaltar que, por vezes, o asbesto é apresentado como um “*case*” que não deve ser repetido. Ou seja, o asbesto é usado como exemplo de como um material amplamente utilizado pode se mostrar extremamente maléfico depois de vários anos de uso. Essas duas situações são ilustradas pelos subitens seguintes.

A “surpreendente semelhança” entre o asbesto e os nanotubos de carbono, mencionada pelos artigos analisados nesta tese é ressaltada através dos trechos a seguir:

Essa alta relação entre comprimento e largura (aspecto), é uma propriedade **compartilhada** com as fibras de asbestos, o que levou à preocupação sobre se os nanotubos de carbono, quando inalados, podem causar, da mesma forma que o asbesto, lesões como a fibrose pulmonar e câncer de pulmão (RYMAN-RASMUSSEN et al, 2009, grifo nosso)

Como discutido acima, os nanotubos de carbono têm características físicas que são **consistentes** com outras partículas fibrosas. Donaldson et al. (2006) postularam que as exposições aos nanotubos de carbono poderiam produzir propriedades toxicológicas semelhantes às fibras de asbesto (WARHEIT, 2009, grifo nosso).

(...) SWCNT não são tão suaves e são mais rígidos, pois eles estão presentes como aglomerados emaranhados **semelhantes** ao amianto e outras fibras sintéticas minerais (MYOJO, 2008, grifo nosso).

'Propriedade compartilhada', 'propriedades toxicológicas semelhantes', 'semelhança potencial', 'consistentes', são alguns dos termos usados para apresentar as semelhanças ou 'possíveis semelhanças' entre os dois materiais. Nessas citações, procura-se destacar a busca dos autores em chamar a atenção de um potencial

problema. Identifica-se que eles mostram uma atitude cautelosa. Mas além de apontarem essa preocupação mostrando similaridades, há também uma 'dramatização' do problema, no sentido apresentado por Hannigan. Nas palavras de um dos autores, tal ênfase na similaridade leva a uma 'presunção de semelhança.'

(...) presunção de que (1) nanopartículas são mais perigosas do que partículas finas do tamanho de composição similar, (2) que as formas de fibra como de CNT sugerem semelhanças potenciais com as fibras de asbesto, e (3) biopersistência, o potencial dos nanotubos de carbono de se depositar no pulmão e a deposição seguinte poderia ser problemático (NEL, et al, 2006).

É interessante destacar que, quando se relaciona a similaridade do nanotubo de carbono ao asbesto, se promove também a aproximação de suas propriedades maléficas. Ou seja, a presunção de semelhança está relacionada diretamente à presunção de efeitos maléficos semelhantes. Os exemplos abaixo são ilustrativos:

Estudos têm demonstrado que a exposição a partículas fibrosas como o asbesto tem sido associada ao risco aumentado de fibrose e câncer (DOLL, 1955). Estruturas tubulares, como CNT, também mostraram causar inflamação e lesões em pulmões de ratos [LAM et al., 2004] (PAIK, 2008, grifo nosso).

Citação 1

Notadamente, esses estudos revelam que os nanotubos de carbono emitidos para a cavidade abdominal de camundongos **podem induzir uma resposta semelhante àquela associada à exposição a determinadas fibras de asbestos** (KANDLIKAR et al, 2006, grifo nosso).

Citação 2

Nanotubos de Carbono têm, toxicologicamente, significativas semelhanças estruturais e químicas ao asbesto, e têm sido repetidamente demonstrado que causam inflamação pulmonar, formação de granuloma e fibrose após a inalação, instilação, aspiração e exposição em roedores, um padrão de efeitos semelhante aos observados após a exposição ao amianto. (INOUE, 2008)

Citação 3

Portanto, a analogia entre os nanotubos de carbono e o asbesto resultou em enormes preocupações, pois o uso generalizado dos nanotubos de carbono pode **levar à inflamação analógica em pulmões e formação de lesões conhecidas como granulomas** (PASTORIN, 2009, grifo nosso).

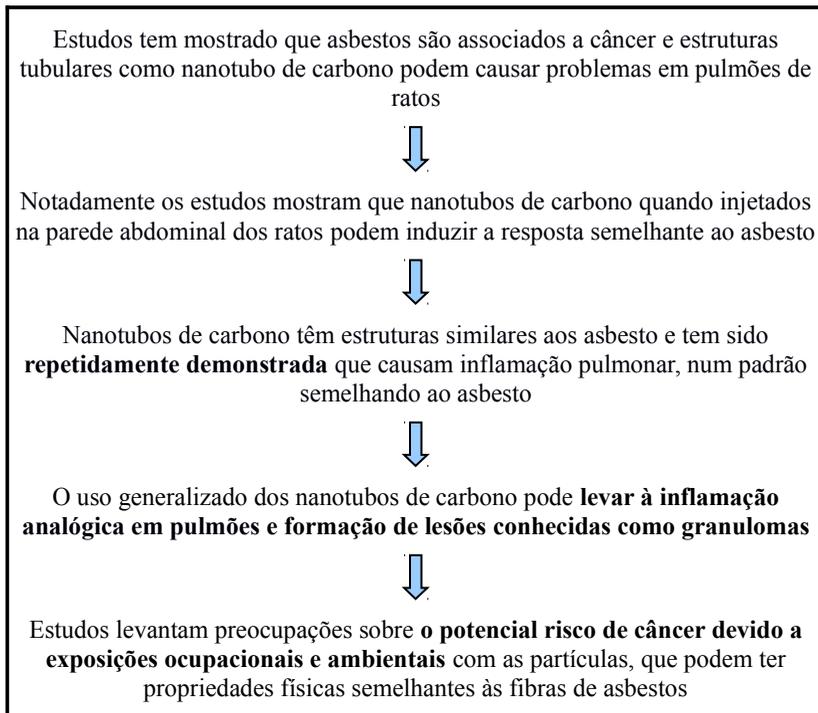
Citação 4

Embora os estudos de exposição aos SWCNTs tenham sido criticados devido à alta dose e à via de exposição, os estudos levantam preocupações sobre o **potencial risco de câncer devido a exposições ocupacionais e ambientais** com as partículas, que podem ter propriedades físicas semelhantes às fibras de asbestos (SARGENT et al, 2009, grifo nosso).

Citação 5

Parece que há, em relação ao nanotubo de carbono, uma postura de cautela ou uma espécie de 'presunção de culpa'. Se A é sabidamente tóxico e B tem 'propriedades compartilhadas', 'propriedades toxicológicas semelhantes' ou 'semelhança potencial', então B é potencialmente tóxico. É interessante notar que há uma ampliação da dimensão do problema. O esquema da Figura 13 ajuda na visualização.

Figura 13 - Extrapolação dos problemas em pulmões de ratos até os trabalhadores.



Se, na citação 1 foram apresentados os riscos dos nanotubos de carbono para os pulmões dos ratos, na citação 2 foram apontados os efeitos maléficos para os ratos de modo mais amplo, não apenas “no pulmão”, mas “**uma resposta semelhante àquela associada à exposição a determinadas fibras de asbesto**”. Já a citação 3 não faz referência a nenhum estudo para afirmar que tem semelhanças ao asbesto – toma essa característica com um fato, um dado, não como uma analogia que foi sendo constituída na literatura, mas como algo que é da 'natureza' do nanotubo de carbono.

Já a citação 4 aponta para a formação de 'granulomas' de modo amplo, não apenas de rato. Nessas duas últimas citações, os autores fazem a passagem do laboratório para a 'sociedade' e essa passagem é ainda mais evidente na última sentença (citação 5), pois o autor parte do laboratório (alguns estudos com camundongos) para o mundo dos milhares de trabalhadores que sofreram, e ainda sofrem, com os

problemas relacionados ao asbesto. Nesse processo, é o caminho que o nanotubo de carbono, entendido como um material arriscado, percorre para se tornar mais fato, que é observado. Ou seja, as citações vão sendo incorporadas em outras citações e possibilitando que o nanotubo de carbono como um material arriscado possa ser performado.

As sentenças que apresentam a relação entre nanotubo de carbono e asbesto como materiais similares foram se constituindo como um fato, como algo que deixa de ser uma presunção de similaridade morfológica e passa a ser entendido como um material que pode provocar câncer nos trabalhadores, da mesma forma que é o asbesto. O que vimos é a relação entre asbestos e nanotubo de carbono deixando de ser ficção e se constituindo como um fato, no sentido dado por Latour (2001). Nestes casos, as citações 3, 4 e 5 reforçam a citação 1 e 2 e, retrospectivamente, a citação 1 e 2 tornam-se 'mais fortes' quando tomadas em conjunto com as citações 3, 4 e 5.

A terceira forma pela qual o asbesto é mobilizado é como um caso problemático que não pode ser repetido. O '*asbesto case*' se refere a como um material que foi amplamente utilizado se mostrou, depois de muitos prejuízos ambientais e para saúde, como um material perigoso.

O asbesto traz o histórico de ter sido amplamente usado antes que se comprovasse seus efeitos nocivos, ou seja, ele foi usado antes que se tivesse certeza sobre sua segurança, algo bastante compreensível e de certa forma esperado, já que se trata de um elemento que teve seu auge com o processo de industrialização do século XX, período em que análises de risco não estavam desenvolvidas. Além disso, uma das características que faz com que o asbesto seja um caso sempre a ser lembrado para discutir questões relativas a problemas de riscos ocupacionais é que, tal como informado anteriormente, o período de latência de algumas doenças a ele associadas é alto.

Dessa forma, quando se encontram sinais de não toxicidade, ou se considera que a toxicidade do nanotubo ainda não está muito bem definida, pode-se também recorrer ao caso do asbesto como exemplo de material 'milagre' que se mostrou 'material assassino'. A advertência feita por Service (2004) na revista *Science* é esclarecedora: "O que se quer evitar é a repetição da experiência com o asbesto, que passou de uma fibra 'milagre', para um material 'assassino' que provocou muita dor de cabeça e foi condenado a pagar indenizações multimilionárias". Outros autores teceram comentários no mesmo estilo:

Para o momento, não seria ruim se [o nanotubo de carbono] fosse tratado, por aqueles que o usam,

como se fosse asbesto (SEATON, 2006).

(...) a experiência do passado com materiais "milagres" (como por exemplo, asbesto), recomenda ter cautela na utilização de substâncias novas, sem avaliar plenamente os potenciais riscos à saúde (TSUJI ET AL, 2006).

Quando se mobiliza o asbesto dessa forma, sugere-se que não basta fazer a análise de riscos mas que, também, é necessário “provar” que ele é 'seguro'. A discussão se desloca não simplesmente para a prova de segurança, entendida como a falta de riscos definidos, mas novamente para a presunção de 'culpa'. Ao aproximar o nanotubo de carbono ao asbesto assume-se um pressuposto como factível: que o nanotubo de carbono possa vir, num futuro próximo ou não, a se constituir como tóxico. Não ser tóxico no presente não significa que ele não possa ser tóxico no futuro. O entendimento, de cientistas, de que o nanotubo de carbono pode vir a ter um comportamento similar ao asbesto, levou com que o EPA e DEFRA o tratassem como material perigosos e exigisse a notificação para seu uso.

É possível afirmar que o asbesto é um ponto de passagem na constituição do nanotubo de carbono como potencial fonte de riscos. É um elemento central, um **nó forte** na constituição do nanotubo de carbono como risco. O que a relação com o asbestos consegue promover é uma espécie de encurtamento *da distância* entre riscos e nanotubos de carbono. Ou seja, essa relação possibilita uma compressão ou faz uma ligação mais direta e rápida de algo que poderia demorar mais a ser estabelecido. Para Latour: “A história da tecnociência é, em grande parte, a história dos recursos espalhados ao longo das redes para acelerar a mobilidade, a fidedignidade, a combinação e a coesão dos traçados que possibilitam a ação à distância” (2000, p. 424). O asbesto acelerou a mobilidade do nanotubo de carbono, como apontado anteriormente, ele encurtou a distância entre ratos e trabalhadores, ou entre estudos toxicológicos de laboratórios e normas para o ambiente de trabalho.

O asbesto é, na concepção da teoria ator-rede, um recurso, um **aliado, ou mesmo um ponto de passagem obrigatório**, que ajuda na coesão da rede do nanotubo de carbono como uma tecnologia arriscada.

5 RISCOS: DIFERENTES QUESTIONAMENTOS E DIFERENTES RESPOSTAS

O objetivo deste capítulo é discutir como a constituição dos riscos dos nanotubos de carbono, tal como apresentado no capítulo anterior, repercute em agências regulamentadoras e em algumas indústrias químicas. No decorrer da tese, discutiu-se sobre critérios de validação de verdades e sobre como cientistas constituem o nanotubo de carbono como um risco. Até agora, lançou-se o olhar sobre a constituição dos riscos nos artigos científicos. Na análise realizada, evidenciou-se a indicação, feita por diferentes cientistas, de realização de avaliações antecipadas sobre os riscos da nanotecnologia. O trecho abaixo, de Vicki Colvin, conhecida toxicologista da Universidade de Rice, publicado na revista *Nature* (2003), é ilustrativo:

Neste novo século, as tecnologias emergentes enfrentam um público mais cético e mais exigente. Não apenas os benefícios [da nanotecnologia] devem estar claros para a sociedade, mas cientistas e engenheiros precisam também antecipar e caracterizar os potenciais riscos associados à sua implementação. (...) Embora seja um desafio avaliar os riscos dos nanomateriais engenheirados, antes que seus usos comerciais estejam bem definidos, a pesquisa pró-ativa é fundamental para garantir a sustentabilidade da indústria da nanotecnologia. (COLVIN, 2003, p.1169)

A preocupação de importantes cientistas ao enfatizar a necessidade de pesquisas antecipatórias sobre os riscos da nanotecnologia chama atenção, já que aponta para uma prática científica que considera o impremeditado no fazer científico.

Embora se entenda, para fins desta tese, que os cientistas sejam os principais atores na validação de um risco tecnológico, é importante ressaltar que existem diversos outros atores que participam dessa constituição. Seguindo a perspectiva da teoria ator-rede, seguiu-se a performance do nanotubo de carbono como um material arriscado. Neste capítulo, busca-se apresentar de que forma agências governamentais e iniciativa privada discutem a regulamentação das nanotecnologias, mostrando que as diferentes propostas de regulamentação estão relacionadas a diferentes percepções sobre as análises de riscos. Várias

organizações vêm discutindo sobre os riscos das nanotecnologias e a necessidade de regulamentação (ver por exemplo, ETC Group, 2003; Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2004; Friends of the Earth Australia, 2006; Miller and Senjen, 2008; Standing Committee on State Development, 2008; Royal Commission on Environmental Pollution, 2008; EPA 2007; EPA 2008; DuPont & EDF 2007).

As discussões são apresentadas considerando a abordagem de duas agências governamentais, o EPA, dos Estados Unidos e a Royal Society and Royal Academy of Engineering, do Reino Unido, bem como a de uma empresa privada, a DuPont. A EPA e a Royal Society são utilizadas na pesquisa por serem as agências que têm contribuído fortemente para promover a discussão sobre riscos na nanotecnologia. A EPA, tal como já apontado no Capítulo 3, é, desde a década de 1960, uma agência que influi nos padrões e critérios sobre análise de risco em várias agências de outros países. Já o relatório de junho de 2004 publicado pela Royal Society é um marco na discussão sobre governança antecipatória de novas tecnologias (ver MACNAGHTEN E GUIVANT, 2010). Da mesma forma, a DuPont é usada como um caso para nosso estudo, pois é uma indústria química que desenvolve produtos com nanotecnologia e adota uma postura antecipatória perante os riscos da nanotecnologia, assumindo a conduta de não utilizar nanotubos de carbono em seus produtos até que a empresa tenha mais clareza sobre os riscos desse produto. Ainda que de modo mais breve, será apresentado também o posicionamento da indústria química Bayer e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

Frente aos desafios que a nanotecnologia oferece a cientistas, indústria e políticos, as respostas para o enfrentamento desse desafios variam bastante. Na análise sobre discussão dos riscos do nanotubo de carbono e regulamentação da nanotecnologia, realizada nesta tese, verificou-se que há uma ampla gama de possibilidades. Com o intuito de categorizá-las, são indicados três tipos de respostas identificadas entre cientistas e organizações na discussão sobre os riscos da nanotecnologia. Essas respostas vão da negação dos riscos ao entendimento de que a ciência é essencialmente contingente e, por isso, os riscos são impremeditados, passando por respostas mais tradicionais na avaliação e comunicação de riscos.

Como mencionado no Capítulo 3, Guivant (1998) analisou a trajetória das análises de risco, e explica que foi principalmente a partir dos anos 60 que as análises de risco quantitativas passaram a ser desenvolvidas por várias disciplinas. Agências regulatórias como a EPA,

a Occupational Safety and Health Administration (OOSHA) e a Food and Drug Administration (FDA), se tornaram parâmetro para agências regulatórias de todo o mundo ao adotarem tais abordagens. Essas abordagens seguem a análise de risco na perspectiva técnico-quantitativa, sendo o risco considerado como:

(...) um evento adverso, uma atividade, um atributo físico, com determinadas probabilidades objetivas de provocar danos, e pode ser estimado através de cálculos quantitativos de níveis de aceitabilidade que permitem estabelecer *standards*, através de diversos métodos (predições estatísticas, estimação probabilística do risco, comparações de risco/benefício, análises psicométricas) (GUIVANT, 1998, p. 2)

Para essas abordagens, o grande desafio é comunicar os riscos aos leigos, que tendem a ser descritos como receptores passivos, que percebem os riscos de forma não-científica, não-informada e até mesmo irracional. Assim, nessa perspectiva, se distancia os riscos percebidos pelo público dos riscos reais calculados pela ciência.

Os leigos tendem a ser identificados como receptores passivos de estímulos independentes, percebendo os riscos de forma não científica, pobremente informada e irracional. Com a informação supostamente comunicada de forma neutra e objetiva, os leigos superariam resistências ou posições obscurantistas. O pressuposto é de que as pessoas melhor educadas e melhor informadas são as mais favoráveis às inovações científicas e tecnológicas (GUIVANT, 2006).

