

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Luís Fernando Moraes Marques

**PROPOSTA DE UM MODELO DE ANÁLISE
MULTIDIMENSIONAL PARA IMPACTOS DE NOVAS
TECNOLOGIAS:
interações entre nanotecnologia, economia,
sociedade e meio-ambiente**

Porto Alegre

2008

Luís Fernando Moraes Marques

**PROPOSTA DE UM MODELO DE ANÁLISE
MULTIDIMENSIONAL PARA IMPACTOS DE NOVAS
TECNOLOGIAS:
interações entre nanotecnologia, economia,
sociedade e meio-ambiente**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de

Federal do Rio Grande do Sul como requisito
parcial para a obtenção de título de Doutor em
Administração.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antônio Zawislak

Porto Alegre

2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M357p Marques, Luís Fernando Moraes
Proposta de um modelo de análise multidimensional para impactos de novas tecnologias : interações entre nanotecnologia, economia, sociedade e meio-ambiente / Luís Fernando Moraes Marques. – Porto Alegre, 2008.
237 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2008.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antônio Zawislak.

1. Administração. 2. Nanotecnologia. 3. Inovação Tecnológica. 4. Tecnologia – Impactos. 5. Desenvolvimento Econômico. 6. Análise Tecnológica. I. Zawislak, Paulo Antônio. II. Título.

CDU 658

Bibliotecária Responsável: Dênira Remedi – CRB 10/1779

Luís Fernando Moraes Marques

Modelo de Análise Multidimensional para Impactos de Novas Tecnologias: nanotecnologia, economia, sociedade e meio-ambiente

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Administração.

Conceito Final: **Aprovado**

Aprovado em 19 de outubro de 2008

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eugênio Ávila Pedrozo – PPGA/EA/UFRGS

Prof. Dr. Luiz Paulo Bignetti – UNISINOS/RS

Profa. Dra. Istefani Carisio de Paula – PPGE/EA/UFRGS

Orientador – Prof. Dr. Paulo Antônio Zawislak – PPGA/EA/UFRGS

DEDICATÓRIA

À minha Esposa pelo apoio e carinho neste momento especial.

AGRADECIMENTOS

Todos conhecem as dificuldades que envolvem a construção e finalização de uma tese de doutoramento. Um trabalho desta natureza não se faz sem parcerias. Portanto, gostaria de agradecer a todos aqueles que de alguma forma se fizeram presentes no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos coordenadores, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Paulo Zawislak, pelo apoio, idéias, compreensão, paciência, incentivo e companheirismo ao longo de todo este percurso.

Agradeço à minha família por ter me auxiliado nos momentos em que necessitei. Aos meus amigos e colegas da Universidade.

Agradeço ao pai da Mirelle, Rolando, pelo constante incentivo e mostrar que a vida tem um lado juvenil que facilita encarar os percalços.

Agradeço à Vera, mãe da Mirelle, e ao Ronei pelo apoio e incentivo durante estes anos de dificuldades, além do trabalho da tese.

Agradeço muito aos representantes das organizações que me possibilitaram a coleta de dados.

Agradeço especialmente à minha esposa, Mirelle Beulke, pelo carinho, amor, compreensão e, principalmente, incentivo de força e coragem, pois sem estes sentimentos e valores não seria possível cumprir devidamente esta jornada.

EPÍGRAFE

Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. Deve aprender a compreender as motivações do homem, suas quimeras e suas angústias para determinar com exatidão seu lugar exato em relação aos seus próximos e à comunidade.

(ALBERT EINSTEIN)

RESUMO

A nanotecnologia surge como uma promessa revolucionária na economia mundial. Diversas discussões sobre os benefícios do controle de materiais em escala nanométrica estão acontecendo pelo mundo. No entanto, até que ponto essas promessas irão se tornar realidade? Grandes setores industriais têm investido em pesquisa em nanotecnologia com objetivo de criar produtos com funções nunca antes imaginadas. Do ponto de vista tecno-econômico, a nanotecnologia tem um grande potencial para empresas e para a sociedade. Disto surge uma questão importante: uma tecnologia emergente não teria impactos do ponto de vista social e ambiental a considerar? As lições dos casos com outras tecnologias como, por exemplo, o tema dos Alimentos Geneticamente Modificados, devem ser consideradas, e, por isso, as discussões sobre a nanotecnologia devem ocorrer em uma perspectiva mais ampla, além da perspectiva tecno-econômica. A consideração de múltiplas dimensões (tecnológica, econômica, social e ambiental) é muito importante para o desenvolvimento da tecnologia na economia atual. Neste sentido, esta tese utilizou uma pesquisa de campo com a seguinte configuração: uma pesquisa exploratória, caracterizada por entrevistas com quatro atores envolvidos no desenvolvimento da nanotecnologia, e uma segunda pesquisa exploratória somente com representantes do ator empresa; e a segunda foi uma pesquisa descritiva, caracterizada pela aplicação de uma *survey* entre pesquisadores do ator universidade e centro tecnológico. O principal objetivo da pesquisa foi propor um modelo multidimensional de análise de impactos de uma nova tecnologia, onde são analisadas as relações dos impactos entre quatro dimensões de análise. Os resultados se compõem da discussão dos elementos do modelo multidimensional de análise de uma nova tecnologia para o caso da nanotecnologia, onde se conclui que as novas dimensões, social e ambiental, são importantes para o devido desenvolvimento de uma nova tecnologia, mas não compreendidos pelos atores do atual cenário de desenvolvimento da nanotecnologia.

Palavras-chaves: nanotecnologia, modelo multidimensional, análise tecnológica, desenvolvimento econômico.

ABSTRACT

The nanotechnology emerges with the promise to revolutionize the world. There are many discussions about the “great” things that could be done from the control of material in the nanoscale. However, until what point all these promises will become reality? International big industries has invested in nano’s research with the goal of create unimaginable daily products. From the techno-economic point of view, the nanotechnology has a great potential for the enterprises and for the society. Nevertheless, the question that emerges is: an emergent technology like that won’t have also the impacts in the environmental and social points of view? The lessons of the OGM cases have to be taken into account, and for this, the nanotechnology discussions have to be done in a broader perspective, that only the techno-economic level. The consideration of these multiples dimensions (technologic, economic, social and environmental) is very important for the development of this technology in the economy. In this sense, this thesis is a result of two phases: first is qualitative, and characterized by the experts interviews; the second is quantitative, and characterized by a survey application for the nanobiotechnology network integrants. The main goal of this research is to propose a model to analyse the impacts from nanotechnology in a multidimensional framework including macroeconomic view and the relationships among different dimensions of impacts. As results it proposed a matrix of “impacts x actors” that allowed a better comprehension of the brazilian nanotechnology scenario (in the nanobiotechnology domain), and the an overview about the initial stage of nanotechnology development considering the potential impacts for future. The main finding is that environmental and social dimensions are strongly related to technological and economic dimensions and are very important to consider during the economic development path.

Keywords: nanotechnology, multidimensional model, technology assessment, economic development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema dos Elementos da Escola Francesa da Regulação.....	29
Figura 2 - Modelo Bidimensional.....	41
Figura 3 - Modelo Multidimensional	42
Figura 4 – Estruturação das Abordagens de Desenvolvimento Empregadas na Pesquisa	44
Figura 5 - Relações no Modelo Multidimensional	51
Figura 6 - Relação Ator - Dimensão do Modelo.....	53
Figura 7 - Relação entre Atores, Dimensões e Direcionadores do Modelo.....	54
Figura 8 - Dinâmica por trás do Modelo e os seus Elementos	55
Figura 9 - Processo de Inovação e a Tecnologia.....	57
Figura 10 - Potenciais interessados nos impactos sociais	61
Figura 11 - Comparação de Escala em Nanômetros.....	68
Figura 12 – Convergências tecnológicas na nanoescala	73
Figura 13 - Explosão de artigos científicos relacionados à nanotecnologia (Base de Dados SCI).....	85
Figura 14 - Total acumulado de publicações sobre nanotecnologia por país e bloco de países no período entre 1990 a 2006.....	86
Figura 15 - Comparação de artigos e citações da nanotecnologia com outras Tecnologias em Bases Internacionais.....	88
Figura 16 - Número de patentes em nanotecnologia em 4 regiões.....	89
Figura 17 - Número de patentes em nanotecnologia na USPTO no período de 1988-2008	90
Figura 18- Gastos governamentais estimados para pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia entre 1997-2004 em milhões de dólares por ano	92
Figura 19 - Gastos governamentais dos Estados Unidos em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia entre 2001-2009 em milhões de dólares por ano	93
Figura 20 - Etapas de Pesquisa	97
Figura 21 -Mapeamento da Rede de Nanobiotecnologia (2003-2005)	109
Figura 22 - Esquema de relacionamento das dimensões do modelo multidimensional quanto aos impactos de uma nova tecnologia	124
Figura 23 - Dimensões do modelo multidimensional e a quantidade de impactos identificados	178
Figura 24 - Estudos de Impacto Intradimensional Tecnológico	179
Figura 25 -Estudos de Impacto Intradimensional Econômica.....	181
Figura 26 - Estudos de Impacto Intradimensional Ambiental	184
Figura 27 - Estudos de Impacto Intradimensional Social.....	185
Figura 28 - Análises de impacto entre as dimensões tecnológica e econômica	187
Figura 29 -Análises de impacto entre as dimensões tecnológica e ambiental	188
Figura 30 - Análises de impacto entre as dimensões econômica e social	189
Figura 31- Análises de impacto entre as dimensões econômica e ambiental.....	190
Figura 32 -Análises de impacto entre as dimensões social e ambiental	193
Figura 33 - Análises de impacto entre as dimensões ambiental e social	194

Figura 34 - Análises de impacto entre as dimensões social e tecnológica	195
Figura 35- Análises de impacto entre as dimensões ambiental e tecnológica	196
Figura 36 - Análises de impacto entre as dimensões econômica e tecnológica	197
Figura 37- Matriz de relacionamento dos impactos para quatro dimensões do modelo multidimensional	199
Figura 38 - Frequência de relacionamentos por dimensão	206

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese do Modelo	65
Quadro 2 - Diferenças entre pesquisa exploratória e conclusiva (descritiva).....	97
Quadro 3 - Relação de especialistas em nanotecnologia entrevistados	100
Quadro 4 - Incubadoras com Empresas que investem em nanotecnologia	103
Quadro 5 -Origem dos Representantes das Entrevistas do Ator Empresa	104
Quadro 6 - Contagem dos impactos quanto aos seus efeitos	112
Quadro 7 - Relação Dimensão, Tema da Dimensão, Tipos de Fonte, Sentenças Afirmitiva do Questionário da Survey e Sentidos dos Impactos	114
Quadro 8 - Quadro explicativo de cada impacto que forma as sentenças afirmativas do questionário da pesquisa descritiva	116
Quadro 9- Esquema de preenchimento da matriz de impactos versus atores	120
Quadro 10- Escala de representação da opinião dos entrevistados	121
Quadro 11 - Matriz de Impactos.....	154
Quadro 12 –Sumário de concordância dos impactos tecnológicos	163
Quadro 13 - Sumário de concordância dos impactos econômicos.....	167
Quadro 14 - Sumário de concordância dos impactos ambientais	168
Quadro 15 - Sumário de concordância dos impactos sociais.....	170
Quadro 16 - Síntese dos resultados dos impactos nas quatro dimensões na visão dos atores universidade e centro tecnológico e empresa.....	173
Quadro 17- Lista de impactos identificados para a nanotecnologia	177
Quadro 18 - Elementos do modelo de desenvolvimento	218