Em trabalhos mais recentes, como os de Guivant & Macnaghten (2009 e 2011), tem sido destacado que as análises de risco, desenvolvidas por agências regulatórias, vêm incorporando outras variáveis, como: o público é percebido como um ator social, a ciência como uma das possíveis narrativas sobre os riscos, e o entendimento de que o consumidor deve ser ouvido desde o início do processo da negociação sobre as percepções de riscos das novas tecnologias. Entre as agências e empresas privadas, há diferentes abordagens sobre a forma como percebem a relação com o público, com a ciência e, de modo mais

amplo, com a análise de risco. Assim, divide-se a análise em três categorias que representam diferentes percepções sobre análise de risco.

5.1 A NEGAÇÃO DE RISCOS: OU “SE EU NÃO SEI QUAIS SÃO OS RISCOS, O MELHOR É IGNORÁ-LOS”

Mesmo não sendo focado na discussão sobre percepção de riscos entre cientistas e agências regulamentadoras no Brasil, o percurso da presente pesquisa levou a vários indicadores que permitem afirmar que há uma negação sobre os riscos da nanotecnologia de maneira geral, e do nanotubo de carbono de maneira específica, entre os pesquisadores brasileiros. Esses indicadores são: o limitado número de artigos publicados em periódicos nacionais ou de pesquisadores brasileiros entre os autores de artigos analisados; e a ausência de normatizações ou pareceres das agências regulamentadoras.

No 'Livro Verde da Ciência e Tecnologia: o avanço da ciência e do conhecimento', lançado pelo MCT no ano de 2001, no segundo capítulo, 'Avanço do conhecimento', há uma seção dedicada à nanotecnologia e à nanociência. Inicia-se com uma conceituação sobre o que é nanotecnologia, focando na escala para designar suas características⁴².

O documento não menciona possibilidades de riscos da nanotecnologia, tampouco é mencionado se é uma tecnologia segura. Embora esta discussão não esteja em pauta, há afirmações claras de que a nanotecnologia não altera as propriedades químicas dos compostos: “A nanotecnologia possibilita melhorar as propriedades dos materiais **sem alterar sua composição química**, ou seja, embora as mesmas moléculas (ou grupos de átomos) continuem presentes, seu arranjo ou disposição espacial pode ser diferente (...)”⁴³, (MCT, 2001, grifo nosso, p.79).

Além disso, no texto, é estabelecida a relação entre nanotecnologia a uma possibilidade maior de domínio da natureza, uma vez que associam a nanotecnologia a processos que ocorrem naturalmente na biologia; assim, o domínio das técnicas que empregam a nanotecnologia seria também o domínio da natureza. No trecho a

⁴² Essa conceituação foi apresentada na introdução de nossa tese, p. 29.

⁴³ Esse entendimento é diferente da EPA e da DEFRA, que exigem notificações de empresas que usam nanotubo de carbono, por exemplo, por entenderem que, mesmo sendo do mesmo material que outros produtos na escala métrica, em escala manométrica as propriedades químicas são alteradas.

seguir, essa relação é explícita:

(...) a maioria dos fenômenos em biologia molecular ocorre na nanoescala, o uso das técnicas de nanociências em biologia leva a um entendimento mais profundo de como a **natureza funciona e sobre possíveis formas de controlar seu desempenho**. (MCT, 2001, p.80, grifo nosso)

No mesmo capítulo do livro, são apresentados quadros mostrando as diversas áreas e no que se destacam em termos de avanços e desafios em seu campos de conhecimento. Nos quadros da física e da química, há menção à nanotecnologia. E, em ambos, é apontada a mesma relação, na qual se almeja o domínio da natureza.

Mas é na apresentação do quadro intitulado 'A fábrica do futuro' (Figura 14), que a relação entre nanotecnologia e natureza discutida aqui se torna mais evidente. E ainda se amplia a ideia de nanotecnologia como algo revolucionário.

Figura 14 - Quadro 'A fábrica do futuro', do 'Livro Verde da Ciência e Tecnologia'.

Quadro 8
A fábrica do futuro

As técnicas de fabricação de que dispomos são ainda muito primitivas, se comparadas àquelas da natureza. O fio de uma teia de aranha, por exemplo, tem a resistência de um fio de aço do mesmo diâmetro, mas é muito mais flexível. A produção do fio de aço exige uma seqüência complexa e custosa de fabricação. Da extração do minério de ferro até o produto final, o processo de fabricação é caro, demorado, consome uma quantidade enorme de energia e é altamente poluente. Comparemos esta seqüência de etapas de fabricação com a simples produção do fio da teia de aranha: silencioso, limpo e eficiente. Qual a diferença? A glândula da aranha que produz o fio manipula quase que diretamente os átomos que constituem suas moléculas. Ela emprega uma técnica de fabricação extremamente sofisticada, manipulando a matéria de "baixo para cima", isto é, dos átomos e moléculas invisíveis para o produto final, visível. Esta técnica é aquilo que os cientistas chamam de nanofabricação: a montagem de materiais e dispositivos átomo por átomo, molécula por molécula. Já nossas técnicas metalúrgicas, herdadas da antigüidade e aperfeiçoadas pela ciência mais recente, são extremamente cruas e manipulam a matéria, por assim dizer, de cima para baixo, do visível (material) para o invisível (átomos). A ciência moderna ambiciona, cada vez mais, imitar a aranha em lugar de imitar a forja de Plutão, o mítico deus da antigüidade que forjava metais em meio ao barulho e calor de sua siderúrgica primitiva.

As máquinas do futuro empregarão mais componentes miniaturizados e materiais produzidos por técnicas que se aproximarão, progressivamente, daquelas empregadas pela natureza, por exemplo, na "produção" de uma formiga. A formiga é uma pequena "máquina" que se autoconstrói, dotada de sensores químicos e eletromagnéticos poderosos, atuadores mecânicos potentes, capaz de se locomover e identificar onde precisa atuar para conseguir os resultados desejados. Mesmo nossas melhores máquinas são ainda primitivas, se comparadas à sofisticação de uma formiga, e precisam ser construídas com enorme paciência e alto custo. Como na produção da formiga, o objetivo da nanofábrica do futuro é produzir máquinas que se autoconstruam, que se montem e se reparem sozinhas.

Para chegar lá, o nosso conhecimento da natureza ainda precisa avançar muito. Pesquisas multidisciplinares em física, química, biologia, engenharia de materiais, computação, matemática serão necessárias para que os processos de manufatura de artefatos humanos se aproximem em eficiência ao uso de matérias-primas e energia, na preservação do meio ambiente e na engenhosidade daqueles empregados pela natureza na produção de seres vivos. As próximas décadas prometem ser fascinantes na busca de soluções para esses problemas.

Fonte: BRASIL, 2001.

A natureza é representada como uma máquina perfeita que deve servir como modelo para a ciência. Há uma forte aproximação da nanotecnologia com cenários de ficção científica, que fica evidente com

a menção às nanomáquinas que se auto-reproduzem. Essa relação aponta para um entusiasmo ingênuo; na medida em que as máquinas se auto-construiriam, o 'domínio' da natureza que se deseja com a nanotecnologia seria concedido às máquinas e não aos humanos. Esse sentido mítico e futurista alimenta a fobia sobre a nanotecnologia, na medida em que a relaciona a cenários irreais de auto-reprodução. É, de certa forma, surpreendente que tais afirmações estejam em documentos oficiais do governo brasileiro. Ainda que o documento tenha sido escrito em 2001, período em que predominava uma visão mais 'revolucionária' das nanotecnologias (ver AMORIM, 2008), em nenhum outro relatório governamental identifica-se uma visão tão otimista e, ao mesmo tempo, tão ingênua sobre as possibilidades da nanotecnologia. Isso de certa forma mostra o isolamento da comunidade científica brasileira frente aos debates sobre nanotecnologia⁴⁴.

Outro exemplo de negação dos riscos da nanotecnologia foi dado pela Bayer, indústria química sediada na Alemanha, que em 2009 inaugurou uma fábrica com capacidade de produção de 200 toneladas de nanotubo de carbono ao ano. Num dos encartes publicitários da Bayer é apresentada a ilustração da Figura 15, com a seguinte frase em destaque:

Nanotubos de carbono não só melhoraram o desempenho de baterias de lítio e são utilizados em células de combustível, mas também aumentaram a produção de energia de turbinas eólicas. Agora os Baytubes® da Bayer MaterialScience podem até mesmo aumentar a eficácia dos esforços para proteção do clima. A produção de alumínio quase tão duro quanto o aço permitirá construções ultra-leves, que gerarão economia de combustível em carros e aviões (BAYER, 2010).

Este encarte publicitário, chamado 'Research', apresenta ainda uma breve entrevista com Dr. Uwe Vohre, reproduzida, a seguir, na íntegra.

⁴⁴ Um exemplo desse isolamento foi observado no evento Nanomed, na Universidade Federal de Uberlândia, no ano de 2007, em que, em uma das conferências, a autora desta tese presenciou o palestrante explicando que o uso do nanotubo de carbono é algo absolutamente seguro uma vez que é feito da matéria prima mais abundante na natureza: o carbono.

Figura 15 - Encarte publicitário da Bayer.



Fonte: BAYER, 2010.

Nanotubos de carbono podem ser prejudicial à saúde?

Infelizmente, não existe uma resposta universal para essa pergunta, porque nem todos os nanotubos são os mesmos. Entre os produtos fabricados, há uma diferença muito grande, por exemplo em termos de comprimento e diâmetro dos tubos, ou dos catalisadores utilizados na produção. **Para Baytubes®, no entanto, a pesquisa atual mostra que o risco para o homem e para o ambiente a partir de aglomerados CNT pode ser descartado quase que inteiramente.** Um toxicologista nunca diria que o risco é zero, porque até mesmo **o sal de mesa pode ser tóxico se você consumir grandes quantidades do mesmo.**

Quão seguros são os produtos contendo nanotubos? Os nanotubos são firmemente ligados a compósitos de plástico. Não encontramos

quaisquer partículas de nanotubos livres em quaisquer dos produtos (BAYER, 2010, grifo nosso).

A Bayer, através do discurso do cientista, busca relacionar o nanotubo de carbono à proteção ambiental. Afinal, quem poderia se opor a um elemento químico que amplia a energia eólica e permite a fabricação de carros e aviões que gastam menos energia? Já o recorte da entrevista com o pesquisador, que é apresentado como "um *expert* em caracterização de Nanotubos de Carbono e pesquisador de segurança da Interfacial Engineering and Biotechnology (IGB) de Stuttgart", relaciona a possível toxicidade do nanotubo de carbono à toxicidade do sal de cozinha. Essa relação beira o absurdo, na medida em que reproduz um discurso vazio do 'tudo tem riscos' e, por 'tudo' ter risco, não há o que fazer, a não ser se resignar.

Certamente, há outras indústrias, setores governamentais e cientistas que poderiam ser enquadrados neste tipo de entendimento, mas considerando que esta pesquisa focou na constituição do nanotubo de carbono como um risco, foi seguido um fluxo que a distanciou de outros possíveis exemplos. Se outro caminho tivesse sido percorrido, como por exemplo discutir o fato de que o nanotubo de carbono é um material que apresenta possibilidades para a limpeza das águas subterrâneas, possivelmente seriam encontradas mais citações como essas.

5.2 OS RISCOS EXISTEM; NÓS NÃO SABEMOS AO CERTO QUAIS SÃO, MAS LOGO DESCOBRIREMOS

Essa é a postura assumida por grande parte dos cientistas que tiveram seus artigos analisados nesta investigação, como foi exposto no capítulo anterior. Muitos destes artigos terminam com a frase "é necessário mais pesquisas para que se chegue a resultados mais conclusivos".

Era esperado que pesquisadores indicassem a necessidade de mais pesquisas, até por que isso significa mais investimentos em suas próprias atividades.

Também é compreensível que os pesquisadores defendam que, com mais dados de pesquisas, mais conhecimentos, poderia se saber mais sobre o que atualmente não se sabe. Mas, do ponto de vista da análise sociológica essa postura apresenta algumas limitações. A primeira delas é que há o entendimento de que a produção do

conhecimento se daria de forma cumulativa. Se essa afirmação não pode ser considerada errada, já que o conhecimento é realmente cumulativo, também não pode ser considerada totalmente certa, uma vez que o conhecimento não é uma linha contínua do não saber ao saber. A ideia do conhecimento como um vetor que é retroalimentado pela própria produção do conhecimento, tal como é apresentado por Latour (2008) e discutido aqui em capítulos anteriores, é uma ideia mais interessante para este propósito. Pensar no conhecimento como uma retroalimentação é entender que a produção do conhecimento não modifica apenas o conhecimento do presente, mas, retrospectivamente, também modifica o que se conhecia no passado. No capítulo anterior, esse processo foi discutido ao se analisar as modificações que foram se processando no artigo de Warheit (2004), o qual mostrava o nanotubo de carbono como um potencial risco e um potencial não risco, e, na medida em que a ideia de risco do nanotubo de carbono foi sendo consolidada, o artigo de Warheit foi sendo apresentado concomitantemente a outro artigo que 'provava' os riscos do nanotubo de carbono.

Da mesma forma, a ideia de que as pesquisas possam conduzir, no futuro, a respostas que não se tem hoje, está também relacionada à ideia de que a ciência é o espaço das respostas definitivas. Assume-se que não se sabe no presente, mas não se assume a ciência com suas incertezas inerentes. Essa perspectiva é, em parte, encontrada no documento de 2004 produzido pela EPA, que, naquele ano, iniciou um estudo para examinar os potenciais riscos ambientais da nanotecnologia e suas implicações. O resultado foi a publicação do *EPA Nanotechnology White Paper*, que neste capítulo será chamado de Relatório ou *White Paper*; um documento com 120 páginas que contou com a colaboração de 65 pesquisadores ligados à EPA. Na apresentação, é encontrada a seguinte afirmação:

Este documento descreve os problemas que a EPA deveria considerar para garantir que a sociedade se beneficie dos avanços na proteção ambiental que a nanotecnologia pode oferecer, e para compreender e avaliar os eventuais riscos da exposição ambiental aos nanomateriais (EPA, 2007, p.viii).

Chama a atenção o enfoque dado às possibilidades de proteção ambiental que a EPA aponta como uma possibilidade de uso da nanotecnologia. Assim, a nanotecnologia é mostrada tanto com um

potencial perigo que deve ser estudado, como um material com potenciais para a mitigação de danos ambientais. Ainda que, ao apresentar o conceito de nanotecnologia, se utilize a definição do NNI, que enfatiza as características de escala de medida:

Nanotecnologia é pesquisa e desenvolvimento tecnológico a nível atômico, molecular ou macromolecular utilizando uma escala de comprimento de cerca de 1-100 nanômetros em qualquer dimensão (EPA, 2007, p. 5).

O mesmo não acontece quando, no Relatório, se apontam os desafios que a nanotecnologia coloca ao EPA, como pode ser verificado no seguinte trecho:

Um desafio para a proteção ambiental é ajudar a realizar plenamente os benefícios sociais da nanotecnologia, identificando e minimizando os impactos adversos aos seres humanos ou ecossistemas da exposição aos nanomateriais. Além disso, precisamos entender a melhor forma de aplicar a nanotecnologia para a prevenção da poluição nos processos de fabricação atual e na fabricação de novos nanomateriais e nanoprodutos, bem como na detecção ambiental, monitoramento e *clean-up*. Este entendimento virá de informação científica gerada por atividades de pesquisa ambiental e desenvolvimento dentro das agências governamentais, universidades e setor privado (EPA, 2007, p.67).

Se compararmos esta citação com trechos analisados dos documentos da Royal Society ou da DuPont & EDF, os quais serão analisados adiante, são identificadas significativas diferenças. Enquanto para Royal Society o maior desafio localiza-se no entendimento dos riscos que estão presentes no desenvolvimento da nanotecnologia, para a EPA a ênfase é outra.

Em outro trecho, o relatório mostra a necessidade de receber apoio público, e afirma que, para que tal apoio seja efetivado, a comunicação sobre os impactos da nanotecnologia precisa ser efetiva, bem como a manutenção de um diálogo com o público.

Ganhar e manter a confiança e o apoio do público é importante para **realizar plenamente os benefícios sociais e comunicar claramente os impactos da nanotecnologia**. O desenvolvimento responsável da nanotecnologia deve envolver e incentivar um diálogo aberto com todas as partes interessadas sobre os potenciais riscos e benefícios. **A EPA está empenhada em manter o público informado sobre os potenciais impactos ambientais associados ao desenvolvimento de nanomateriais e suas aplicações** (Ibid, p. 58, grifo nosso).

O público é tomado como uma categoria homogênea que precisa ser informada para que entendam os benefícios da nanotecnologia, e essa perspectiva aponta para uma ideia de ciência *standard*. Não há discussões sobre o que se entende por público, bem como se assume uma crença de que mais informações leva a mais adesão à nova tecnologia. Essa postura recebeu diversas críticas (ver GUIVANT, 2006), as quais condenam a aceitação de que o entendimento público da ciência parta de um modelo em que o público apresente um déficit. No final deste capítulo será retomada a crítica que vem sendo desenvolvida a esse entendimento de ciência.

No último capítulo do relatório há uma série de recomendações sobre como fazer avaliação de riscos da nanotecnologia. Explica-se que há necessidade de se desenvolver uma abordagem multidisciplinar, mas a multidisciplinaridade é restrita às ciências 'duras', como pode ser observado na afirmação: "É necessário uma abordagem multidisciplinar, que envolva a física, a biologia e a química para entender os nanomateriais em um nível básico e como eles interagem com o ambiente" (EPA, 2007, p. 99).