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesquisa sobre nanotecnologia junto a bases de dados internacionais	87
Tabela 2-Frequência das Respostas sobre Impacto Tecnológico da Nanotecnologia.....	162
Tabela 3 - Frequência das Respostas do Impacto Econômico da Nanotecnologia	165
Tabela 4 - Frequência das Respostas sobre Impactos Ambientais da Nanotecnologia	168
Tabela 5 - Frequências das Respostas sobre Impactos Sociais da Nanotecnologia.....	169
Tabela 6 - Frequências das Respostas sobre Regulação em Nanotecnologia.....	171
Tabela 7 - Frequências dos Impactos sobre os Atores da Nanotecnologia	171
Tabela 8 - Frequência dos tipos de relacionamentos intradimensional para os impactos da nanotecnologia	199
Tabela 9 - Frequência dos tipos de relacionamentos interdimensionais para os impactos da nanotecnologia	201
Tabela 10 - Grau de interatividade dos relacionamentos de impactos das dimensões do modelo multidimensional	205

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	6
1.2	ESTRUTURA DA TESE	7
2	CONSTRUÇÃO TEÓRICA	9
2.1	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SCHUMPETERIANO	13
2.1.1	<i>Definição de desenvolvimento econômico schumpeteriano</i>	14
2.1.2	<i>Intensidade da inovação tecnológica</i>	15
2.1.3	<i>Tecnologias de propósito geral</i>	17
2.1.4	<i>Direcionadores do desenvolvimento econômico</i>	17
2.1.5	<i>Impactos da Teoria Neo-Schumpeteriana</i>	18
2.1.6	<i>Paradigma científico e o paradigma tecnológico</i>	19
2.1.7	<i>Paradigma tecno-econômico</i>	24
2.2	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO PELA ABORDAGEM DA ESCOLA FRANCESA DA REGULAÇÃO	27
2.2.1	<i>Dinâmica da Teoria da Regulação segundo a Escola Francesa</i>	28
2.2.2	<i>Impactos segundo a Escola Francesa da Regulação</i>	34
2.3	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO “SUSTENTÁVEL”	36
2.3.1	<i>Visões sobre o desenvolvimento sustentável</i>	37
2.3.2	<i>Estrutura do desenvolvimento sustentável</i>	39
2.3.3	<i>Impactos segundo o conceito de desenvolvimento sustentável</i>	40
2.4	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	41
3	MODELO MULTIDIMENSIONAL DE ANÁLISE TECNOLÓGICA COM AMPLIAÇÃO DE FOCO: PRESSUPOSTOS, ELEMENTOS, RELAÇÕES E IMPACTOS	47
3.1	PRESSUPOSTOS DO MODELO	48
3.2	DIMENSÕES DO MODELO	49
3.3	RELACIONAMENTOS DIMENSIONAIS	50
3.4	OS ATORES E AS AÇÕES NAS DIMENSÕES DO MODELO	51
3.5	DIRECIONADORES DO MODELO	53
3.6	DINÂMICA POR TRÁS DO MODELO	54
3.7	IMPACTOS DERIVADOS DAS DIMENSÕES DO MODELO	56
3.7.1	<i>Impactos da dimensão tecnológica</i>	56
3.7.2	<i>Impactos da dimensão econômica</i>	57
3.7.3	<i>Impactos da dimensão ambiental</i>	58
3.7.4	<i>Impactos da dimensão social</i>	60
3.8	SÍNTESE DO CAPÍTULO	64
4	NANOTECNOLOGIA: CONTEXTO, BENEFÍCIOS, RISCOS E SINAIS DO PARADIGMA TECNOLÓGICO	67
4.1	DEFINIÇÃO DA NANOTECNOLOGIA	67
4.2	BENEFÍCIOS DA NANOTECNOLOGIA	68
4.3	RISCOS DA NANOTECNOLOGIA	74
4.4	ATORES DA NANOTECNOLOGIA	76
4.5	RELAÇÕES DIMENSIONAIS E DIRECIONADORES NO CONTEXTO DA NANOTECNOLOGIA	80
4.6	SINAIS DO PARADIGMA TECNO-CIENTÍFICO DA NANOTECNOLOGIA	83
4.6.1	<i>Sinais de produção científica</i>	84
4.6.2	<i>Sinais de produção tecnológica</i>	88
4.6.3	<i>Sinais de investimento</i>	91
4.6.4	<i>Síntese</i>	93
5	MÉTODO	96
5.1	ETAPAS DA PESQUISA	96
5.2	TIPOS DE PESQUISA DE CAMPO SELECIONADOS	97
5.3	PESQUISA EXPLORATÓRIA	98
5.3.1	<i>População e Amostra da Pesquisa Exploratória</i>	99

5.3.2	<i>Técnicas de Coleta da Pesquisa Exploratória</i>	104
5.3.3	<i>Análise de Dados da Pesquisa Exploratória</i>	105
5.3.4	<i>Limitações da Pesquisa Exploratória</i>	106
5.4	PESQUISA DESCRITIVA.....	107
5.4.1	<i>População e Amostra da Pesquisa Descritiva</i>	108
5.4.2	<i>Técnicas de Coleta da Pesquisa Descritiva</i>	109
5.4.3	<i>Análise de Dados da Pesquisa Descritiva</i>	117
5.4.4	<i>Limitações da Pesquisa Descritiva</i>	118
5.5	MÉTODOS DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	119
5.5.1	<i>Matriz de impactos</i>	119
5.5.2	<i>Síntese dos Impactos da Nanotecnologia</i>	120
5.5.3	<i>Topografia e Dinâmica dos Relacionamentos Dimensionais dos Impactos</i>	122
6	RESULTADOS	125
6.1	RESULTADOS DAS ENTREVISTAS EM PROFUNDIDADE DA PESQUISA EXPLORATÓRIA.....	125
6.1.1	<i>Definição de Nanotecnologia</i>	125
6.1.2	<i>Atores envolvidos com a Nanotecnologia</i>	126
6.1.3	<i>Diferenças para outras tecnologias</i>	131
6.1.4	<i>Impacto tecnológico</i>	132
6.1.5	<i>Impacto Econômico</i>	136
6.1.6	<i>Impacto Social</i>	143
6.1.7	<i>Impacto Ambiental</i>	144
6.1.8	<i>Síntese dos principais impactos e a relação com os atores envolvidos</i>	145
6.2	IMPACTOS SEGUNDO ATOR EMPRESA.....	156
6.2.1	<i>Impacto tecnológico visto por representantes do ator empresa</i>	157
6.2.2	<i>Impacto econômico visto por representantes do ator empresa</i>	159
6.2.3	<i>Impactos social e ambiental vistos por representantes do ator empresa</i>	159
6.3	IMPACTOS DA NANOTECNOLOGIA SEGUNDO A REDE DE NANOBIOTECNOLOGIA.....	160
6.3.1	<i>Dimensão tecnológica</i>	160
6.3.2	<i>Dimensão Econômica</i>	163
6.3.3	<i>Dimensão Ambiental</i>	167
6.3.4	<i>Dimensão Social</i>	169
6.3.5	<i>Diretrizes para um marco regulatório</i>	170
6.3.6	<i>Impacto sobre os atores</i>	171
6.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	172
7	ANÁLISE	175
7.1	PRESSUPOSTOS DO MODELO.....	175
7.2	DIMENSÕES.....	176
7.3	RELACIONAMENTOS ENTRE DIMENSÕES E INTRADIMENSÕES.....	179
7.3.1	<i>Análises Intradimensionais</i>	179
7.3.2	<i>Análises Interdimensionais</i>	186
7.3.3	<i>Matriz de relacionamento de impactos</i>	198
7.3.4	<i>Análises de Frequência de Impactos Intradimensionais</i>	199
7.3.5	<i>Análises de Frequência de Impactos Interdimensionais</i>	201
7.4	DINÂMICA DO MODELO.....	207
7.4.1	<i>Modo de Produção</i>	207
7.4.2	<i>Regime de Acumulação</i>	208
7.4.3	<i>As Formas Institucionais do Modelo</i>	211
7.4.4	<i>Modo de Regulação</i>	214
7.4.5	<i>Síntese da Dinâmica do Modelo Multidimensional no caso da Nanotecnologia</i>	217
8	CONCLUSÃO	219
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	223
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS PARA 1º PESQUISA EXPLORATÓRIA.....	234
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DESCRITIVA (SURVEY).....	235
	APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTAS PARA A 2ª PESQUISA EXPLORATÓRIA.....	237

1 INTRODUÇÃO

Na base de uma nova tecnologia, emerge a essência da novidade, da diferença em relação à realidade vigente. Este avanço tecnológico pode ser traduzido por uma idéia, um princípio, um modelo que se transforma numa invenção, que depois se traduz em novos ou melhorados dispositivo, produto, processo ou sistema (FREEMAN, 1982).

Se o resultado deste avanço chegar com sucesso à economia, tem-se o ciclo de uma inovação. Muitas destas inovações são oriundas de tecnologias cada vez mais novas, que promovem o desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1934). E dependendo da intensidade da novidade tecnológica, esta pode ocasionar impactos positivos e negativos na dimensão econômica. Se muito intensos, como no caso de tecnologias revolucionárias, os impactos que ficavam restritos à dimensão econômica se propagam para outras dimensões como a social e a ambiental.

Em função disso, qualquer tecnologia que apresente potencial para tal caráter de inovação revolucionária recebe a máxima atenção dos diversos atores presentes no cenário de desenvolvimento econômico.

Nos anos 80, a tecnologia da informação tomou para si o papel de indutora do desenvolvimento econômico ao permitir o progressivo aumento da produtividade nas organizações. Nos anos 90, a biotecnologia permitiu a entrada das aplicações tecnológicas na manipulação da vida e de seus sistemas. Isto gerou (e gera) impactos econômicos que respondem atualmente por um mercado na ordem de 30 bilhões de dólares, além de impactos sociais que permitem o prolongamento da vida e maior bem-estar para o cidadão (MALERBA e ORSENIGO, 2002). Já no século XXI, a nanotecnologia promete aplicações que culminarão em altas taxas de inovações com teor revolucionário (ROCO, 2004; LUX RESEARCH, 2008).

Tais mudanças tecnológicas são cada vez mais constantes, por conta do aumento de capacidade de pesquisa e desenvolvimento da Ciência Aplicada, levando a um maior número de patentes e expandindo as aplicações tecnológicas em um patamar nunca antes visto. O aumento desta produção científica está atrelado com a exponencial necessidade dos agentes econômicos em buscar novas alternativas de otimização de suas utilidades. Ainda por conta do aumento de novidades tecnológicas, a sociedade, por intermédio dos consumidores, e indiretamente pelos indivíduos que não são consumidores, é cada vez mais exigente

(LYNN, 2000), fazendo com que a Economia tenha a obrigação de responder com maior acuracidade.

Então, das relações entre Ciência, Tecnologia, Economia e Sociedade nasce uma miríade de interpretações. Acresce-se que a intensidade de exploração econômica, advinda do aumento de novidades tecnológicas, atinge também o Meio-Ambiente, por conta de aumento de poluição e da contaminação do meio biótico e abiótico, tornando ainda mais complexo o encadeamento dessas relações.

Para analisar o teor e as relações dessas mudanças, a teoria econômica ortodoxa lança mão de uma simplificação ao colocar a tecnologia como algo pronto e hermético, ocasionando impactos sobre o conjunto da economia (SCOTT, 1989).

Deste modo, novas tecnologias que se encontram em um estado emergente de desenvolvimento são analisadas tradicionalmente sob uma relação direta entre a dimensão tecnológica e a dimensão econômica, sendo que os impactos sobre eventuais outras dimensões são “desprezados”.