No Quadro 5 encontra-se a reprodução do quadro com todas as recomendações que foram resumidas no relatório da EPA (2007). As recomendações são todas ligadas ao modelo quantitativo de análises de risco, e não há indicação sobre como os riscos podem ser diferentemente percebidos, bem como também não há discussões sobre as incertezas inerentes à ciência. O discurso presente se insere no modelo que acredita que a ciência deve estar na busca de certezas, que o 'gap' entre o que não se sabe sobre os riscos da nanotecnologia serão preenchidos com mais dados científicos.

Quadro 5: Recomendações do EPA

<p>Pesquisa para Aplicações Ambientais. A EPA deve realizar, colaborar e apoiar a investigação sobre os vários tipos de nanomateriais para melhor compreender e usar as informações sobre suas aplicações ambientais. Recomendações específicas de pesquisa para cada área são identificadas no texto.</p>
<p>Pesquisa de Avaliação dos Riscos. A EPA deve realizar, colaborar e apoiar pesquisas sobre os vários tipos de nanomateriais e nanotecnologias para melhor compreender e aplicar as informações relativas a:</p> <ul style="list-style-type: none">i) identificação e caracterização química,ii) os resíduos ambientais e métodos de tratamento,iii) a detecção e análise ambiental,iv) o potencial de exposição humana, a sua medição e controle,v) avaliação de efeitos à saúde humana,vi) avaliação dos efeitos ecológicos evii) a realização de estudos de caso para identificar a avaliação de riscos originais para nanomateriais.
<p>Prevenção da Poluição, Manejo e Sustentabilidade. A EPA deve envolver recursos e trocar experiências com indústrias de nanotecnologia para incentivar o desenvolvimento de nanomaterial que auxiliem na prevenção da poluição.</p>
<p>Colaboração. A EPA deve continuar a expandir suas colaborações em relação às aplicações de nanomateriais e potenciais implicações para a saúde humana e ambiental.</p>
<p>Grupo de trabalho Intra-Agência. A EPA deve convocar uma posição de grupo intra-agência para promover o compartilhamento de informações em matéria de avaliação de risco ou de atividades de regulação para os nanomateriais em escritórios dos programas e escritórios regionais.</p>
<p>Treinamento. A EPA deve continuar e expandir suas atividades de treinamento destinadas a Agência, cientistas e gestores sobre o potencial de aplicações ambientais e implicações ambientais da nanotecnologia.</p>

Fonte: EPA, 2007, p.92.

5.3 NÃO SABEMOS, TALVEZ NÃO SABEREMOS, MAS AINDA ASSIM TEMOS DE DECIDIR

A discussão apresentada nos documentos da Royal Society analisados, e, de certa forma, também o *framework* da DuPont e EDF, apontam para a necessidade de considerar a nanotecnologia e, de forma mais geral, a ciência, como ontologicamente portadora de incertezas. Nesse sentido, não se defende que há um 'gap' de informações que um dia será completamente preenchido com mais pesquisas, mas se sugere que a ciência e a produção de tecnologia carregam consequências impremeditadas. A discussão, nesse sentido mais amplo, não é novidade, pois ela há vem acontecendo a partir de debates anteriores sobre outros temas, como os Organismos geneticamente Modificados (OGMs) ou a doença da vaca louca (GUIVANT, 2001).

5.3.1 DuPont e EDF juntas na discussão dos riscos da nanotecnologia

A DuPont é uma indústria química que iniciou suas atividades em 1802 como uma indústria de explosivos e, 100 anos mais tarde, modificou seu ramo de atuação para produtos químicos e energia. Atualmente, possui fábricas em mais de 90 países, com aproximadamente 60 mil empregados e mais de 2000 pesquisadores. A DuPont comercializa produtos na área de agricultura, nutrição, eletrônica, comunicação, segurança e proteção, construção, transportes em outros. No ano de 2010, o seu faturamento foi de 34,2 bilhões de dólares. A empresa se apresenta como calcada em fortes princípios éticos, conforme se verifica no trecho da sua apresentação disponível no sítio da empresa:

Nossa capacidade de adaptação a mudança e nossa identificação com a interminável investigação científica, permitiu que a DuPont se tornasse uma das empresas mais inovadoras do mundo. Mas, em face da constante mudança, inovação e descoberta, os nossos valores fundamentais têm permanecido inalterados: compromisso com a segurança e saúde; gestão ambiental; comportamento elevado e respeito pelas pessoas.⁴⁵

⁴⁵ Informações disponíveis no endereço www2.dupont.com/Our_Company/en_US/glance/index.html. Acessado em 20/09/2011A.

No ano de 2005, o CEO da DuPont, Feed Krupp, e o presidente do *Environmental Defense*⁴⁶, Chad Holliday, escreveram uma matéria no *The Wall Street Journal* (WSJ) intitulada: *Let's Get Nanotech Right*. Na matéria, os autores afirmam que é necessário mais pesquisas sobre os riscos da nanotecnologia. Após apresentarem uma série de exemplos de tecnologias que se mostraram problemáticas depois de anos de uso, como o clorofluorcarboneto, que foi amplamente usado em refrigeradores antes que se encontrassem evidências de que é um gás prejudicial à camada de ozônio, os autores defendem que um exame aberto e inicial da nanotecnologia precisa ser feito antes que seus produtos sejam amplamente comercializados, e apontam ser essa conduta uma boa estratégia, não apenas para defesa da população, mas também para as empresas. Eles afirmam que:

Com a combinação certa de liderança empresarial, pesquisa coordenada e regulação, podemos colher benefícios desta tecnologia promissora e, ao mesmo tempo, reduzir a probabilidade de consequências não intencionais. (KRUPP & HOLLIDAY, 2005)

Também afirmam que, dados os riscos potenciais da nanotecnologia, mercado, indústria e universidades devem colaborar para determinar os testes necessários para os novos produtos da nanotecnologia. Acrescentam, ainda, que um esforço colaborativo deve ser desenvolvido para que se definam padrões provisórios para comercialização de produtos que contenham nanotecnologia, enquanto os padrões definitivos não tenham sido determinados. Propõem, também, que as empresas façam testes antes de colocarem produtos para comercialização. Finalmente, terminam a matéria com a seguinte afirmação:

Empresas e governo deverão ter novas abordagens para ter certeza de que os trabalhadores, consumidores, o público e o ambiente sejam adequadamente protegidos. No final, podemos resumir: podemos colher os benefícios e

⁴⁶ A EDF Environmental Defense Found é uma organização sem fins lucrativos com base nos Estados Unidos. Foi fundada em 1967, estabelece parcerias com o setor privado dos setores de ciência, economia e jurídico para criar soluções inovadoras para os mais sérios problemas ambientais. Mais informações podem ser obtidas no site www.edf.org.

minimizar os riscos? Acreditamos que sim. Os principais passos são identificar e enfrentar os riscos.(KRUPP & HOLLIDAY, 2005)

O interessante deste artigo é, em primeiro lugar, o fato de um representante da indústria química defender uma posição de cautela frente aos usos de uma nova tecnologia, alertando abertamente para a necessidade de que as indústrias façam testes preventivos. No artigo, se defende uma postura não de negar os riscos, mas de 'enfrentar', assumir que eles existem e procurar identificá-los. Outro ponto é a afirmação de que as inovações tecnológicas trazem em seu bojo consequências impremeditadas. E, ainda, que a indústria deve fazer testes antes que produtos sejam comercializados. Esta posição é importante, pois não é uma abordagem consensual, como apontado anteriormente (a Bayer trabalha com outro enfoque), e que resulta numa outra forma de lidar com os possíveis riscos dos nanotubos de carbono. Supõe-se que essa nova postura adotada recentemente por algumas indústrias, como a DuPont, esteja ligada à maior preocupação da aceitação do público de uma nova tecnologia e para evitar os conflitos como os relacionados aos OGMs. Como veremos adiante, a postura da DuPont é tratar o nanotubo de carbono como se fosse muito arriscado, tomando o exemplo do asbesto e propondo precauções no tratamento do nanotubo em suas pesquisas laboratoriais.

Desse artigo do *The Wall Street Journal* decorreu uma parceria entre a DuPont e o EDF para o desenvolvimento de um *framework* para os produtos com nanotecnologia⁴⁷. Iniciado em 2005 e publicado em maio de 2007, o *framework* foi desenvolvido com a colaboração de 47 pesquisadores. O documento de 104 páginas é apresentado como um esforço conjunto da EDF e da DuPont para assegurar o desenvolvimento responsável de materiais em nanoescala.

O que se segue é a nossa proposta para um quadro abrangente, prático e flexível do risco da nanotecnologia. Um processo sistemático e disciplinado para avaliar e abordar os riscos potenciais de materiais da nanoescala. O quadro oferece orientação sobre as questões-chaves que uma organização deve considerar no

⁴⁷ No framework é explicado que ele é resultado da parceria que decorreu entre o EDF e a DuPont após a publicação do artigo do jornal.

desenvolvimento de aplicações de tais materiais e sobre a informação crítica necessária para fazer avaliações de risco e as decisões de gestão de risco (DuPont & EDF, 2007 p.3).

Logo na introdução, a seguinte frase está em destaque:

Acreditamos que a aprovação do *framework* pode promover o desenvolvimento responsável dos produtos da nanotecnologia, **facilitar a aceitação do público** e apoiar a formulação de um modelo prático para políticas governamentais razoavelmente seguras à nanotecnologia (Ibid, p.6, grifo nosso).

Chama a atenção, além da óbvia preocupação com a “aceitação do público”, a crença de que uma atitude mais comedida, ou “responsável”, na terminologia utilizada, **levaria à aceitação do público**. É importante destacar que o *framework*, como o documento da EPA, anteriormente analisado, mostra uma preocupação com a aceitação do público, mas os encaminhamentos para que essa aceitação seja objetivada caminha por vias diferentes. Para EPA o importante está no ato de informar o público, numa perspectiva *deficit model*, como apontado anteriormente. Já o *framework* relaciona a aceitação do público com o 'desenvolvimento responsável da nanotecnologia'. Ou seja, nessa perspectiva, o público não é apenas informado, mas é considerado de uma forma mais atuante em relação a suas possíveis preocupações na agenda do debate sobre os riscos da nanotecnologia. Além disso, o *framework* objetiva auxiliar na formulação de políticas governamentais **razoavelmente seguras** para a nanotecnologia. Mas essa afirmação conduz às seguintes questões: o que se quer dizer com 'razoavelmente'? O que são 'seguras' e 'razoavelmente seguras'? O documento será discutido e, mais adiante, retornar-se-á a essas perguntas com o intuito de discutir se o *framework* realmente ajuda a responder essas indagações.

Ao apresentar o conceito de nanotecnologia, o documento associa seus potenciais benefícios a seus possíveis riscos:

A nanotecnologia é a concepção e manipulação de materiais em escala nanométrica de tal forma que surjam propriedades novas ou melhoradas. É uma nova área de conhecimento que promete um deslumbrante leque de oportunidades em áreas tão

diversas como a fabricação, energia, saúde e tratamento de resíduos. Mas, enquanto a capacidade de desenvolver nanomateriais e incorporá-los em produtos avança rapidamente, a nossa compreensão sobre o potencial dos efeitos dos nanomateriais no meio ambiente, saúde e segurança - e das maneiras mais eficazes para gerir tais efeitos - tem seguido em um ritmo muito mais lento. Devido às novas propriedades que emergem na escala nano, os nanomateriais podem exigir **mais e diferentes** estudos do que se precisou no âmbito dos sistemas de gestão de riscos tradicionais. E dado os enormes benefícios comerciais e sociais que potencialmente podem vir desta tecnologia, é provável que os nanomateriais, os produtos e outras aplicações que os contenham sejam amplamente produzidos e utilizados. Por isso, é especialmente importante compreender e minimizar os riscos potenciais (DuPont & EDF, 2007, p. 12, grifo nosso).

A primeira frase é padrão na apresentação e caracterização da nanotecnologia; na segunda vemos que são apresentadas com entusiasmo as suas possibilidades, ainda que de forma contida quando comparado com o *White Paper* da EPA, por exemplo. A terceira frase, por sua vez, inicia-se com uma conjunção coordenativa adversativa – ou seja, inicia com 'mas'. E, seguindo um 'mas', espera-se uma mudança de enfoque, e de fato, após o 'mas' se enfatiza a falta de precisão sobre os riscos da nanotecnologia. No final desse trecho, os benefícios da nanotecnologia são também colocados num espaço de potencialidades, e não de certezas. Isso, de certa forma, é surpreendente, pois outros documentos (EPA, 2007, 2009) apresentam os benefícios como dados e não como potenciais; aqui, contudo, tanto os riscos como os benefícios são colocados ainda no espaço da virtualidade, do porvir.

O *framework* é composto de seis etapas distintas, e é apresentado como uma obra em aberto que deve ser usada por empresas que usam nanotecnologia: “*desenvolvido para ser interativo, sendo modificado quando novas informações forem disponibilizadas.*” Isto também é relevante porque sugere a visão de ciência implícita no documento: uma ciência que é entendida como algo que precisa ser revisado permanentemente, e que assume como princípio a precaução. A seguir, reproduz-se o resumo de cada uma das etapas, para análise de cada uma delas.

Etapa 1. Descrever materiais e Aplicação.

Este primeiro passo apresenta uma descrição geral do nanomaterial e suas utilizações previstas, com base nas informações dos desenvolvedores ou na literatura. Estas descrições gerais configuraram as opiniões mais completas, na Etapa 2, das propriedades dos materiais, riscos e exposições. O usuário também identifica materiais similares e aplicações que podem ajudar a preencher lacunas de dados neste e outras medidas (DuPont & EDF, 2007, p.8).

Essa primeira etapa é bem generalista e sugere que as lacunas devam ser preenchidas com informações de materiais similares, prática corrente nas avaliações de risco de novos materiais.

Etapa 2. Perfil do(s) Ciclo(s) de Vida(s).

O segundo passo define o processo do desenvolvimento de três conjuntos de perfis - as propriedades dos nanomateriais, riscos inerentes, e exposições associadas em todo ciclo de vida do material. O primeiro perfil identifica as propriedades e caracteriza o nanomaterial em relação as suas propriedades físicas e químicas. O perfil de risco identifica e caracteriza o nanomaterial, os potenciais de segurança, saúde e os perigos para o meio ambiente. O perfil de exposição identifica e caracteriza as possibilidades para exposição humana ou ambiental ao nanomaterial, incluindo a exposição tanto através da utilização prevista ou pela liberação acidental. O usuário leva em conta o nanomaterial, o ciclo de vida completo de material de abastecimento, através de produção e uso, o fim de vida de descarte ou reciclagem? Ao fazê-lo, o usuário considera que as propriedades do material, os perigos, e as exposições podem mudar durante o ciclo de vida do material? (Por exemplo, por causa das interações físicas durante a fabricação ou uso, ou de mudanças químicas que possam ocorrer, uma vez que se rompe após a sua eliminação). A etapa sugere conjuntos de informações para orientar o desenvolvimento desses perfis. Várias condições (por exemplo, estágio de desenvolvimento, tipo de uso) vão influenciar a forma como um usuário pode completar os conjuntos de base, ou se um usuário pode incorporar informações adicionais para os perfis. **Todos os três perfis trabalham em conjunto; por exemplo,**

informações sobre a exposição podem sugerir que os riscos são mais importantes para investigar, ou vice-versa. Da mesma forma para o material e suas propriedades (DuPont & EDF, 2007, p.9, grifo nosso).

Nesse passo, o *framework* recomenda que os seus usuários (empresas que utilizam nanomateriais) façam descrições das propriedades dos nanomateriais, seus riscos inerentes, ou seja, riscos associados a suas propriedades físicas e químicas conhecidas, mas também em relação a todo o ciclo do produto, inclusive após o descarte. Em relação à exposição de trabalhadores, é indicado que se considere não apenas a exposição dentro dos padrões, mas também as possibilidades de exposição que decorrem de acidentes. Essa questão de se considerar os usos acidentais é interessante e remete para a percepção de que o imprevisto faz parte constitutiva do processo de análise de risco.

Etapa 3. Avaliar os riscos

Nesta etapa, todas as informações geradas nos perfis são revistas, a fim de identificar e caracterizar a natureza, magnitude e probabilidade de riscos apresentados por este nanomaterial especial e sua aplicação antecipada. Ao fazê-lo, o usuário considera lacunas nos perfis de ciclo de vida, prioriza essas lacunas e determina como lidar com elas – gerando dados pelo uso ou usando no lugar dos dados o “piores caso razoável” em suposições ou valores (Ibid, 2007, p.9).

Nessa etapa, começa a se apontar para uma das características bastante presente no texto, que é o caráter de revisão contínua dos processos. Outro ponto interessante é que, no caso de lacunas de informações, se deve tomar o 'piores caso razoável' como parâmetro de equivalência, o que aponta para uma atitude de precaução. E é exatamente o caráter de precaução que é enfatizado em outra parte no documento. Afirma-se: o *framework* delineia uma abordagem prudente ou de precaução, mas não se invoca explicitamente o 'princípio da precaução' neste documento. Explicam que o princípio da precaução é uma noção demasiadamente vaga e com diferentes interpretações; no entanto, afirmam que adotam um atitude de precaução, o que estaria bastante próximo ao que alguns autores entendem por 'princípio da precaução'. De fato, a atitude, tanto presente no *framework* como na

prática da própria DuPont, é de precaução, pois optou-se, por exemplo, por não usar os nanotubos de carbono em seus produtos até que as avaliações de risco fossem consideradas suficientes.

Etapa 4. Avaliar a Gestão de Riscos.

Aqui, o usuário avalia as opções disponíveis para gerenciar os riscos identificados na etapa 3 e recomendar um curso de ação. As opções incluem controles de engenharia, equipamentos de proteção, modificações de comunicação de risco, produto e/ou processo (DuPont & EDF, 2007, p.9)⁴⁸.

Essa etapa é a que se destina mais diretamente aos gestores sobre as decisões que serão tomadas frente às informações obtidas, e é enfatizada a importância de que se proceda modificações na gestão e comunicação de riscos, sempre que novas informações forem geradas.

Etapa 5 - Decisão, documentação e ação.

Nesta etapa, apropriada ao produto, o estágio de desenvolvimento, o usuário consulta com a apropriada revisão da equipe e decide se, ou em que medida, deve se continuar o desenvolvimento e produção. Consistente com um processo decisório **transparente**, o usuário documenta essas decisões e seus fundamentos e compartilha informações apropriadas com as partes interessadas, tanto internas e externas. O usuário pode também decidir que informações são necessárias e iniciar as ações **para recolhê-lo**. E o usuário determina o calendário e as condições que irão acionar as futuras atualizações e comentários da avaliação de risco e de gestão de risco de decisões para o nanomaterial ou produto contendo nanomaterial (Ibid, 2007, p.9, grifo nosso).

Na etapa cinco, se discorre sobre duas das características mais marcantes nesse documento, **revisão e transparência**, que são enfatizadas tanto na etapa 5 como na próxima, a 6. Aqui, novamente, é marcada a necessidade de compartilhar informações, tanto com o público externo como interno.

⁴⁸ O usuário é quem fará uso do *framework*, principalmente indústrias que trabalhem com nanotecnologia ou laboratórios que desenvolvam pesquisas na área de nanotecnologia.

Etapa 6 – Revisão e Adaptação

Através de revisões regulares, bem como opiniões disponíveis, o usuário atualiza e reexecuta a avaliação de risco, garante que os sistemas de gerenciamento de risco estão funcionando como esperado e adapta-se aos sistemas em face de novas informações (por exemplo, em relação aos dados de perigo) ou novas condições (tais como padrões de exposição novos ou alterados). Comentários podem ser desencadeados por uma série de situações (marcos de desenvolvimento, mudanças na produção ou utilização, ou novos dados sobre perigo ou exposição, por exemplo). Como na Etapa 5, o usuário altera não só os documentos, decisões e ações, mas também compartilha informações apropriadas com as partes interessadas. Através destes seis passos, o quadro procura guiar um processo de avaliação de risco e gestão que é prático, abrangente, transparente e flexível (DuPont & EDF, 2007, p.10).

Nessa etapa, chama atenção a ênfase na revisão, re-execução e readaptação dos sistemas frente a novas informações. É exatamente essa ênfase na mudança de práticas frente a novas informações que remete à ideia de reflexividade. Para Giddens, a capacidade de reformulação contínua de práticas sociais a partir de novas informações é constituinte do que ele designa como alta modernidade. E o que é proposto no documento, no plano científico, é exatamente essa ideia de que reformulação continua a partir de novas informações, advindas do público interno, fundamentalmente os cientistas que trabalhariam na execução do material que contenha nanotecnologia, mas também do público externo, como outros trabalhadores e usuários. Vejamos essas duas sentenças presentes no documento:

A equipe também deve considerar as questões mais amplas (...) **incluindo qualquer nova informação** sobre as regulamentações emergentes, e perspectivas do público e de trabalhadores (...) (Ibid, 2007, p.81, grifo da autora).

A essência desses comentários é que a equipe de revisão avalie novas informações que têm sido geradas ou emergiram, e que reavalie a adequação

do processo de gestão de risco para o material ou aplicação. Em outras palavras: a avaliação do risco atual precisa ser revista à luz das novas informações? E se forem: práticas atuais de gestão de risco precisam ser alteradas também? (DuPont & EDF, 2007, p.70).

O conceito de reflexividade de Giddens – que não está relacionado com a prática científica, e, sim, com as práticas sociais, de forma mais ampla – aponta para o caráter das práticas sociais na alta modernidade: "estas são constantemente examinadas e reformadas à luz de informação renovada sobre estas próprias práticas, alterando assim, constitutivamente, seu caráter" (1991, p. 45). Encontram-se várias semelhanças com as sentenças citadas acima. A ideia de reflexividade está presente no *framework*, ainda que não com esse nome, e o que a proposta da DuPont & EDF defende é uma prática científica mais reflexiva. Tal prática não está calcada apenas no desejo de uma política científica mais democrática; como é enfatizado no artigo publicado no WSJ, essa prática científica reflexiva é uma aposta para que a nanotecnologia tenha uma melhor aceitação dos consumidores e para que as empresas não percam investimentos ao lançar produtos que de pois tenham que sair de fabricação.

No relatório, a DuPont afirma que realizou três projetos de demonstração, com o objetivo de avaliar o *framework*, em relação à sua abrangência, praticidade e flexibilidade. Escolheram três nanomateriais com variação de composição, e de estágio de desenvolvimento das pesquisas. Os três principais resultados que a DuPont obteve após a aplicação do *framework* em três produtos encontram-se resumidos a seguir:

- a) DuPont™ *Light Stabilizer 210* para ser usado em filmes de polímeros e revestimentos para proteção dos efeitos nocivos do sol. Está próximo da disponibilidade comercial. Após avaliação de risco, foram selecionadas medidas de gestão de risco e decidiu-se pela comercialização do produto. O custo estimado do incremento do *framework* foi de aproximadamente 125 horas de trabalho de cientistas e 170 mil dólares em custos diretos para gerar dados de risco.
- b) O *nano-sized zero-valent iron* (nano-Fe0) para ser usado como reagente para descontaminar águas subterrâneas. O produto está sendo desenvolvido por uma série de fornecedores e, por isso, a DuPont não gerou uma planilha de saída total para

nano-Fe0. Em vez disso, a empresa utilizou o *framework* para identificar incertezas-chaves que devem ser abordadas antes de se prosseguir com a avaliação da aplicação. Foram identificadas algumas das principais preocupações de segurança - especificamente, riscos potenciais de incêndio que a DuPont não tinha previamente identificado. O custo total da implementação do *framework* nano-Fe0 foi de aproximadamente 40 horas de trabalho por cientistas experientes. Os custos foram limitados à coleta de informações existentes junto do fornecedor ou da literatura, analisando essas informações, e escrevendo o documento de decisão.

- c) O nanotubo de carbono – a DuPont está testando as propriedades dos nanotubos de carbono quando misturados com polímeros e isso terá diversas aplicações. A DuPont desenvolveu uma planilha de saída, mas não abordou todos os conjuntos de base com os dados porque o uso da empresa de nanotubos de carbono, neste momento, está em fase de pesquisa e desenvolvimento, com exposição potencial limitada aos trabalhadores do laboratório. No entanto, **adotou-se uma posição conservadora** - ou seja, que **entende que os nanotubos de carbono devem ser tratados como se fossem altamente perigosos**. O custo estimado para a conclusão da avaliação *framework* de nanotubos de carbono foi de 80 horas de trabalho de análise de engenheiros e US \$ 5.000 em custos diretos para uma revisão da literatura toxicológica (DuPont & EDF, 2007, grifo nosso).

Certamente, nos três casos apresentados pela DuPont, enfatiza-se as potencialidades do uso do *framework*, como, por exemplo, o relato da descoberta de efeitos perigosos do nano-Fe0. O alto custo é uma das limitações de sua adoção por mais empresas.

Do ponto de vista de nossa análise, é importante destacar a atitude prudente em relação ao uso do nanotubo de carbono pela DuPont. A opção foi por continuar as pesquisas com o intuito de ter mais dados antes de decidir pela produção ou não de materiais com nanotubo de carbono. A opção foi tratar o nanotubo de carbono como um material altamente perigoso, comparando-a ao asbesto, tal como demonstrado acima.

Há um caráter de provisoriedade nos resultados do *framework*. Se essa provisoriedade pode ser interpretada por setores da indústria como

uma limitação, do ponto de vista sociológico pode-se analisar como um aprendizado de setores da academia e da indústria sobre o caráter impremeditado da ciência. Como o artigo do jornal discutido anteriormente aponta, historicamente tem-se experimentos científicos e tecnológicos que foram concebidos como seguros e, depois, mostraram-se problemáticos; uma atitude prudente é uma atitude que pode levar a economia, tanto em termos ambientais, como financeiros, a gastos em indenizações, retiradas do produto e prejuízos à imagem da marca.

É retomada, agora, a discussão deixada em aberto no início do item – sobre a questão do 'razoavelmente seguro' – que é colocada na introdução do *framework*. Pode-se afirmar que não há uma resposta para essa pergunta, até por que ela não permite uma única resposta, mas uma gama de possíveis respostas. E o documento dá caminhos para estas respostas, primeiro ao assumir a necessidade de revisão contínua dos processos à luz de novas informações e, dessa forma, colocar o razoavelmente seguro como sendo constantemente negociado, por diferentes atores, ainda que esses atores tenham grau de relevância diferenciado, pois, como apontado anteriormente, a ciência é um forte nó da constituição da rede de nanotubo como uma tecnologia arriscada, e outros atores, como os trabalhadores, por exemplo, são partícipes da negociação sobre o que é ou não considerado seguro.

Além disso, se aponta para que, na falta de definições para se avaliar os riscos, se tome o 'pior caso razoável' como parâmetro; no caso do nanotubo de carbono o 'pior caso razoável' é o asbesto, que mesmo sendo uma fibra natural, há indicações de que tenha o comportamento semelhante ao nanotubo de carbono. A partir desse entendimento, o nanotubo de carbono é tratado pela DuPont como altamente perigoso.

5.3.2 Oportunidades e incertezas apontadas pela Royal Society

No Reino Unido, tem se dado um significativo espaço de atenção à regulamentação da nanotecnologia, sobretudo a partir da repercussão do relatório da Royal Society and Royal Academy of Engineering, intitulado *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties* e publicado no ano de 2004, que é amplamente citado e se tornou um marco na discussão sobre a necessidade de envolver o público na governança de novas tecnologias.

Como apontado na introdução, o relatório *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties* levanta a necessidade de se usar o termo nanotecnologia no plural, uma vez que sob o 'guarda-chuva' nanotecnologia se encontram diferentes produtos,

com características físicas, químicas e toxicológicas bastante diversas. Macnaghten (2009) explica que a publicação deste documento é um momento importante nos debates sobre tecnologias, uma vez que aponta que cientistas e políticas aprenderam com recentes experiências da biotecnologia e passaram a ver a importância da participação de cientistas sociais. Ainda assim o mesmo autor aponta, em outro texto (2005) que a questão do envolvimento público não está em todo o relatório e que a visão da participação pública é pouco problematizada. De fato, dos 20 cientistas que participaram da elaboração do relatório apenas dois estão mais diretamente ligados à discussão das Ciências Sociais, uma é filósofa e professora da universidade de Cambridge Onora O'Neill, o outro é o sociólogo Nigel Gilbert.

O relatório discute que haveria diferenças de toxicidade entre diferentes nanopartículas, bem como entre as partículas nano e as equivalentes em tamanho maior, como pode ser observado no seguinte trecho introdutório do relatório:

(...) as evidências sugerem que pelo menos algumas nanopartículas manufaturadas serão mais tóxicas por unidade de massa que aquelas com a mesma química, mas de maior dimensão. Essa toxicidade está relacionada à área de superfície das nanopartículas (que é maior com relação à sua massa que no caso das partículas maiores) e à reatividade química da superfície (que pode incrementar-se ou reduzir-se mediante o uso de uma dada película envolvente) (ROYAL SOCIETY, 2004, p. 8).

E diante dessa constatação sugere:

(...) recomendamos que os termos de referência dos comitês científicos consultivos (...) que considerem a segurança dos ingredientes que exploram novas e emergentes tecnologias como nanotecnologias, para o qual não há informações toxicológicas completas na literatura *peer-reviewed*, devem incluir a exigência de todos os dados relevantes relacionados com avaliações de segurança, e as metodologias utilizadas para obtê-los, e que deva ser colocado em domínio público (Ibid, p.44).

Mas o ponto que recebeu mais atenção no relatório foi a proposta para que se estabeleça um diálogo entre público e especialistas sobre as nanotecnologias. Tal diálogo não deve ser estabelecido no final do processo, com o objetivo de informar o público, como está presente na proposta da EPA, mas no decorrer de todo o processo, com o objetivo de desenvolver o engajamento do público na discussão da nanotecnologia:

(...) há uma oportunidade para se gerar um debate construtivo e pró-ativo sobre o futuro da tecnologia de agora, antes que as posições profundamente polarizadas apareçam. Nós concordamos fortemente com o diálogo e o debate público sobre os impactos sociais e éticos das nanotecnologias, e temos, portanto, recomendado que o governo inicie o financiamento adequado para o diálogo público em torno do desenvolvimento das nanotecnologias. (...) Nossa pesquisa destaca as atitudes do público sobre questões de governança como uma área. (ROYAL SOCIETY, p.88)

Já o relatório intitulado *Novel Materials in the Environment: The case of nanotechnology*, também da Royal Society, apresenta a contribuição de pesquisadores que, ao longo de 154 páginas, apresentam indicações sobre as implicações da nanotecnologia para o meio ambiente e a saúde humana. O relatório tem por objetivo:

(...) fornecer um *framework* para pensar e resolver preocupações sobre os impactos de novos materiais. Assim, nos capítulos 2 e 3, vamos explorar a extensão de novas substâncias que estão sendo implantadas, os caminhos plausíveis pelos quais elas podem entrar no ambiente, seus prováveis destinos ambientais em uso ou eliminação, bem como as possíveis consequências de sua liberação para esses destinos. No Capítulo 4, passamos a discutir que medidas seriam mais apropriadas para a gestão de tecnologias emergentes sob duas condições que colocam sérias restrições para qualquer forma de regulamentação. Primeiro, é a condição de **ignorância** sobre os possíveis impactos ambientais **na ausência de qualquer tipo de**

histórico para a tecnologia. Segundo, é a **condição de onipresença** - o fato de que as novas tecnologias não mais se desenvolvem em um contexto de experimentação local, mas surgem como sistemas globalmente difundidos - que desafia a aprendizagem de tentativa e erro e as tentativas de regulamentação nacional (ROYAL SOCIETY, 2008, p.16, grifo nosso).

Nessa apresentação, estão declaradas várias preocupações sobre os possíveis riscos da nanotecnologia e, se nos Capítulos 2 e 3, há uma atenção mais 'técnica', na medida em que buscam estudar o ciclo de vida dos nanoelementos para pensar sobre sua regulamentação, no último capítulo, sobre a gestão dessa nova tecnologia, o enfoque muda. No Capítulo 4, é exposta a tensão entre regulamentar algo que é desconhecido, mas que, mesmo sendo desconhecido, é amplamente usado, e desse uso decorre a necessidade de regulamentação mesmo se assumindo que não se sabe o suficiente para definir a regulamentação. Ou seja, a Royal Society assume que com a nanotecnologia se está diante de uma dupla dúvida, ou, como afirma Ulrich Beck, se está diante de numa situação em que 'não se sabe o que não se sabe' e que mesmo diante de tantas incertezas há necessidade de regulamentações, pois o que se tem de 'dados' é que a nanotecnologia está sendo amplamente usada. E se aponta que, mesmo não se sabendo dos riscos da nanotecnologia, não saber que não é arriscada não é o suficiente para que se a tome como segura; há, de certa forma, o que apontamos no capítulo anterior como uma 'presunção de culpa'. No primeiro capítulo, em que são apontadas questões chaves, há o seguinte texto:

Enquanto não houver eventos significativos que nos levem a supor que a contemporânea introdução de novos materiais é uma fonte de risco ambiental, estamos conscientes dos casos do passado, em que novos produtos químicos pensados originalmente para serem totalmente benignos, apresentaram altos custos ambientais e para a saúde pública. A lista inclui: amianto, pensado para ser material isolante térmico e que salvaria vidas por ser um material que retardaria a propagação do fogo, se mostrou causador de doenças pulmonares graves; clorofluorocarbonos, que foram pensados para serem totalmente inofensivos em uma variedade de aplicações,

incluindo refrigeração, isolamento e eletrônica, mas acabou por ter consequências muito negativas para a atmosfera (...). À luz de tais experiências passadas e com os resultados de pesquisas recentes nota-se que a agência de Meio Ambiente tem tomado, recentemente, a abordagem de precaução de classificar os resíduos que contenham nanotubos de carbono como perigosos. (ROYAL SOCIETY, 2008, p.26) ⁴⁹

É interessante ressaltar que há uma clara ênfase na questão de que precisamos aprender com as experiências passadas. Diante desses desafios o relatório aponta:

A solução para este dilema não é simplesmente impor uma moratória que impeça o desenvolvimento, mas que seja vigilante em relação às tecnologias inflexíveis que são mais difíceis de abandonar ou modificar do que as mais flexíveis. Assim, questões-chaves são o compromisso da sociedade para a tecnologia e quão difícil seria para remediar se problemas surgissem. Entre os técnicos e os indicadores sociais de inflexibilidade são: longos tempos de espera desde a idéia até a aplicação, intensidade de capitais (tais como o investimento em plantas grandes e equipamentos de alto custo); em grande escala de unidades de produção; principais requisitos de infra-estrutura; encerramento ou a resistência à crítica; afirmações exageradas sobre desempenho e benefícios; e arrogância. A esta lista pode-se acrescentar irreversibilidade, na forma de deliberação generalizada e descontrolada de substâncias no ambiente. (Ibid, 2008, p.98)

Diante desse duplo desafio, o relatório traz um último capítulo em que propõe várias ações, dentre elas o incentivo para que os cursos de graduação e pós-graduação e as sociedades profissionais ampliem suas abordagens multidisciplinares no domínio da nanotecnologia; que o

⁴⁹ Nesse trecho é citado o artigo de Poland, 2008, intitulado "Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. *Nature Nanotechnology*, 3, 423-428."

monitoramento dos nanomateriais seja ampliado pelas agências de proteção ambiental; e enfatizam que a gestão da nanotecnologia precisa ser desenvolvida para que seja adaptável:

(...) precisamos reconhecer o grau de ignorância e incerteza e o tempo que levará para responder a estas questões (na medida em que podem ser abordadas). Também precisamos desenvolver formas flexíveis e resilientes de manejo adaptativo que nos permitam lidar com situações difíceis, tais como as tecnologias emergentes (ROYAL SOCIETY, 2008, p. 54).