O modelo de análise de tecnologias predominante na literatura, conhecido como paradigma tecno-econômico, preconiza a compreensão da relação entre as dimensões tecnológica e econômica como conjunto de impactos preponderante para o desenvolvimento econômico (FREEMAN e PEREZ, 1988; PEREZ, 2007).

Primeiramente, o paradigma tecno-econômico de análise tecnológico foi construído sob uma perspectiva histórica, pois somente depois de que a relação entre tecnologia e economia foi confirmada é que o modelo ganhou o caráter prospectivo. A prospectiva lida com cenários futuros que poderão se confirmar ou não, da mesma forma que as ferramentas atuais de avaliação tecnológica tentam prever as tendências da evolução de parâmetros técnicos e suas conseqüências econômicas.

Uma das razões para a preocupação com a previsibilidade da trajetória de um novo desenvolvimento tecnológico ocorre em função de impactos negativos significativos de certas tecnologias anteriores. Um exemplo disso foi o emprego da energia nuclear para a destruição humana. Mas a razão que interessa a este trabalho é a econômica, a qual lança atores empresariais na busca de maior taxa de rentabilidade de seu capital, e uma das maneiras mais eficazes para isso é antecipar com segurança o desenvolvimento de aplicações tecnológicas que possam contribuir para o valor de produtos comercializáveis. Entretanto, este mecanismo de fundamentar com maior certeza a exploração econômica, por meio de análise de

impactos simplificada à relação entre tecnologia e economia, vem se mostrando insuficiente para lidar com a complexidade atual.

Isto porque os benefícios tecnológicos, que antes representavam maciça importância de uma tecnologia, vêm dividindo a atenção com os riscos provocados pela mesma tecnologia. Isto se agrava visto que a influência dos riscos da tecnologia acontece de três maneiras: a primeira delas está ligada ao conhecimento do risco que, em casos de tecnologias mais complexas como a nanotecnologia, é mais difícil de inferir, pois as possibilidades da nova aplicação tecnológica não são plenamente dominadas; o uso da tecnologia diretamente no objeto de aplicação é uma outra maneira, pois, mesmo que conhecidos os riscos, a ação fora de controle pode ocasionar danos de conseqüências muito graves; e a última maneira é a mais grave, devido aos efeitos de ordens superiores da tecnologia, também conhecidos como efeitos negativos indiretos, que implicam danos não previstos em objetos distantes da análise tecnológica considerada, como, por exemplo, o risco de desemprego em massa de cadeias produtivas tradicionais.

O significativo poder de impacto de novas tecnologias, que são significativamente permeáveis em diversos setores da economia e que carregam capacidade de transformação irreversível (revolucionárias), não é contemplado em modelos de análise tradicionais, que geralmente privilegiam relações bidimensionais. Neste sentido, parecer não haver um modelo suficientemente consistente que incorpore novas dimensões da complexidade do cenário de desenvolvimento tecnológico atual, suplantando a tradicional relação entre tecnologia e economia. Então, quais são os limites dos modelos bidimensionais tradicionais em lidar com a realidade tecnológica atual? Quais dimensões de análise devem ser incorporadas em um modelo de análise tecnológico?

Estas perguntas podem ter suas respostas orientadas pela atual necessidade de que uma nova tecnologia gere impactos econômicos, e destes impactos resulte em modificações nas relações sociais e no meio-ambiente, o que caracterizariam, respectivamente, impactos sociais e ambientais. Novas relações em novas dimensões de análise são requisitos atuais do contexto tecnológico que somente modelos de análise multidimensionais podem atender.

Em outras palavras, esta tese defende que a relação entre as dimensões técnica e econômica não é a única relação de um cenário de desenvolvimento tecnológico e que, por isso, é necessário um modelo multidimensional de análise

tecnológica. Este papel também pode ser concedido à relação entre a dimensão econômica e a dimensão social, ou mesmo entre a relação entre a dimensão econômica e a dimensão ambiental. Pode até mesmo ocorrer simultaneidade das relações entre as diversas dimensões mencionadas, o que caracterizaria dinamismo. Um exemplo disso são os impactos ambientais que geram atualmente um grau de preocupação nas sociedades de países desenvolvidos a ponto de pautar decisões no destino de uma tecnologia que um tempo atrás eram meramente técnicas e econômicas, como foi o exemplo dos Alimentos Geneticamente Modificados.

Dessa constatação, podem-se levantar questões como: Quais seriam realmente essas novas dimensões para serem incorporadas em modelo multidimensional de análise de impactos de uma nova tecnologia? Como acontecem os relacionamentos entre as dimensões? É necessário que determinados atores atuem sobre uma dimensão para que os impactos ocorram? Os impactos iniciais da dinâmica inicial do modelo são gerados somente de uma catálise na dimensão tecnológica ou esta dinâmica pode ser iniciada em outra dimensão?

São diversas questões que pautam o tema central desta pesquisa. Para isso, é necessário o contexto de uma nova tecnologia de potencial revolucionário, a fim de se compreender a estruturação dos seus potenciais impactos em múltiplas dimensões de análise.

Em síntese, esta pesquisa visa propor as características de um modelo multidimensional de análise de impactos tecnológicos. Para isso, o modelo precisa estar inserido em um contexto de desenvolvimento específico, a fim de limitar a pesquisa e dar sentido mais apropriado aos impactos nas relações dimensionais influenciadas pela existência da nova tecnologia.