O relatório finaliza com a seguinte afirmação:

Recomendamos que é desejável ir além de 'projetos' *one-off* de engajamento público e reconhecer a importância de recolher 'inteligência social' contínua e da prestação de oportunidades para a reflexão em curso do debate entre público e especialistas, e vermos esse funcionamento como crucial se, como sociedade, estamos desenvolvendo novas tecnologias em face de muitas incertezas (Ibid, p.67).

O relatório questiona a ideia de lacuna de conhecimento:

(...) o próprio conceito de uma lacuna ou de '*gap*' tem uma falsa promessa de resolução, pois os dilemas que enfrentamos são, em última análise, sociais e políticos, tanto quanto científicos e técnicos (Ibid, p. 67).

Ao fazer esse questionamento, critica-se a ideia de que a ciência seria a resposta para solucionar os questionamentos que são mais amplos.

Entre os cientistas que desenvolvem pesquisas sobre os riscos associados à nanotecnologia, há também discussão sobre a necessidade de que a discussão sobre os riscos da nanotecnologia sejam entendidos como uma questão tanto política e social, como técnica e científica.

As discussões apresentadas pelo físico da Universidade de Canterbury na Nova Zelândia, Simon Brown, no artigo chamado '*Novo Déficit Model*' publicado em 2009 na *Nature Nanotechnology*, aponta

para a necessidade de uma nova abordagem mais reflexiva à ciência. Afirma que os pedidos de cientistas e agências regulamentadoras para que pesquisas apresentem mais dados sobre os possíveis impactos dos nanomateriais no meio ambiente e na saúde refletem uma incapacidade na aceitação do imprevisto que, de acordo com o físico, está invariavelmente associado a qualquer nova tecnologia. E defende que:

Uma governança eficaz das nanotecnologias emergentes vai exigir um reconhecimento desses fatores desconhecidos, uma regulamentação aberta e com abordagem adaptativa e coragem para tomar decisões (BROWN, 2009, p.610).

No texto, o autor critica o que ele designa de '*new deficit model*', ou seja, se o *deficit model* aponta que há entre o público e os cientistas uma “lacuna” de conhecimento, que tal lacuna deve ser preenchida com mais informações científicas, e que tais informações levariam o público a aceitar as novas tecnologias. No '*new deficit model*', a lacuna se encontraria entre os cientistas e deve ser preenchida com mais informações, mais dados, mais pesquisas. No lugar do *deficit model* ou do *new deficit model*, o autor propõe que se trabalhe na perspectiva de uma governança reflexiva:

(...) a governança deve ser reflexiva, no sentido de que, ao ser auto-consciente, será possível identificar falhas e adaptar-se ao abordá-los. Note que isto é muito diferente à ideia de que nós faremos extensa pesquisa antes de tentar governar - as pesquisas devem continuar em paralelo com o estabelecimento de qualquer novo regime de governança, ao longo do tempo, sempre em adaptação (Ibid, 2009, p.611).

Em outro momento, o mesmo autor, ao comentar um *post* no blog⁵⁰, do importante cientista Andrew Maynard, diretor por quatro anos do projeto *Emerging Nanotechnologies*, (PEN) já anteriormente citado, sobre as discussões acerca de regulamentação da nanotecnologia escreve:

⁵⁰ <http://umrscblogs.org/2011/04/15/why-we-don%E2%80%99t-need-a-regulatory-definition-for-nanomaterials>. Acessado em 20 de setembro de 2011.

É obviamente importante para tomar decisões com base nos dados científicos disponíveis, mas:

i) Na realidade, as leis e regulamentação, em geral, não são totalmente científicas (...) - a ciência ajuda, mas não elimina os outros fatores.

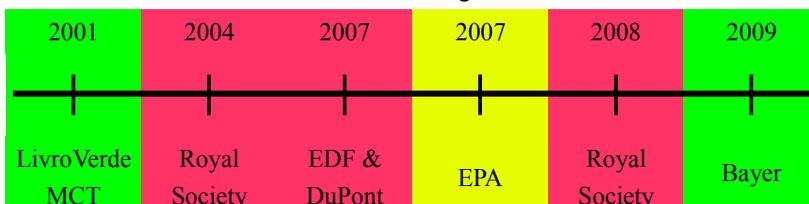
ii) em muitos casos, o estado da ciência é tal que nós simplesmente não sabemos o suficiente para ser capaz de tomar decisões precisamente calibradas. (...) Acho que é importante reconhecer que tais julgamentos necessariamente dependem de fatores não-científicos.

iii) Existe o perigo de que, confiando em dados científicos, ocorra uma espécie de paralisia por análise. Quando os fatos não são claros, ou são contestados, à espera de novos dados, podem efetivamente suspender todas as decisões, mesmo quando é claro que uma decisão pragmática é urgentemente e necessária.

Nesses trechos, está presente uma proposta de ciência mais reflexiva, que assume pressupostos que estão presentes nas discussões sociais sobre o conhecimento científico; tais discussões foram transpostas das discussões entre os cientistas sociais e ganharam espaço entre cientistas da área *'hard'*.

Neste capítulo, discorre-se sobre diferentes respostas que academia, governo e iniciativa privada dão sobre o entendimento dos riscos associados à nanotecnologia. Foi visto que diferentes entidades dão respostas diferenciadas para enfrentar as discussões sobre nanotecnologia e riscos, e que essas respostas vão desde a negação do risco até a discussão sobre a ciência e a sociedade. A figura abaixo representa as respostas das entidades que foram analisadas. Observou-se que essas diferentes respostas se dão em paralelo, não há uma 'evolução', mas uma situação complexa se desenha.

Figura 16 - Representação de diferentes respostas sobre os riscos da nanotecnologia.



É certo que, ao elencar três possibilidades de análise dessas entidades, corre-se o risco de não deixar transparecer as relações que concomitantemente existem nas perspectivas das entidades analisadas.

Ao se seguir a constituição do nanotubo de carbono como um material arriscado, verificou-se que tanto a perspectiva que assume que os riscos serão 'descobertos' por mais pesquisas científicas, quanto a perspectiva que assume que os riscos da nanotecnologia são constantemente negociados por diferentes atores, estão presentes na rede que constituiu o nanotubo de carbono como um material perigoso.

Conforme foi visto no quarto capítulo, os cientistas constituíram o nanotubo de carbono como uma tecnologia que apresenta riscos. Verificou-se que estavam receptivos a deixar que a face ontológica do nanotubo de carbono como um risco fosse performado. Assim, acredita-se que essa receptividade vista entre os cientistas se deva também a uma receptividade de agências regulatórias a incentivar o debate em torno dos riscos da nanotecnologia, e esse incentivo é também financeiro.

Muitos dos autores dos artigos estudados fizeram parte dos comitês de pesquisa que escreveram os documentos estudados, outros foram citados. Reforça-se, por fim, que a discussão sobre os critérios de validação de verdade sobre o que é ou não entendido como risco é uma discussão que não se encerra nos artigos científicos, mas que tem no artigo – entendido como espaço de materialidade das discussões acadêmicas – um forte aliado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao ler a ponderação de Latour, sobre o emprego da ANT como um trabalho de formigas⁵¹ e que se deve estar preparado para suportar atrasos, não era ainda possível supor que tal conselho seria tão acertado. Usar a teoria ator-rede, como o próprio Latour adverte, é sempre um grande desafio, já que a proposta é exatamente perceber as relações que são estabelecidas entre os atores. E estudar isto significa pisar em terrenos não muito sólidos, uma vez que não há uma estrutura explicativa prévia das relações entre esses atores e as explicações para as alianças entre eles devem ser feitas a partir do estabelecimento de tais relações. O desafio desta pesquisa foi estudar as relações que se estabeleceram e constituíram uma nova tecnologia como portadora de riscos.

O processo de produção desta tese é reflexo da escolha da metodologia empregada: a opção por estudar o nanotubo de carbono se deu em parte em função do referencial teórico adotado, uma vez que foi o nanotubo de carbono, ao receber atenção de diversos cientistas sobre as suas potencialidades de risco, que sinalizou ser um material relevante para se discutir a constituição de risco de uma nova tecnologia.

Usando a teoria ator-rede, seguiu-se os artigos sobre nanotubo de carbono e riscos desde a primeira vez em que a palavra nanotubo de carbono e risco estiveram presentes num mesmo texto acadêmico – o que se deu no ano de 2003, no artigo de divulgação da revista *Science*. A partir desse artigo, seguiu-se todos os outros artigos, observou-se o número crescente de artigos discutindo os riscos dos nanotubos de carbono, mas, mais que o número de discussões se ampliando, o interessante foi constatar que os cientistas retomavam os mesmos artigos e seus argumentos de formas diferentes, e, geralmente acrescentando mais força ao argumento inicial dado pelo artigo. Se o artigo de Warheit e colaboradores, de 2004, analisado no Capítulo 4, foi escrito de forma tateante entre risco e não risco, usando a terminologia da Annie Marie Mol, ele é portador de diferentes ontologias que coexistem e estão imbricadas. Como esclarece a autora: "Realidades alternativas não coexistem simplesmente lado a lado, mas são também encontradas dentro umas das outras" (MOL, 1999, p. 85).

O artigo foi sendo performado diferentemente no decorrer da

⁵¹ Ver citação no capítulo 4 página 115, em que Latour faz uma brincadeira relacionando a sigla da *actor network theory* com o vocábulo em inglês que significa formiga.

constituição do nanotubo de carbono como um risco e, ao mesmo tempo em que o nanotubo de carbono era performado como um risco, o artigo era performado como uma evidência de risco do nanotubo de carbono. Citou-se aqui o artigo de Warheit, de 2004, por ele ter sido foco mais direto desta análise, mas o mesmo processo aconteceu com outros artigos. Observou-se, nos artigos científicos, a passagem da aceitação do risco do nanotubo de carbono de um material que **pode** causar problemas em pulmões de ratos até um material que **causa** problemas à saúde humana. E isso não se deu apenas por acúmulo de conhecimento, mas uma retroalimentação do mesmo conhecimento. Ou seja, o argumento inicial recebia mais força no argumento seguinte, e isso não fortalecia apenas o argumento inicial, mas o modificava.

Seguindo a mesma trajetória do artigo de Warheit, o próprio nanotubo de carbono foi sendo performado e sua face de material que é portador de riscos se mostrou mais significativa. Quanto mais artigos mostravam que o nanotubo de carbono é um material que apresenta riscos, mais o nanotubo de carbono se configurava dessa forma.

A relação entre o asbesto e o nanotubo de carbono é um ponto central na constituição do nanotubo de carbono como um risco. Poderíamos tomar essa relação como uma aproximação entre dois materiais que são naturalmente similares, que tem naturalmente propriedades semelhantes e que, depois, várias pesquisas sobre os nanotubos de carbono 'descobriram' a semelhança. Mas, seguindo o referencial teórico adotado, afirma-se que a aproximação entre esses dois materiais não é nem natural nem construída: ela foi performada. Esta relação tem similaridades e distanciamentos 'naturais', e uma das similaridades é morfológica: os dois materiais têm alta relação tamanho versus comprimento – em linguagem leiga, são compridos e finos. Mais uma diferença entre os dois materiais é que, enquanto o asbesto é uma fibra natural, o nanotubo de carbono é um nanomaterial engenheirado, ou seja, é produzido em laboratório. Há aproximações e distâncias entre os dois materiais, então tanto a tese da semelhança, quanto a da diferença poderia ser a vencedora. Venceu a tese da similaridade, e tal tese se consolidou como verdadeira na medida em que mais e mais artigos eram publicados apontando que tal similaridade poderia ter tomada como real.

O que foi observado ao seguir os artigos científicos foi que essa aproximação foi constituída por ser representativa do que o nanotubo de carbono é e do que o asbesto é, e não apenas de como eles são representados. Ao mesmo tempo, ela só foi constituída em razão dos cientistas estarem previamente atentos às possibilidades de riscos dos

nanotubos de carbono, e tal atenção fez com que se procurasse outro material sabidamente tóxico para que a aproximação fosse feita.

O asbesto foi um forte aliado na constituição do nanotubo de carbono como um material que apresenta riscos, isto é, o asbesto é um ator não-humano que promoveu uma tradução com êxito dos anseios de outros atores e se tornou um 'ator-mundo': um ator que promoveu ligações entre diferentes atores da rede, conseguiu mobilizá-los e fez com que os outros atores ficassem mantidos na rede. O asbesto mobilizou novos atores, como os trabalhadores que sofreram com seus efeitos, as pesquisas em medicina do trabalho e o financiamento de pesquisa na área de saúde ocupacional. E por isto se tornou um ponto de passagem obrigatório na rede do nanotubo de carbono como um material que apresenta riscos.

Apontou-se que, frente aos desafios colocados pela nanotecnologia para cientistas, indústria e políticos, as resposta para o enfrentamento de tais desafios é bastante variada. Vai da negação do risco, como é o caso da indústria química Bayer; passa pelo entendimento de que os riscos da nanotecnologia serão respondidos com mais pesquisas, como é o caso do EPA, por exemplo; e chega ao entendimento de que a ciência é um conhecimento que traz em seu bojo consequências impremeditadas e, assim, o enfrentamento dos riscos da nanotecnologia passa pela proposta de uma ciência mais reflexiva. Tais perspectivas acontecem concomitantemente.

Nesta tese, procurou-se abrir a caixa-preta da constituição de um risco tecnológico: mostrou-se como as 'evidências' sobre o que é ou não é considerado risco parte de pesquisas de laboratório que são divulgadas em artigos científicos, mas, sobretudo, de como tais artigos são performados. Mais do que como eles são interpretados por outros cientistas, mostrou-se que os artigos científicos são traduzidos em suas conclusões a partir de novas informações produzidas. Assim, a 'descoberta' de que o nanotubo de carbono é um risco para os trabalhadores não aparece apenas no artigo A, que citou o artigo B, C e D. Mas os próprios artigos B, C e D vão sendo traduzidos e apresentados como evidência do que o artigo A quer destacar. Isto é, mostrou-se que o processo de constituição de um risco tecnológico não se dá com acúmulo de informação, mas por novas traduções do conhecimento.

Ao se abrir a caixa-preta da constituição de um risco, acredita-se que foi oferecida uma contribuição para discutir o processo de governança de novas tecnologias, pois mostrou-se que entre os cientistas há um processo de negociação entre o que é ou não considerado como

risco, demonstrando que tal negociação envolve valores de forma mais ampla. Assim, indicou-se que não há razão para que os *standards* sobre o que é ou não cientificamente definido como risco não possa ajuda a desmonopolizar o conhecimento científico.

Quando esta tese se iniciou, o objetivo era discorrer sobre o processo do inseguro ao seguro, ou seja, de que forma os cientistas definem que algo é suficientemente seguro. O objetivo era entender o processo de fechamento de uma controvérsia científica, tal com discutido por Latour (2000). Mudou-se o foco e buscou-se compreender como se passa do seguro, ou de algo que não era questionado sobre sua segurança, ao momento de uma controvérsia aberta. Ao se analisar a constituição da rede do nanotubo de carbono como uma tecnologia que apresenta riscos, conclui-se que não se está lidando com uma controvérsia científica, no sentido dado por Latour (2000); mas, após seguir um fluxo, foram rastreadas as relações que performaram o nanotubo de carbono como um risco. Neste estudo, não se seguiu uma controvérsia; o que foi observado, e seguido, foi o surgimento e o acréscimo de incertezas, já que cada novo ator na rede acrescentava mais dúvidas sobre a segurança do nanotubo de carbono. O que no início era certeza, ou o não questionamento sobre a segurança, passou a ser dúvida, mas não uma controvérsia, pois não havia opositores, ao menos não havia opositores suficientemente fortes. O que se apresentou foi, de um lado, um setor da indústria e da academia que não discutem os riscos no nanotubo de carbono, como é o caso da Bayer, por exemplo, mas não mostraram 'evidências' de que o nanotubo de carbono é seguro.

Mesmo que o objeto de pesquisa tenha sido o nanotubo de carbono, acredita-se que esta tese pode ajudar de modo mais amplo as pesquisas sobre constituição de riscos de novas tecnologias.

Escrevendo essas últimas palavras da tese, me lembrei da crítica que recebi de um dos membros da banca no momento de minha seleção para aluna do programa. Questionou-se se o projeto não era excessivamente descritivo e pouco problematizado para desenvolver num curso de doutorado. A resposta foi afirmativa, pois o projeto era descritivo e isso se devia ao fato de, naquele momento, refletir o momento de leitura não aprofundada do tema.

E, muitas vezes, a pergunta foi retomada, e com diferentes respostas em cada fase da pesquisa. Neste momento a resposta seria diferente, já que o texto reflete a descrição dos próprios atores

envolvidos na produção do nanotubo de carbono como um risco. A relação com o asbesto, por exemplo, não foi uma categoria prévia, mas uma discussão que foi desencadeada entre os pesquisadores. Da mesma forma, as diferentes interpretações que foram dadas a um dos primeiros artigos sobre os riscos do nanotubo de carbono, foram os pesquisadores que o fizeram, descreveu-se as interpretações **entre** os pesquisadores – aqui é entre e não dos pesquisadores –, pois, como mostramos no Capítulo 4, tal interpretação foi modificando o próprio artigo, que passou a ser performado como um artigo que apresentava evidências dos riscos do nanotubo de carbono.

Assim, respondo à pergunta desses últimos anos: sim, este é um texto descritivo, mas descreve a relação entre os atores que participam do processo que me propus a estudar. Se a frase de Latour, que está na epígrafe da tese, serve como uma espécie de mantra que deveria ser entoado cada vez que se mergulha nos artigos científicos, a busca em não estabelecer relações fortes, não dar coerência a relações que não são coerentes, onde elas de fato não existem, era outro desafio que foi colocado. Busquei seguir os dois desafios, talvez em alguns momentos não tenha conseguido, mas, no geral, acredito que o desafio duplo foi alcançado.