As nanociências e a nanotecnologia se encaixam perfeitamente neste contexto. Na esfera de decisão das empresas, esta nova tecnologia tem significado uma perspectiva concreta de alteração das condições de competitividade em muitos setores da economia. Estas possíveis alterações decorrem do fato de que a nanotecnologia emerge dos meandros da Física e da Química, podendo, portanto, estar presente em tudo o que contenha átomos e moléculas, ou seja, em todas as coisas materiais. Esta propriedade da nanotecnologia pode ser compreendida como o grande impacto revolucionário que possibilitará o surgimento de uma miríade de aplicações tecnológicas de uso econômico. Desta propriedade surgem benefícios concretos tais como: a redução da quantidade de matéria-prima por unidade

produzida, a redução do consumo de energia, avanços na prevenção e na cura de doenças, o aprimoramento do desempenho de diversos produtos, novas aplicações e novos produtos, métodos modernos e eficazes de despoluição ambiental, novos materiais, portando propriedades físicas e funcionais inovadoras, e outras aplicações (RATNER e RATNER, 2003).

Na perspectiva positiva, a nanotecnologia se enquadra perfeitamente dentro dos propósitos dos agentes que planejam a busca por novas aplicações tecnológicas. No entanto, este fato não porta diferença em relação aos avanços tecnológicos anteriores, onde o desenvolvimento da nanotecnologia assume o mesmo pressuposto que estabelece que uma nova tecnologia traga impactos no desenvolvimento econômico.

Mas existe a perspectiva negativa de uma tecnologia, que no caso da nanotecnologia é derivada de sua propriedade de manipulação atômica e molecular ilimitada. Esta diferença para outras tecnologias preocupa pelo fato de que as novas propriedades físico-químicas possam ser desvirtuadas ou mal dimensionadas, abrindo espaço para transformações muito mais profundas, que poderiam gerar impactos muito negativos.

Esses potenciais impactos negativos lançam dúvidas a respeito da segurança dos destacados benefícios da nanotecnologia para a saúde humana e para as diversas cadeias biológicas (NANOLOGUE, 2006). Em decorrência disso, um aspecto negativo importante que pode surgir é o aumento da poluição ambiental por nanopartículas, que seriam geradas pelo aumento da oferta de produtos com nanotecnologia. Um outro aspecto negativo que permeia o surgimento de novas tecnologias é a interpretação irracional do uso da tecnologia, com a extrapolação das funcionalidades das aplicações para uma visão maligna, tal como aparece em argumentações de atores da sociedade civil organizada em que a nanotecnologia poderia constituir hordas de nanorobôs que poderiam invadir o corpo humano, construir novas configurações moleculares alterando definitivamente estruturas químicas conhecidas, e gerar desemprego generalizado em indústrias tradicionais (ETG GROUP, 2003).

A nanotecnologia tem o potencial de gerar impactos para além da relação bidimensional técnica-econômica, o que leva ao fato de que sua realidade se encontra na perspectiva da multidimensionalidade. Desta forma, um modelo que

reflita as relações da nanotecnologia com a economia, a sociedade e o meio-ambiente deve visualizar a necessidade deste tipo de perspectiva.

Em função dos impactos mencionados anteriormente e para atender a proposta de um modelo de análise multidimensional, a nanotecnologia servirá de objeto desta pesquisa.

Portanto, é necessário um modelo multidimensional de análise de impactos da nanotecnologia como solução para refletir esta perspectiva mais complexa.

Desta forma, o contexto do problema de pesquisa lida com a necessidade de um modelo multidimensional para analisar impactos de uma nova tecnologia e a necessidade de compreender a nanotecnologia como objeto de análise. Deste contexto, emerge uma questão de pesquisa: como estruturar um modelo multidimensional de análise de impactos de uma nova tecnologia com poder revolucionário?

Para responder a esta questão, cumprir-se-á os objetivos a seguir.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta tese é propor as características de um modelo multidimensional de análise de impactos de uma nova tecnologia. Desta maneira, propõe-se utilizar a emergência da nanotecnologia para compreender seus potenciais impactos, positivos ou negativos, que podem surgir nas relações entre dimensões importantes extraídas do cenário atual de desenvolvimento econômico a fim de testar um modelo multidimensional de análise tecnológica.

Os objetivos específicos da tese são propostos como seguem:

1. Identificar as dimensões de análise e respectivos potenciais impactos, positivos e negativos, de uma nova tecnologia no atual cenário de desenvolvimento tecnológico;
2. Identificar as relações entre as dimensões de análise e os respectivos potenciais impactos de uma nova tecnologia com os elementos estruturais das abordagens de desenvolvimento econômico;
3. Estabelecer cenários a partir do reconhecimento de um modelo de análise multidimensional de uma nova tecnologia.

1.2 ESTRUTURA DA TESE

A tese está estruturada em oito capítulos acrescida da seção de referências bibliográfica e apêndices.

O capítulo dois apresenta três abordagens teóricas da economia que auxiliam na compreensão do contexto tecnológico atual e permite a construção de um modelo teórico sobre o tema. Como o desenvolvimento econômico serve de contexto para os modelos de análise tecnológica tradicionais, este será o tipo selecionado para contextualizar o modelo a ser proposto. Assim, de três abordagens de desenvolvimento econômico serão extraídos os elementos estruturais para o posicionamento das relações dimensionais com a novidade tecnológica que o modelo deve conter, a fim de identificar o contexto, a direção, e o sentido dos impactos.

O capítulo seguinte mostra o modelo conceitual da tese que relaciona as múltiplas dimensões de análise da nanotecnologia e os respectivos efeitos causados internamente a cada dimensão e entre dimensões. Este modelo permitiu analisar os impactos identificados na pesquisa de campo.

O capítulo quatro mostra o contexto do objeto de pesquisa ao discutir sobre o conceito de nanotecnologia, seus impactos, riscos, e os atores envolvidos neste cenário.

O capítulo cinco apresenta o método da pesquisa, que foi dividido em dois tipos de pesquisa de campo: exploratória e descritiva. Para isso, as abordagens qualitativa e quantitativa foram utilizadas na coleta de dados em campo. Entrevistas com especialistas e uma *survey* foram as principais técnicas de coleta.