REFERÊNCIAS

- ALTHAUS, C. A Disciplinary Perspective on the Epistemological Status of Risk. **Risk Analysis**, Vol. 25, No. 3, 2005. Doi: 10.1111/j.1539-6924.2005.00625.x
- AMORIM, T. Nanotecnologia na imprensa: análise de conteúdo do jornalFolha de São Paulo. **Em Tese**, v. 4, n. 2 (2), janeiro-julho/2008, p. 20-36.
- BAYER. Research, No 21. Disponível em: www.baytubes.com/downloads/cnt3622.pdf. Acessado em 21 de agosto de 2011.
- BECK, U. Risk Society a New Modernity. Londres: Sage Publications, 1992.
- _____. A Reinvenção da Política. Em: Giddens, A., Beck, U. & Lash, S (Orgs.). **Modernização Reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna** . (p.45-69). São Paulo: UNESP, 1997.
- _____. **World Risk Society**. Cambridge: Polity Press, 1999.
- _____. Ciência e Inovação. **Revista Eletrônica Fórum**. n. 50. mai. 2007. Disponível em: http://www.revistaforum.com.br/sitefinal/EdicaoNoticiaIntegra.asp?id_artigo=247. Acesso em: 15 set. 2009.
- _____. **La sociedad del riesgo mundial**. Barcelona: Paidós, 2009.
- _____. Climate for change, or how to create a green modernity? **Theory, culture and society**, 27 (2-3). p. 254-266, 2010.
- BERGER, P., LUCKMANN, T. **A construção social da realidade: tratado de sociologia do conhecimento**. 12. ed. Petrópolis: Vozes, 1985.
- BHASKAR, R. "Realismo", *in* T. Bottomore e W. Outhwaite (eds.), **Dicionário do Pensamento Social do Século XX**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.
- BLOOR, D. **Conocimiento e imaginario social**. Barcelona: Gedisa, 1998.

BRASIL. **Ciência, tecnologia e inovação: desafio para a sociedade brasileira** - livro verde / Coordenado por Cylon Gonçalves da Silva e Lúcia Carvalho Pinto de Melo. – Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia /Academia Brasileira de Ciências, 2001.

CALLON, M. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St. Brieuc Bay”, em John Law (org.), **Power, Action and Befief: A New Sociology of Knowledge**, Londres, Boston e Henley, Routledge & Kegan Paul, 1986.

CALLON, M. Entrevista com Michel Callon: dos estudos de laboratório aos estudos de coletivos heterogêneos, passando pelos gerenciamentos econômicos. **Sociologias** [online]. 2008, n.19 [cited 2010-08-13], p. 302-321 .Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151745222008000100013&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1517-4522. Doi: 10.1590/S1517-45222008000100013

CASTAÑON, Gustavo A. Construtivismo e ciências humanas. **Ciências & Cognição**; Ano 02, Vol 05, 2005. Disponível em www.cienciaecognicao.org.

CASTRO, Hermano; GIANNASI, Fernanda; NOVELLO, Cyro. A luta pelo banimento do amianto nas Américas: uma questão de saúde pública. **Ciênc. saúde coletiva**, São Paulo, v. 8, n. 4, 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232003000400013&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 18 Agosto de 2011.

COLBERT, D. T. and Smalley, R. E. ChemInform Abstract: Past, Present and Future of Fullerene Nanotubes: Buckytubes. **ChemInform**, 33, 2002. Doi: 10.1002/chin.200225262

COLVIN, V. “The Potential Environmental Impact of Engineered Nanomaterials.” **Nature Biotechnology**, v21, October 2003.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES) *Portal de Periódicos da CAPES*. 2001. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 01 junho de 2011.

DE NICOLA et al.: Effects of Carbon Nanotubes on Human.
Monocytes Natural Compounds and Their Role in Apoptotic Cell Signaling Pathways: Ann. N.Y. Acad. Sci. 1171: 600–605, 2009. Doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04892.x

DECONCIC. O papel O PAPEL DOS PRODUTOS DE AMIANTO NA CADEIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL Dimensão Econômica e Efeitos Concorrenciais. FIESP, Departamento da Indústria da Construção – DECONCIC, 2009. Disponível em <http://www.fiesp.com.br/deconcic/publica%E7%F5es/caderno%20do%20amianto.pdf>. Acessado em 18 de agosto de 2011.

DONALDSON, K. Et al. Carbon Nanotubes: A Review of Their Properties in Relation to Pulmonary Toxicology and Workplace Safety. **Toxicological Sciences** 92(1), 5–22, 2006. Doi:10.1093/toxsci/kfj130

DONALDSON, K. and . Poland, Craig Nanotoxicology: New insights into nanotubes. **Nature Nanotechnology** 4, 708 - 710, 2009. Doi:10.1038/nnano.2009.327

DOUGLAS, M. **La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales**. Barcelona: Paidós: 1996.

DREHER, K. Health and Environmental Impact of Nanotechnology: Toxicological Assessment of Manufactured Nanoparticles. **Toxicological Sciences** 77, 3–5, 2004. Doi: 10.1093/toxsci/kfh041

DUPONT-ENVIRONMENTAL DEFENSE. Nano Partnership **Nano Risk Framework**, DuPont&Environmental Defense Fund, 2007. Disponível em : <<http://www.nanoriskframework.com>>. Acessado em 22 de março de 2011.

DURKHEIM, E. Objetividade e identidade na análise da vida social. In: MARTINS, J. de S.; FORACCHI, M. M. (Comp.). **Sociologia e sociedade**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1978.

DURKHEIM, E. **Educação e sociologia**. São Paulo: Melhoramentos, 1967.

ELDER, A. Nanotoxicology: How do nanotubes suppress T cells? **Nature Nanotechnology** 4, 409 - 410, 2009. Doi:10.1038/nnano.2009.167

ELIAS, N. Sociologia do conhecimento: novas perspectivas. **Soc. estado.**, Brasília, v. 23, n. 3, dez. 2008 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69922008000300002&lng=pt&nrm=iso>. Acessado em 07 set. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-69922008000300002>.

ETC Group Report. **No small matter II: the case for a global moratorium**. Ottawa: ETC Group, 2003.

ETC Group. **Nanotech: unpredictable and un-regulated new report from the ETC Group**, news release, Ottawa: ETC Group, 2004.

ETC Group. **Nanotech product recall underscores need for nanotech moratorium**, news release, 7 April, Ottawa: ETC Group, 2006.

EUROPEAN COMMISSION, **Regulatory Aspects of Nanomaterials: Summary of Legislation in Relation to Health, Safety and Environment Aspects of Nanomaterials, Regulatory Research Needs and Related Measures**, Brussels: EC, 2008.

FERREIRA, A. Para além dos fundamentalismos epistemológicos: o encontro de Michel Foucault e Bruno Latour na construção diferencial de um mundo comum. **Revista Aulas** (Unicamp), v. 3, p. 1-29, 2007.

FERREIRA, O. **Nanotubos de Carbono: Preparação e Caracterização**, 2003. Disponível em http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/vivencia_lqes/vivencia_lqes_monografias.html. Acessado em 15 de dezembro de 2010.

FERREIRA, L. e Britto, N. Os Intelectuais no Mundo e o Mundo dos Intelectuais: uma leitura comparada de Pierre Bourdieu e Karl Mannheim. In: PORTOCARRERO, Vera (Org) **Filosofia , história e sociologia das ciências: abordagens contemporâneas**. Rio de Janeiro, FIOCRUZ, 1994.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Nanotechnology** – A Report of the US Food and Drug Administration Nanotechnology Task Force. Washington, DC: FDA, 2007.

FRIENDS OF THE EARTH AUSTRALIA. **Submission from Friends of the Earth Australia** – To the Senate Community Affairs Committee Inquiry into Workplace Exposure to Toxic Dust, Melbourne, VIC: FoEA, 2005.

_____. **Mounting Evidence that Carbon Nanotubes may be the New Asbestos**, Melbourne, VIC: FoEA, 2008.

GEE, D.; Greenberg, M. Asbestos: from 'magic' to malevolent mineral. **Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000**. Copenhagen, EEA (22): 52-62, 2002.

GIDDENS, A. **Novas regras do método sociológico**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

_____. **As ideias de Durkheim**. São Paulo: Cultrix, 1981.

_____. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Ed. Unesp, 1991.

_____. **Política, sociologia e teoria social: encontros com o pensamento social clássico e contemporâneo**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.

GUIMARÃES, C. **Desenvolvimento da nanotecnologia em empresas brasileiras e suas potenciais implicações para o emprego**. 2010. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GUIVANT, J. Trajetórias Das Análises De Risco: Da Periferia Ao Centro Da Teoria Social. **Revista De Informações Bibliográficas** -Associação Nacional De Pós-Graduação Em Ciências Sociais, Anpocs, N.46, 1998.

_____. Sustentabilidade e métodos participativos: os riscos dos pressupostos realistas. **Revista Estudos Sociedade e Agricultura**. Rio de Janeiro, n 19, p.72-88, outubro 2002.

_____. A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia. **Estudos Sociedade e Agricultura**. n 16, abril 2001, p. 95-112.

_____. Transgênicos e percepção pública da ciência no Brasil. In: **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 9, n. 1, 2006.

GUIVANT, J. **O uso de agrotóxicos e os problemas de sua legitimação**: um estudo de sociologia ambiental no Município de Santo Amaro da Imperatriz, S.C. 1992. 387 f. Tese (Doutorado) - UNICAMP. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

HAMLIN, C. Critical realism: a research program for the Social Sciences. **Dados**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-52582000000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 Nov 2007. Doi: 10.1590/S0011-52582000000200006

HANNIGAN, J. **Sociologia Ambiental**: a formação de uma perspectiva social. Instituto Piaget, Lisboa, 1995.

HARRIS, P. **Carbon Nanotube Science Synthesis, Properties and Applications**. Cambridge University Press, 2009.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Nanotechnology**: HSE Information Note, London: HSE, 2004.

_____. **Review of the Adequacy of Current Regulatory Regimes to Secure Effective Regulation of Nanoparticles Created by Nanotechnology**: The Regulations Covered by HSE, London: HSE, 2006.

HOLSAPPLE, M. et al. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part II: Toxicological and Safety Evaluation of Nanomaterials, Current Challenges and Data Needs. **Toxicological Sciences** 88(1), 12–17, 2005. Doi:10.1093/toxsci/kfi293

HUCZKO, A. and LANGE, H., **Fullerene Sci. Tech.** **9**, 247, 2001.

IJIMA. S. **Nature**, **354**, 56, 1991.

INOUE, Ken- Ichiro. et al. Effects of Pulmonary Exposure to Carbon Nanotubes on Lung and Systemic Inflammation with Coagulatory Disturbance Induced by Lipopolysaccharide in Mice. **Experimental . Biology and Medicine**. 233:1583-1590, 2008. Doi:10.3181/0805-RM-179

IRWIN, A. **Sociology and the Environment**. Cambridge: Polity, 2001.

KANDLIKAR, Milind et al. Health risk assessment for nanoparticles: A case for using expert judgment. **Journal of Nanoparticle Research**. 9:137–156, 2007. Doi 10.1007/s11051-006-9154-x

KLAINE, Stephen J. et al. Nanomaterials in the environment: Behavior, fate, bioavailability, and effects. **Environmental Toxicology and Chemistry** Volume 27, Issue 9, pages 1825–1851, September, 2008. Doi: 10.1897/08-090.1

KOLOSNAJ, J.; SZWAR, H. and FATHI, M. Toxicity Studies of Carbon Nanotubes in: **Bio-Applications of Nanoparticles Series: Advances in Experimental Medicine and Biology**, Vol. 620. Chan, Warren C.W. (Ed.) 1st Edition. Softcover version of original hardcover edition 2007, XX, 207 p. 102 illus.

KRUPP, F. & HOLLIDAY, C. Let's Get Nanotech Right, **Wall Street Journal**, June, 14, 2005.

KUEMPELE, G.; and SCHULTE. **Risk Assessment Approaches and Research Needs for Nanomaterials: an Examination of Data and Information from Current Studies**. 119-145. in Simeonova et al. (eds.), *Nanotechnology – Toxicological Issues and Environmental Safety*. ed. Springer, NATO Security through Science Series, 2007. Doi: 10.1007/978-1-4020-6076-2

LAM, C. et al. Pulmonary Toxicity of Single-Wall Carbon Nanotubes in Mice 7 and 90 Days After Intratracheal Instillation. **Toxicological Sciences** 77, 126–134, 2004. Doi: 10.1093/toxsci/kfg243

LASH, S **Expert Systems or Situated Interpretation?** Replies and Critiques, in Reflexive modernization: politics, tradition and aesthetics in the modern social order. eds. Beck, Giddens and Lash, 198-215. Stanford: Stanford University Press, 1994.

LATOURE, B. Technology is society made durable (in) LAW, John (ed.) **A Sociology of Monsters. Essays on Power, Technology and Domination.** London, Routledge, p.103-131, 1991a.

_____. The impact of science studies on political philosophy. **Science, Technology, & Human Values**, vol. 16 nº 1, p. 3/19, 1991b.

_____. **Jamais fomos modernos:** ensaio de antropologia simétrica. Rio de Janeiro: Ed.34, 1994.

_____. For David Bloor and Beyond: A Reply to David Bloor's 'Anti-Latour' **Stud. Hist. Phil. Sci.**, Vol. 30, No. 1, p. 113–129, 1999.

_____. **Ciência em ação:** como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: E. UNESP, 2000. 438 p.

_____. **A esperança de pandora:** ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

_____. **Reflexão sobre o culto moderno dos deuses fe(i)tiches.** Bauru, SP: EDUSC, 2002.

_____. **The promises of constructivism.** In: IHDE, Don (ed.) Chasing Technology: Matrix of Materiality. Indiana, Indiana University Press, p. 27-46, 2003. Disponível em <http://www.bruno-latour.fr/articles/article/87-CONSTRUCTIVISM.pdf>

_____. Como terminar uma tese de sociologia: pequeno diálogo entre um aluno e seu professor (um tanto socrático). In: **Caderno de campo:** revista dos alunos de pós-graduação em Antropologia Social da USP. São Paulo: Departamento de Antropologia/FFLCH/USP, 2006, vol.15, n. 14/15, p 339 a 352.

LATOUR, B. **A Textbook Case Revisited**: Knowledge as Mode of Existence. In *The Handbook of Science and Technology Studies*, edited by E. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch and J. Wacjman. Cambridge, MA: MIT Press, 2007.

_____. **Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red**. Buenos Aires: Editorial Manantial, 2008.

LATOUR, B. e Woolgar, S. **A vida de laboratório**. A produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro, Relume Dumará, 1997.

LEKAS, D. **Analysis of nanotechnology from an industrial ecology perspective. Part II**: Substance flow analysis of carbon nanotubes. Project on Emerging Nanotechnologies Report. Woodrow Wilson International Centre for Scholars, Washington, DC, 2005. Disponível em: www.nanotechproject.org/file_download/36. Acessado em 20 de dezembro de 2010

LIEDKE FILHO, E. Sociologia Brasileira: tendências institucionais e epistemológico-teóricas contemporâneas. **Sociologias**, Porto Alegre, n. 9, 2003 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222003000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 Oct 2007.

LOWY, M. **As Aventuras de Karl Marx contra o Barão de Munchhausen**: marxismo e positivismo na sociologia do conhecimento. 5. ed. rev. São Paulo: Cortez, 1996.

LUPTON, D. Introduction: risk and sociocultural theory. In: D. Lupton, Editor, **Risk and sociological theory**, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

LUX RESEARCH Inc. **Sizing Nanotechnology's Value Chain**, New York: Lux Research, 2004.

_____. **The Nanotech Report**, 5th Edition, *Vol. 1*, Lux Research, November 2007.

MACNAGHTEN, P. Engaging nanotechnologies: a case study of 'upstream' public engagement. **Ambiente & Sociedade**. Campinas. v. XII, n. 1 p. 1-18 jan.-jun. 2009.

MACNAGHTEN, P. e GUIVANT, J. Converging citizens? Nanotechnology and the political imaginary of public engagement in Brazil and the United Kingdom. **Public Understanding of Science**, 20 (2), p. 207-220, 2011.

MACNAGHTEN, P.; KEARNES, M.; WYNNE, B. Nanotechnology, governance and public deliberation: What role for the social sciences? **Science Communication**, v. 27, n. 2, p. 268-287, 2005.

MANNHEIM, K. O Problema de uma Sociologia do Conhecimento. In: BERTELLI, Antônio Roberto. et al. **Sociologia do Conhecimento**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1967.

_____. **Sociologia da Cultura**. São Paulo: EDUSP/Editora Perspectiva, 1968. 330p.

MARX, K. **Para crítica da economia política**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

MARX, K e ENGELS, F. **A ideologia Alemã**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

MATTEDI, M. **Sociologia e conhecimento: introdução à abordagem sociológica do problema do conhecimento**. 1. ed. Chapecó: Argos, 2006. v. 1. 21.

MAYNARD, A. **Nanotechnology: A Research Strategy for Addressing Risk**, Washington, DC: Project on Emerging Nanotechnologies, 2006.

_____. **'Panel discussion'**, Nanotechnology Safety for Success Dialogue Workshop, 2 October, Brussels: EC, 2008.

_____. **Nanotechnology: A Research Strategy for Addressing Risk**, Washington, DC: Project on Emerging Nanotechnologies, 2006.

MAYNARD, A. et al. 'Safe handling of nanotechnology', **Nature**, 444, 267-9, 2006.

MELO, C. P.; PIMENTA, M. Nanociências e nanotecnologia. **Parcerias Estratégicas**. n.18, p. 9-21, ago. 2004. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/pe_18.pdf>. Acesso em: 15 set, 2008.

MERTON, R. **The Sociology of science**: theoretical and empirical investigations. Chicago: The University of Chicago Press, 1973.