Para facilitar a compreensão dos potenciais impactos da nanotecnologia, a pesquisa de campo se limitou, primeiro, às aplicações do campo da biotecnologia, e segundo, às aplicações das indústrias farmacêutica e cosmética. O primeiro limitante se justifica pela existência de uma rede de pesquisa científica em Nanobiotecnologia, formada por um conjunto de universidades e centros tecnológicos renomados, que possuem condições de prever os impactos da nanotecnologia e suas conseqüências. Já o segundo limitante se explica pela existência de investimentos em pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico por parte da indústria farmacêutica em território nacional, seja por iniciativa de empresas transnacionais seja por empresas nacionais, onde os produtos nanotecnológicos

estão na iminência de entrar na fase de pesquisa clínica e os mesmos portam uma cadeia de impactos significativos do ponto de vista de relações de um modelo multidimensional.

O capítulo seis apresenta os resultados da pesquisa em termos dos impactos identificados pelos entrevistados, especialistas em nanotecnologia e pertencentes a diversas áreas de conhecimento, assim como os resultados estatísticos da *survey* que apontaram a confirmação dos impactos da etapa qualitativa.

O capítulo sete mostra o modelo conceitual aplicado ao caso da nanotecnologia, considerando primeiramente a análise macroeconômica da teoria da regulação e depois o encadeamento dos impactos identificados na pesquisa de campo.

Por fim, o capítulo oito apresenta as principais conclusões acerca dos resultados da tese e propõe uma continuação da pesquisa.

2 CONSTRUÇÃO TEÓRICA

A tecnologia é um meio importante para o desenvolvimento econômico. Por um lado, o uso de novas tecnologias implica em impactos positivos na dimensão econômica, onde se podem constatar resultados como o aumento da produtividade e o crescimento da riqueza (SCHUMPETER, 1934; SOLOW, 1957; NELSON e WINTER, 1982), e, por outro lado, implica também em impactos negativos como, por exemplo, o desaparecimento de setores econômicos, o aumento do patamar inicial de investimentos, excluindo novos entrantes ou retirando empresas do mercado, dificuldades na distribuição de renda (TOBIN, 1989; FURTADO, 2001). Estas conseqüências da tecnologia podem ser explicadas pela Teoria Econômica.

Uma importante vertente da Teoria Econômica é a Teoria do Crescimento Econômico. Crescimento econômico significa “aumento da capacidade produtiva de um país, medida pela comparação do produto nacional bruto (PNB) de um ano para o outro” (BUSINESS DICTIONARY, 2008). Aumento do estoque de capital, avanços tecnológicos, e aumento da qualidade e do nível educacional são considerados as principais causas do crescimento econômico (BUSINESS DICTIONARY, 2008)

Neste contexto, existem teóricos econômicos de linhas ortodoxas e teóricos econômicos de linhas heterodoxas, que tentam explicar o crescimento econômico sob parâmetros sustentados por vetores ligados ao grau de dinamicidade econômica, como, por exemplo, o papel da tecnologia, a taxa de investimento e o trabalho. Para deixar claro um dos critérios de diferenciação entre as linhas seguidas por esses teóricos, o grau de dinamicidade pode ser visto sob duas bases epistemológicas: estática e dinâmica.

A primeira base é de origem copernicana¹, ampliada pela teoria do equilíbrio ideal newtoniano (CLARK e JUMA, 1988), e está atada a uma visão de mundo racionalista² que busca uma trajetória perfeita e de caráter estático. A Economia se

¹ Remetendo ao século XVII, Copérnico foi um amplificador da visão de mundo reducionista, ao difundir a idéia de que o todo poderia ser representado por escalas que representavam comportamentos semelhantes, convergentes ao um ponto comum, e isto representaria após um tempo um padrão ideal a ser alcançado. Newton, ao estudar o comportamento dos corpos no espaço, lançou mão da visão copernicana e ensejou os primeiros traços de um equilíbrio ideal (corpos interagindo pela ação gravitacional de suas massas), com presente previsibilidade de comportamento (na trajetória) (CLARK e JUMA, 1988).

² Acrescenta-se que a individualidade é pré-requisito da racionalidade que, unida à busca do ponto ideal e atada à trajetória determinada, leva à racionalidade perfeita. Todo este conjunto (aqui

apropriou dos pressupostos e hipóteses derivadas da visão copernicana-newtoniana em suas linhas ortodoxas de pensamento (CLARK e JUMA, 1988). Assim, toda a responsabilidade do comportamento econômico recai sobre o indivíduo portador de racionalidade perfeita, em que o desempenho maximiza até um ponto ótimo, por meio de um caminho previsível e determinável. Estas são as bases do Equilíbrio Geral³, que pauta as decisões e ações desde o nível mais agregado até o mais desagregado. Portanto, o comportamento do ponto de referência de análise é absolutamente estático, pautando as linhas econômicas ortodoxas, como a teoria Neoclássica. Em oposição a este comportamento se encontra a base epistemológica dinâmica⁴.

O dinamismo da economia acontece por eventos estocásticos e não estatísticos, sendo que a trajetória de uma ação mostra diversos possíveis equilíbrios. Estes ainda podem ser influenciados por fatos históricos, que eliminam a previsibilidade absoluta de modelos econômicos⁵. Teorias como a Evolucionária Neo-schumpeteriana e a Escola Francesa da Regulação entendem que a realidade é formada por imperfeições e distúrbios, fazendo parte desta ordem, e ainda a incerteza e a imprevisibilidade formam constantes em modelos econômicos mais complexos. Deste modo, a tese se apóia epistemologicamente no comportamento dinâmico, pois é mais condizente com a realidade, e reflete mais adequadamente as múltiplas interconexões de efeitos que a tecnologia recebe em seu desenvolvimento e exerce em sua adoção.

sintetizado) representa uma visão de mundo que lançou as bases para praticamente todas as Ciências, inclusive as Sociais (CLARK e JUMA, 1988).