_____. **Sociologia**: teoria e estrutura. São Paulo: Mestre Jou, 1970.

_____. **A crítica da ciência**: sociologia e ideologia da ciência. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

MITCHEL, L. et al. Mechanisms for how inhaled multiwalled carbon nanotubes suppress systemic immune function in mice. **Nature Nanotechnology** 4, 451 - 456, 2009. Doi:10.1038/nnano.2009.151

MINAYO M. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 7.ed. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 2000.

MINAYO, M.; SANCHES, O. Quantitative and qualitative methods: opposition or complementarity?. **Cad. Saúde Pública** , Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, 1993 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1993000300002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 Nov 2007. Doi: 10.1590/S0102-311X1993000300002

MOL, A. Política ontológica: algumas ideias e várias perguntas. In: NUNES, J.A. & ROQUE, R. (Org.). **Objetos impuros – Experiências em Estudos Sociais da Ciência**. Porto: Edições Afrontamento, 2007.

_____. “Ontological Politics. A Word and Some Questions” in LAW, J. ; HASSARD, J. (orgs), **Actor Network Theory and After**. Oxford: Blackwell, 74-90, 1990.

MOL, A. **The Body Multiple**: Ontology in Medical Practice. Durham: Duke University Press, 2002.

MULLER, J. Clastogenic and aneugenic effects of multi-wall carbon nanotubes in epithelial cells. **Carcinogenesis** vol.29 no.2 p.427–433, 2008. Doi:10.1093/carcin/bgm243

- MURR, L; SOTO, K. TEM comparison of chrysotile (asbestos) nanotubes and carbon nanotubes. **Journal of Materials Science** 39, 4941 – 4947, 2004.
- MYOJO, T. et al. Aerosol generation and measurement of multi-wall carbon nanotubes. **Journal of Nanoparticle Research**. vol. 11, no1, p. 91-99, 2009. Doi 10.1007/s11051-008-9450-8
- NAVARRO, M. & CARDOSO, T. Percepção de Risco e cognição: reflexão sobre a sociedade de risco. **Ciências & Cognição**; Ano 02, Vol.06, nov/2005. Disponível em <http://www.cienciasecognicao.org/>
- NEL, A. et al. Toxic Potential of Materials at the Nanolevel. **Science** 311, 622, 2006. Doi: 10.1126/science.1114397
- NOGUEIRA, F. Tipos de interpretação sobre as especificidades do objeto do conhecimento na História das Ciências. **Temporalidades** – Revista Discente do Programa de Pós-graduação em História da UFMG, vol. I, n.º 1, março de 2009.
- PAIK, S.; ZALK, D. Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures. **Ann. British Occupational Hygiene**, Vol. 52, No. 6, p. 419–428, 2008. Doi:10.1093/annhyg/men041
- PASTORIN, G. Crucial Functionalizations of Carbon Nanotubes for Improved Drug Delivery: A Valuable Option? **Pharmaceutical Research**, Vol. 26, No. 4, April 2009. Doi: 10.1007/s11095-008-9811-0
- PATLOLLA, A, et al, Comparative study of the clastogenicity of functionalized and nonfunctionalized multiwalled carbon nanotubes in bone marrow cells of Swiss-Webster mice. **Environmental Toxicology**, 25: 608–621, 2010. Doi: 10.1002/tox.20621
- PINHEIRO FILHO, F. The notion of representation in Durkheim. **Lua Nova** [online]. 2004, no. 61 [cited 2007-11-29], p. 139-155. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-64452004000100008&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0102-6445. Doi: 10.1590/S0102-64452004000100008

PHILBRICK, M. An Anticipatory Governance Approach to Carbon Nanotubes. **Risk Analysis**. Volume 30, Issue 11, pages 1708–1722, November, 2010.

POLAND, C. et al. Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestoslike pathogenicity in a pilot study. **Nature Nanotechnology** 3, 423 - 428, 2008. Doi:10.1038/nnano.2008.111

PORTOCARRERO, V. **Filosofia, história e sociologia das ciências: abordagens contemporâneas**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998.

RAWSTERN, R. “Nanotube Surveys.” Disruptive Technology Series, **Nanotechnology Now**. November 3, 2004 Disponível em: <http://www.nanotech-now.com/nanotube-survey-april2003.htm>

REILLY, R. Carbon nanotubes: potential benefits and risks of nanotechnology in nuclear medicine. **The Journal of Nuclear Medicine**. Jul;48(7):1039-42, 2007. Doi: 10.2967/jnumed.107.041723

ROCO, M.; BAINBRIDGE, W.S. (eds.). **Implicações sociais da Nanociência e Nanotecnologia**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. p.3-4.

ROYAL SOCIETY/ ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and Nanotechnologies: opportunities and uncertainties**. London: Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2004.

_____. **Novel Material in the Environment: the case of nanotechnology** London: Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2008.

RYMAN-RASMUSSE, J. et al. Inhaled carbon nanotubes reach the subpleural tissue in mice. **Nature Nanotechnology** 4, 747 - 751, 2009. Doi:10.1038/nnano.2009.305

SARGENT et al. Induction of Aneuploidy by Single-Walled Carbon Nanotubes. **Environmental and Molecular Mutagenesis** 50:708- 717, 2009.

SEATON, A. Nanotechnology and the Occupational Physician. **Occupational Medicine** 56:312–316, 2006. Doi:10.1093/occmed/kql053

SEATON, A. Nanotechnology and the Occupational Physician.

Occupational Medicine ;56:312–316, 2006.

Doi:10.1093/occmed/kql053

SERVICE , R. Nanomaterials Show Signs of ToxicityPrev. **Science** , 11 April 2003, Vol. 300 no. 5617 p. 243.

Doi: 10.1126/science.300.5617.243b

_____. Nanotechnology Grows Up. Is the field moving so fast that it's destined to repeat the mistakes of earlier technological revolutions?

Science, June 18, 2004, Vol 304 p. 1732-1734

SHVEDOVA, A. et al. Unusual inflammatory and fibrogenic pulmonary responses to single-walled carbon nanotubes in mice. **AJP - Lung Cellular and Molecular Physiology**. November 1, 2005 289:L698-L708; published ahead of print June 10, 2005.

Doi:10.1152/ajplung.00084.2005

STERN, S.; McNEIL, S. Nanotechnology Safety Concerns Revisited.

Toxicological Sciences 101(1), 4–21, 2008. Doi:10.1093/toxsci/kfm169

SCHUTZ, A. **Fenomenologia e relações sociais** - coletânea de textos de Alfred Schutz, Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1979.

THOMAS K el al. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part VIII: International Efforts to Develop Risk-Based Safety Evaluations for Nanomaterials. **Toxicological Sciences** 92(1), 23–32, 2006. Doi:10.1093/toxsci/kfj211

TSUJI, J. et al. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles.

Toxicological Sciences 89(1), 42–50, 2006.

Doi:10.1093/toxsci/kfi339

URRY, J. **Global complexity**, Cambridge: Polity, 2003.

YEARLEY, S. **Making sense of science. Understanding the social study of science**. London: Sage, 2005.

WARHEIT, D. Long-term Inhalation Toxicity Studies with Multiwalled Carbon Nanotubes: Closing the Gaps or Initiating the Debate? **Toxicological Sciences**. 112(2), 273–275, 2009.
Doi:10.1093/toxsci/kfp237

WARHEIT, D. et al. Comparative Pulmonary Toxicity Assessment of Single-wall Carbon Nanotubes in Rats. **Toxicological Sciences** 77, 117–125, 2004. Doi: 10.1093/toxsci/kfg228

WEBER, M. **Ciência e Política: duas vocações** [tradução de Leônidas Hegenberg & Octany Silveira da Mota]. 14ª ed. – São Paulo : Cultrix, 1999.

WUNSCH FILHO, V.; NEVES, H.; MONCAU, J.E. Amianto no Brasil: conflitos científicos e econômicos. **Rev. Assoc. Med. Bras.**, São Paulo, v. 47, n. 3, set. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104

WYNNE, B. May the sheep safely graze? A reflexive view of the expert-lay knowledge divide., LASH, B; .SZERSZYNSKI,B; e WYNNE, B. (eds.) **Risk, environment and modernity**. London: Sage Publications, 1996.

ZARUR, G. **A arena científica**. Campinas, SP: Autores Associados; Brasília: FLACSO, 1994. 196p.

ANEXO – RELAÇÃO DOS ARTIGOS

2003

COLVIN, V. The Potential Environmental Impact of Engineered Nanomaterials. **Nature Biotechnology**, v21, October 2003, p. 1166.

SERVICE, R. Nanomaterials Show Signs of Toxicity. **Science**, 11 April 2003, Vol. 300 no. 5617 p. 243.
Doi: 10.1126/science.300.5617.243b

2004

WARHEIT, D. et al. Comparative Pulmonary Toxicity Assessment of Single-wall Carbon Nanotubes in Rats. **Toxicological Sciences** 77, 117–125, 2004. Doi: 10.1093/toxsci/kfg228

MURR L., et al. Carbon nanotubes and nanocrystals in methane combustion and the environmental implications **Journal of Materials Science** 39, 2004, 2199 – 2204.

MURR, L. SOTO, K. TEM comparison of chrysotile (asbestos) nanotubes and carbon nanotubes. **Journal of Materials Science** 39 (2004) 4941 – 4947.

DREHER, K. Health and Environmental Impact of Nanotechnology: Toxicological Assessment of Manufactured Nanoparticles. **Toxicological Sciences** 77, 3–5, 2004. Doi: 10.1093/toxsci/kfh041

LAM, C. et al. Pulmonary Toxicity of Single-Wall Carbon Nanotubes in Mice 7 and 90 Days After Intratracheal Instillation. **Toxicological Sciences** 77, 126–134, 2004. Doi: 10.1093/toxsci/kfg243

Service, R. Nanotechnology Grows Up. Is the field moving so fast that it's destined to repeat the mistakes of earlier technological revolutions? **Science** June 18, 2004, Vol 304 p. 1732-1734.

BREUER, O and SUNDARARAJ, U. Big Returns From Small Fibers: A Review of Polymer/Carbon Nanotube Composites. **Polymer Composites**, DECEMBER 2004, Vol. 25, No. 6. Doi: 10.1002/pc.20058

2005

THOMAS, K.; SAYRE, P. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part I: Evaluating the Human Health Implications of Exposure to Nanoscale Materials. **Toxicological Sciences** 87(2), 316–321, 2005. Doi:10.1093/toxsci/kfi270

SHVEDOVA, A. et al. Unusual inflammatory and fibrogenic pulmonary responses to single-walled carbon nanotubes in mice. **AJP - Lung Cellular and Molecular Physiology**. November 1, 2005 289:L698-L708; published ahead of print June 10, 2005. Doi:10.1152/ajplung.00084.2005

HOLSAPPLE, M. et al. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part II: Toxicological and Safety Evaluation of Nanomaterials, Current Challenges and Data Needs. **Toxicological Sciences** 88(1), 12–17, 2005. Doi:10.1093/toxsci/kfi293

RADOMSKI, A. et al. Nanoparticle-induced platelet aggregation and vascular thrombosis. **Br J Pharmacology** . 2005 November; 146(6): 882–893. Published online 2005 September 12. Doi: 10.1038/sj.bjp.0706386.

2006

THOMAS, K. et al. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part VIII: International Efforts to Develop Risk-Based Safety Evaluations for Nanomaterials. **Toxicological Sciences** 92(1), 23–32, 2006. Doi:10.1093/toxsci/kfj211

SEATON, A. Nanotechnology and the Occupational Physician. **Occupational Medicine** 2006; 56:312–316. Doi:10.1093/occmed/kql053

KANDLIKAR, M. et al. Health risk assessment for nanoparticles: A case for using expert judgment. **Journal of Nanoparticle Research** . 9:137–156, 2007. Doi: 10.1007/s11051-006-9154-x

DONALDSON, K. Et al. Carbon Nanotubes: A Review of Their Properties in Relation to Pulmonary Toxicology and Workplace Safety. **Toxicological Sciences** 92(1), 5–22, 2006. Doi:10.1093/toxsci/kfj130

NEL, A. et al. Toxic Potential of Materials at the Nanolevel. **Science** 311, 622, 2006. Doi: 10.1126/science.1114397

TSUJI, J. et al. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV: Risk Assessment of Nanoparticles. **Toxicological Sciences** 89(1), 42–50 2006. Doi:10.1093/toxsci/kfi339

2007

REILLY, R. Carbon nanotubes: potential benefits and risks of nanotechnology in nuclear medicine. **The Journal of Nuclear Medicine**. Jul;48(7):1039-42, 2007. Doi: 10.2967/jnumed.107.041723

MAYNARD, A. Nanotechnology: The Next Big Thing, or Much Ado about Nothing? **Ann. British Occupational Hygiene.**, Vol. 51, No. 1, p. 1–12, 2007. Doi:10.1093/annhyg/mel071

MITCHELL, L. Pulmonary and Systemic Immune Response to Inhaled Multiwalled Carbon Nanotubes. **Toxicological Sciences**. 100(1), 203–214, 2007. Doi:10.1093/toxsci/kfm196

KUEMPELE, D; GERACI, C; SCHULTE, P. **Risk Assessment Approaches and Research Needs for Nanomaterials: an Examination of Data and Information from Current Studies**. 119-145. in Simeonova et al. (eds.), *Nanotechnology – Toxicological Issues and Environmental Safety*. ed. Springer, NATO Security through Science Series, 2007, Doi: 10.1007/978-1-4020-6076-2 .

SOLODOUKHINA, D. **Bioethics and Legal Aspects of Potential Health and Environmental Risks of Nanotechnology** 167-184 in Simeonova et al. (eds.), *Nanotechnology – Toxicological Issues and Environmental Safety*. ed. Springer, 2007.

MEDINA, C. Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance. **British Journal of Pharmacology** (2007) 150, 552–558. Doi:10.1038/sj.bjp.0707130

2008

PAIK, S.; ZALK, D.; MAND, S. Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures. **Ann. British Occupational Hygiene**, Vol. 52, No. 6, p. 419–428, 2008. Doi:10.1093/annhyg/men041

CARTER, A. Learning from History: Understanding the Carcinogenic Risks of Nanotechnology. **Journal of the National Cancer Institute**, 100 (23), p. 1664-1665, 2008. Doi: 10.1093/jnci/djn431

LISON, D.; MULLER, J. To the Editor. **Toxi-cological Sciences** 101(1), 179–180, 2008. Doi:10.1093/toxsci/kfm249

YU, Y. et al. Exploring the Immunotoxicity of Carbon Nanotubes. **Nanoscale Research Letters**, Volume 3, Number 8, August 2008 , p. 271-277(7). Doi: 10.1007/s11671-008-9153-1

MYOJO, T. et al. Aerosol generation and measurement of multi-wall carbon nanotubes. **Journal of Nanoparticle Research**. 2009, vol. 11, no1, p. 91-99. Doi: 10.1007/s11051-008-9450-8 (publicado online em 2008).

STERN, Stephan T. and McNeil, Scott E. Nanotechnology Safety Concerns Revisited. **Toxicological Sciences** 101(1), 4–21, 2008. Doi:10.1093/toxsci/kfm169

MULLER, J. Clastogenic and aneugenic effects of multi-wall carbon nanotubes in epithelial cells. **Carcinogenesis** vol.29 no.2 p.427–433, 2008. Doi: 10.1093/carcin/bgm243

ZHAO, Y.; Xing, G.; iChai, Z. Nanotoxicology: Are Carbon Nanotubes Safe? **Nature Nanotechnology**. Volume 3, 191-192, 2008. Doi:10.1038/nnano.2008.77

LIU, Aihong. et al. Toxicological effects of multi-wall carbon nanotubes in rats. **Journal of Nanoparticle Research**. (2008) 10:1303–1307. Doi: 10.1007/s11051-008-9369-0

SHVEDOVA, A. Sequential Exposure to Carbon Nanotubes and Bacteria Enhances Pulmonary Inflammation and Infectivity, **American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology** Vol 38. p. 579–590, 2008.

SCHIPPER, Meike L. Et al A pilot toxicology study of single-walled carbon nanotubes in a small sample of mice. **Nature Nanotechnology** 3, 216 - 221, 2008. Doi: 10.1038/nnano.2008.68

GHAFAI, P. et al. Impact of carbon nanotubes on the ingestion and digestion of bacteria by ciliated protozoa. **Nature Nanotechnology** 3, 347 - 351, 2008. Published online: 11 May 2008. Doi: 10.1038/nnano.2008.109

POLAND, C. et al. Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestoslike pathogenicity in a pilot study. **Nature Nanotechnology** 3, 423 - 428, 2008. Doi: 10.1038/nnano.2008.111

CANÃS, J. et al. Effects of Functionalized and Nonfunctionalized Single-Walled Carbon Nanotubes on root Elongation of Select Crop Species. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Vol. 27, No. 9, p. 1922–1931, 2008. Doi: 10.1897/08-117.1

SHVEDOVA A. et al. Inhalation vs. aspiration of single-walled carbon nanotubes in C57BL/6 mice: inflammation, fibrosis, oxidative stress, and mutagenesis. **Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol** .295:L552-L565, 2008. Doi:10.1152/ajplung.90287.2008

INOUE, K. et al. Effects of Pulmonary Exposure to Carbon Nanotubes on Lung and Systemic Inflammation with Coagulatory Disturbance Induced by Lipopolysaccharide in Mice. **Experimental . Biology and Medicine**. 2008; 233:1583-1590. Doi:10.3181/0805-RM-179

MERCER, R. R. Et al. Alteration of deposition pattern and pulmonary response as a result of improved dispersion of aspirated single-walled carbon nanotubes in a mouse model. **Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol**. 2008 Jan;294(1):L87-97. Doi:10.1152/ajplung.00186.2007

SERVICE, Robert F. Can High-Speed Tests Sort Out Which Nanomaterials Are Safe? **Science** 22 August 2008: Vol. 321 no. 5892 p. 1036-1037. Doi: 10.1126/science.321.5892.1036

HEALY, M.; DAHLBEN, L.; ISAACS, J. Environmental Assessment of Single-Walled Carbon Nanotube Processes. **Journal of Industrial Ecology**, Volume 12, Number 3, June 2008, p. 376-393(18). Doi: 10.1111/j.1530-9290.2008.00058.x

KOSTARELOS, K. The long and short of carbon nanotube toxicity. **Nature Biotechnology** 26, 774 - 776, 2008. Doi:10.1038/nbt0708-774

KANEL, A.; HURT, R. Nanotoxicology: The asbestos analogy revisited. **Nature Nanotechnology** 3, 378 - 379, 2008. Doi:10.1038/nnano.2008.182

KLAINÉ S. et al. Nanomaterials in the environment: Behavior, fate, bioavailability, and effects. **Environmental Toxicology and Chemistry** Volume 27, Issue 9, pages 1825–1851, September 2008. Doi: 10.1897/08-090.1

2009

GIACOBBE F, .et al. Risk assessment model of occupational exposure to nanomaterials. **Human & Experimental Toxicology**. June 2009 vol. 28 no. 6-7 401-406. Doi: 10.1177/0960327109105156.

MADL, A.; PINKERTON KENT E. Health effects of inhaled engineered and incidental nanoparticles. **Critical Reviews in Toxicology**, 2009; 39(8): 629–658. Doi: 10.1080/10408440903133788

WARHEIT, D. Long-term Inhalation Toxicity Studies with Multiwalled Carbon Nanotubes: Closing the Gaps or Initiating the Debate? **Toxicological Sciences**. 112(2), 273–275, 2009. Doi:10.1093/toxsci/kfp237

WALKER, N.; BUCHER, J. 21st Century Paradigm for Evaluating the Health Hazards of Nanoscale Materials? **Toxicological Sciences**. 110(2), 251–254, 2009. Doi:10.1093/toxsci/kfp106

PASTORIN, G. Crucial Functionalizations of Carbon Nanotubes for Improved Drug Delivery: A Valuable Option? **Pharmaceutical Research**, Vol. 26, No. 4, April 2009 Doi: 10.1007/s11095-008-9811-0

RYMAN-RASMUSSEN, J. Inhaled Multiwalled Carbon Nanotubes Potentiate Airway Fibrosis in Murine Allergic Asthma. **American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology**. Vol 40. p. 349–358, 2009. Doi: 10.1165/rcmb.2008-0276OC

NYGAARD, U. C. et al. Single-Walled and Multi-Walled Carbon Nanotubes Promote Allergic Immune Responses in Mice. **Toxicological Sciences** 109(1), 113–123, 2009. Doi:10.1093/toxsci/kfp057

KOSTARELOS, K.; BIANCO, A.; PRATO, M. Promises, facts and challenges for carbon nanotubes in imaging and therapeutics. **Nature Nanotechnology** 4, 627 - 633, 2009. Doi:10.1038/nnano.2009.241

RYMAN-RASMUSSEN, J. et al. Inhaled carbon nanotubes reach the subpleural tissue in mice. **Nature Nanotechnology** 4, 747 - 751, 2009. Doi:10.1038/nnano.2009.305

PIRET, J.-P. Et al. Dispersion of multi-walled carbon nanotubes in biocompatible dispersants. **Journal of Nanoparticle Research**, 12:75–82, 2010. Doi: 10.1007/s11051-009-9697-8

KOLOSNAJ, J.; SZWARC H.; AND FATHI M. Toxicity Studies of Carbon Nanotubes in: **Bio-Applications of Nanoparticles Series: Advances in Experimental Medicine and Biology**, Vol. 620. WARREN, C. (Ed.) 1st Edition. Softcover version of original hardcover edition 2007, XX, 207 p. 102 illus.,

DE NICOLA et al.: Effects of Carbon Nanotubes on Human. **Monocytes Natural Compounds and Their Role in Apoptotic Cell Signaling Pathways: Ann. N.Y. Acad. Sci.** 1171: 600–605, 2009. Doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04892.x

SARGENT et al. Induction of Aneuploidy by Single-Walled Carbon Nanotubes. **Environmental and Molecular Mutagenesis** 50:708- 717, 2009.

LAN, et al. Inhalation Toxicity of Multiwall Carbon Nanotubes in Rats Exposed for 3 Months. **Toxicological Sciences**.112(2), 468–481, 2009. Doi:10.1093/toxsci/kfp146

MITCHELL, L. et al. Mechanisms for how inhaled multiwalled carbon nanotubes suppress systemic immune function in mice. **Nature Nanotechnology** 4, 451 - 456, 2009. Doi:10.1038/nnano.2009.151

MULLER, J. et al. Absence of Carcinogenic Response to Multiwall Carbon Nanotubes in a 2-Year Bioassay in the Peritoneal Cavity of the Rat. **Toxicological Sciences**. 110(2), 442–448, 2009. Doi:10.1093/toxsci/kfp100

IUDICELLO, J. and ENGLEHARDT, J. A Predictive Bayesian Dose-Response Assessment for Evaluating the Toxicity of Carbon Nanotubes Relative to Crocidolite Using a Proposed Emergent Model. **Human and Ecological Risk Assessment**, 15: 1168–1186, 2009. Doi: 10.1080/10807030903304781

KISHORE, A.; SAIRAM, S.; MURTHY, B. Assessment of the dermal and ocular irritation potential of multi-walled carbon nanotubes by using in vitro and in vivo methods. **Toxicology Letters** 191 (2009) 268–274, 2009. Doi:10.1016/j.toxlet.2009.09.007

KOZYREVS and YAKUTSENI, P. Nanocarbon Technologies: Prospects And Risks. In: Magarshak, Yuri; Kozyrev, Sergey; Vaseashta, Ashok K. (Eds.) **Silicon Versus Carbon: Fundamental Nanoprocesses, Nanobiotechnology and Risks Assessment**. ed. Springer 2009.

INOUE, K. et al. Effects of multi-walled carbon nanotubes on a murine allergic airway inflammation model. **Toxicology and Applied Pharmacology** 237, 306–316, 2009. Doi:10.1016/j.taap.2009.04.003

LEGRAMANTE, J. Cardiac autonomic regulation after lung exposure to carbon nanotubes. **Human & Experimental Toxicology**, 28: 369 –375, 2009. Doi: 10.1177/0960327109105150

PETERSEN, E. et al. Influence of Carbon Nanotubes on Pyrene Bioaccumulation from Contaminated Soils by Earthworms. 2009, 43, 4181–4187. Doi: 10.1021/es803023a

WILD, E.; JONES, K. Novel Method for the Direct Visualization of in Vivo Nanomaterials and Chemical Interactions in Plants.

Environmental Science & Technology, 2009, 43, 5290–5294. Doi: 10.1021/es900065h

GENAIDYA, A. et al. Health effects of exposure to carbon nanofibers: Systematic review, critical appraisal, meta analysis and research to practice perspectives. **Science of the Total Environment**, 407, 3686-3701, 2009. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.12.025

DONALDSON, K. and POLAND, C. Nanotoxicology: New insights into nanotubes. **Nature Nanotechnology** 4, 708 - 710, 2009.

Doi:10.1038/nnano.2009.327

ELDER, A. Nanotoxicology: How do nanotubes suppress T cells?

Nature Nanotechnology 4, 409 - 410, 2009.

Doi:10.1038/nnano.2009.167

SANCHEZ, V. et al. Biopersistence and potential adverse health impacts of fibrous nanomaterials: what have we learned from asbestos?. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology**, 1: 511–529, 2009. Doi: 10.1002/wnan.41

JAU RAND, M.; RENIER, A.; DAUBRIAC, J. Mesothelioma: Do asbestos and carbon nanotubes pose the same health risk? **Particle and Fibre Toxicology**, 2009, 6:16. Doi:10.1186/1743-8977-6-16

2010

PHILBRICK, M. An Anticipatory Governance Approach to Carbon Nanotubes. **Risk Analysis**, Vol. 30, No. 11, 2010. Doi: 10.1111/j.1539-6924.2010.01445.x

TEEGUARDEN, J. et al. A comparative study of effects of single-wall carbon nanotubes and crocidolite asbestos in human BEAS-2B cells . **Toxicological Sciences**, 2010. Doi: 10.1093/toxsci/kfq363.

JOHNSTON, H. et al. The Biological Mechanisms and Physicochemical Characteristics Responsible for Driving Fullerene Toxicity.

Toxicological Sciences 114(2), 162–182, 2010.

Doi:10.1093/toxsci/kfp265

EVANS, D. et al. Aerosol Monitoring during Carbon Nanofiber Production: Mobile Direct-Reading Sampling. **Ann. British**

Occupational Hygiene, Vol. 54, No. 5, p. 514–531, 2010.

Doi:10.1093/annhyg/meq015

PAN, B.; SUN, K.; XING, B. Adsorption kinetics of 17 α -ethinyl estradiol and bisphenol. A on carbon nanomaterials. II. Concentration-dependence. **J Soils Sediments**, 10:845–854, 2010.

Doi: 10.1007/s11368-009-0185-7.

CHESNOKOV, V.; BUYANOV, R.; CHICHKAN, A. Catalyst and Technology for Production of Carbon Nanotubes. **Kinetics and**

Catalysis, Vol. 51, No. 5, p. 776–781, 2010.

Doi: 10.1134/S0023158410050216

MATORIN, D. et al. Influence of Carbon Nanotubes on Chlorophyll Fluorescence Parameters of Green Algae *Chlamydomonas reinhardtii*.

Nanotechnologies in Russia, Vol. 5, Nos. 5–6, p. 320–327, 2010.

Doi: 10.1134/S199507801005006X.

OBERDORSTER, G. Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: concepts of nanotoxicology. **Journal of Internal Medicine**, Volume 267, Issue1, 89–105, 2010. Doi: 10.1111/j.1365-2796.2009.02187.x

CESTA, M. et al. Bacterial Lipopolysaccharide Enhances PDGF Signaling and Pulmonary Fibrosis in Rats Exposed to Carbon Nanotubes. **American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology**. Vol. 43, p. 142–151, 2010. Doi:10.1165/rcmb.2009-0113OC

BAI, Y. et al. Repeated administrations of carbon nanotubes in male mice cause reversible testis damage without affecting fertility. **Nature Nanotechnology** 5, 683–689, 2010. Doi:10.1038/nnano.2010.153

YEHIA, H. et al. Single-walled carbon nanotube interactions with HeLa cells. **Journal of Nanobiotechnology**, 2007, 5:8. Doi:10.1186/1477-3155-5-8

Ji, L. et al. Adsorption of tetracycline on single-walled and multi-walled carbon nanotubes as affected by aqueous solution chemistry. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Vol. 29, No. 12, p. 2713–2719, 2010. Doi: 10.1002/etc.350

PETERSEN, E. et al. Relevance of octanol–water distribution measurements to the potential ecological uptake of multi-walled carbon nanotubes. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Vol. 29, No. 5, p. 1106–1112, 2010. Doi: 10.1002/etc.149

PATLOLLA, A. K., et al. Comparative study of the clastogenicity of functionalized and nonfunctionalized multiwalled carbon nanotubes in bone marrow cells of Swiss-Webster mice. **Environmental Toxicology**, 25: 608–621, 2010. Doi: 10.1002/tox.20621

LUI, X.; HURB, R.; KANES, A. Biodurability of single-walled carbon nanotubes depends on surface functionalization. **Carbon**. 48 1961–1969, 2010. Doi:10.1016/j.carbon.2010.02.002

PAULUHN, J. Nanotubes: Toxic Effects Are Determined by Density of Agglomerate Structures, Not Fibrillar Structures. **Toxicological Sciences** 113(1), 226–242, 2010. Doi:10.1093/toxsci/kfp247

SHVEDOVA, A.; KAGAN, V. The role of nanotoxicology in realizing the ‘helping without harm’ paradigm of nanomedicine: lessons from studies of pulmonary effects of single-walled carbon nanotubes. **Journal of Internal Medicine**, 2010, Volume 267: 106–118. Doi: 10.1111/j.1365-2796.2009.02188.x

ZHANG, D. et al. Contribution of Different Sulfamethoxazole Species to Their Overall Adsorption on Functionalized Carbon Nanotubes. **Environmental Science & Technology**, 2010, 44, 3806–3811. Doi: 10.1021/es903851q

INOUE, K. et al. Repeated pulmonary exposure to single-walled carbon nanotubes exacerbates allergic inflammation of the airway: Possible role of oxidative stress **Free Radical Biology and Medicine**, 48(7), p. 924-934, 2010. Doi:10.1016/j.freeradbiomed.2010.01.013

ICHIMURA, S. Current activities of ISO TC229/WG2 on purity evaluation and quality assurance standards for carbon nanotubes. **Anal Bioanal Chem** 396:963–971, 2010. Doi:10.1007/s00216-009-3238-2

PALOMÄKIA, J. et al. Engineered nanomaterials cause cytotoxicity and activation on mouse antigen presenting cells. **Toxicology** 267 (2010) 125–131, 2010. Doi:10.1016/j.tox.2009.10.034

JOHNSON, D. Potential for Occupational Exposure to Engineered Carbon-Based Nanomaterials in Environmental Laboratory Studies. **Environ Health Perspect.** 2010 January; 118(1): 49–54. Doi: 10.1289/ehp.0901076

YANG, K. Competitive Adsorption of Naphthalene with 2,4-Dichlorophenol and 4-Chloroaniline on Multiwalled Carbon Nanotubes. **Environmental Science & Technology.** 2010, 44, 3021–3027. Doi: 10.1021/es100018a

KLANWAN, J. et al. Generation and size classification of single-walled carbon nanotube aerosol using atmospheric pressure pulsed laser ablation (AP-PLA). **Journal of Nanoparticle Research**, 12:2747–2755, 2010. Doi: 10.1007/s11051-010-9847-z

BOSTROM, A.; LOFSTEDT, R. Nanotechnology Risk Communication Past and Prologue. **Risk Analysis**, Vol. 30, No. 11, 2010. Doi: 10.1111/j.1539-6924.2010.01521.x

LI, Y. et al. Removal of copper from aqueous solution by carbon nanotube/calcium alginate composites. **Journal of Hazardous Materials** 177, 876–880, 2010. Doi:10.1016/j.jhazmat.2009.12.114

JI, A. Adsorption of Pharmaceutical Antibiotics on Template-Synthesized Ordered Micro- and Mesoporous Carbons. **Environmental Science & Technology**, 44, 3116–3122, 2010. Doi 10.1021/es903716s

CULLEN, E. et al. Simulation of the subsurface mobility of carbon nanoparticles at the field scale. **Advances in Water Resources** 33, 361–371, 2010. Doi: 10.1016/j.advwatres.2009.12.001

SHATKIN, J.; NORTH, W. Perspectives on Risks of Nanomaterials and Nanotechnologies: Advancing the Science. **Risk Analysis**, Vol. 30, No. 11, 2010. Doi: 10.1111/j.1539-6924.2010.01541.x

GOTTSCHALK, F. et al. Possibilities and limitations of modeling environmental exposure to engineered nanomaterials by probabilistic material flow analysis. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Vol. 29, No. 5, p. 1036–1048, 2010. Doi: 10.1002/etc.135

YANG, W. et al. Carbon Nanomaterials in Biosensors: Should You Use Nanotubes or Graphene?. **Angewandte Chemie International Edition**, 49: 2114–2138, 2010. Doi: 10.1002/anie.200903463

ES'HAGHIA, Z. Et al. Carbon nanotube reinforced hollow fiber solid/liquid phase microextraction: A novel extraction technique for the measurement of caffeic acid in Echinacea purpurea herbal extracts combined with high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, 1217, 2768–2775, 2010. Doi:10.1016/j.chroma.2010.02.054

PASCIU, S. et al. Towards nanomedicines: design protocols to assemble, visualize and test carbon nanotube probes for multi-modality biomedical imaging. **Phil. Trans. R. Soc. A**, 368, 3683–3712, 2010. Doi:10.1098/rsta.2010.0081

RAY, S.; CHANDRA, H. ; SRIVASTAVA, S. Nanotechniques in proteomics: Current status, promises and challenges Biosensors and Bioelectronics **Biosensors and Bioelectronics** 25, 2389–2401, 2010. Doi:10.1016/j.bios.2010.04.010

TROUT, D. and Schulte, P. Medical surveillance, exposure registries, and epidemiologic research for workers exposed to nanomaterials. **Toxicology** 269, 128–135, 2010. Doi:10.1016/j.tox.2009.12.006

SAGER, T. and CASTRANOVA, V. Surface area of particle administered versus mass in determining the pulmonary toxicity of ultrafine and fine carbon black: comparison to ultrafine titanium dioxide. **Particle and Fibre Toxicology**, 6:15, 2010 Doi:10.1186/1743-8977-6-15

KAHRU, A. ; DUBOURGUIER, H. From ecotoxicology to nanoecotoxicology. **Toxicology** 269, 105–119, 2010. Doi:10.1016/j.tox.2009.08.016

HONG, S. et al. ChemInform Abstract: One- and Two-Dimensional Inorganic Crystals Inside Inorganic Nanotubes. **ChemInform**, 41, 2010. Doi:10.1002/chin.201048221

SCHEINBERG, D. et al. Conscripts of the infinite armada: systemic cancer therapy using nanomaterials. **Nature Reviews Clinical Oncology** 7, 266-276 (May 2010). Doi:10.1038/nrclinonc.2010.38

LIANG, H.; LIU, S. ; YU, S. Controlled Synthesis of One-Dimensional Inorganic Nanostructures Using Pre-Existing One-Dimensional Nanostructures as Templates. **Advanced Materials**, 22: 3925–3937, 2010. Doi: 10.1002/adma.200904391

GERACI, C. and Castranova, V. Challenges in assessing nanomaterial toxicology: a personal perspective. Wiley Interdisciplinary Reviews: **Nanomedicine and Nanobiotechnology**, 2: 569–577, 2010. Doi: 10.1002/wnan.108