³ A macroeconomia neoclássica destaca o equilíbrio geral, a racionalidade dos agentes ou do agente “representativo”, o comportamento individualista (podendo-se dizer egoísta, ligado ao senso de sobrevivência) como pontos de suporte de sua construção teórica (CORICELLI E DOSI, 1988).

⁴ A Biologia de Charles Darwin deu sinais de avanços revolucionários no campo do pensamento científico ao admitir a existência da aleatoriedade na mutação genética e a ocorrência da seleção de uma espécie ou de determinadas características, não necessariamente da mais apta. Isto mostra um relacionamento dinâmico de um sistema, aberto à existência de imperfeições e incertezas, as quais não são desqualificadas, mas encaradas como acontecimentos normais da realidade (CLARK e JUMA, 1988).

⁵ O gradualismo nas modificações é uma característica do pensamento com viés evolucionário, que influenciou uma série de doutrinas como a marxista. Outro aspecto importante foi a incorporação dos fatos históricos no acontecimento das ações de um sistema (que recebia condições dadas – “A mão invisível”), influenciando significativamente no resultado final esperado. Isto eliminou a previsibilidade absoluta do comportamento de um sistema, que está sujeito a interações com outras condições, sistemas e anomalias (CORICELLI E DOSI, 1988).

Os economistas ortodoxos, que seguem explicando a realidade do crescimento econômico por modelos de base estática, apresentam basicamente três diferentes interpretações sobre o papel da tecnologia.

O primeiro conjunto de interpretações sobre o papel da tecnologia sustenta que os agentes econômicos selecionam a tecnologia mais adequada de um conjunto de possibilidades e aplicam no sistema produtivo, ocasionando melhorias da taxa de produtividade. No modelo econômico, a tecnologia fica de fora da equação matemática, vista, portanto, de uma perspectiva exógena. Esta interpretação é defendida com mais contundência por teóricos econômicos ortodoxos que acreditam que a tecnologia não emerge do sistema econômico (SCOTT, 1989).

O segundo conjunto de interpretações embute a tecnologia dentro do capital adquirido, como máquinas e sistemas produtivos. Portanto, é uma perspectiva endógena do modelo econômico, onde o progresso acontece pelas modificações dos parâmetros de desempenho do capital adquirido. Desta forma, a tecnologia é incorporada nos modelos econômicos como uma constante (SCOTT, 1989).

A terceira interpretação do papel da tecnologia em teorias econômicas ortodoxas parte do Modelo de Crescimento de Solow, o qual sustenta que o crescimento econômico vem da acumulação de bens de capital. A lógica deste modelo diz que quanto mais capital por trabalhador, maior será a produtividade do trabalhador e, portanto, maior o resultado da produção. A relação com a tecnologia é negativa de forma que se aumentar a intensidade da tecnologia, o próprio trabalhador fica mais produtivo e, portanto, se substitui máquinas por trabalhadores, fazendo cair o capital per capita. Se seguir esta tendência com a tecnologia, o crescimento econômico diminui. A exogeneidade da tecnologia permanece neste modelo, que interpreta o papel da tecnologia nas seguintes direções: i) aumenta positivamente a taxa de produção; ii) aumenta permanentemente a taxa de crescimento de produção per capita; e iii) reduz a relação capital-produção e aumenta permanentemente a taxa de acumulação de capital (SCOTT, 1989).

Dessas interpretações da teoria do crescimento econômico nascem as bases para se compreender o desenvolvimento econômico e o papel da tecnologia. No entanto, não são suficientes visto que a tecnologia possui um caráter dual, criação e difusão (TORNATZKY e FLEISCHER, 1990), pressupondo incerteza (NELSON, 1988), que dificilmente o determinismo de modelos lineares poderia refletir o real impacto de uma mudança tecnológica. Estes modelos bidimensionais, que

relacionam somente a tecnologia com a economia, não são suficientes para lidar com o desenvolvimento econômico por meio de uma nova tecnologia, pois incorporam apenas visões estáticas e lineares da realidade.

Para isso, surgem os modelos econômicos heterodoxos, que levam em conta em conta relações dinâmicas e não-lineares. Aqui serão mencionadas três abordagens destes modelos.

A primeira abordagem é o desenvolvimento econômico schumpeteriano que tem a característica de incluir as inovações com maior ênfase que visões tradicionais, garantindo assim a preocupação econômica e dando abertura a um sistema dinâmico e complexo. A implicação disso para o estudo dos impactos de uma nova tecnologia ao fundamentar a relação entre as dimensões tecnológica e econômica em bases mais complexas.

Em razão de que as atuais aplicações tecnológicas permitem uma exploração econômica muito significativa em conjunto com um potencial também significativo de malefícios, isto abre a possibilidade de que uma nova tecnologia deveria ser compreendida em razão de impactos em outras dimensões que incluíssem o meio-ambiente e sociedade. Esta melhor compreensão pode ser estruturada pela abordagem da Escola Francesa da Regulação⁶ (EFR). Esta teoria se estrutura sobre um modelo de desenvolvimento composto de um paradigma tecnológico, de um regime de acumulação e de um modo de regulação. Nesta composição, a dimensão tecnológica é reconhecida pelo paradigma tecnológico, que estabelece as regularidades aceitas pela tecnologia revolucionária. Já as regularidades econômicas advindas da introdução de um novo paradigma tecnológico são chamadas de regime de acumulação, o qual estabelece relacionamento com a dimensão econômica do modelo a ser proposto. Por último, o modo de regulação, que são as normas e restrições impostas pela sociedade, estabelece relação com a dimensão social.

⁶ A teoria da regulação é uma escola francesa do pensamento econômico, com origem na década de 70, de filiação marxista e calcada sobre uma visão de modelagem dinâmica da economia. O significado do termo regulação (régulation) é mais amplo do que o difundido em língua inglesa e portuguesa. Boyer (1988) explica que o sentido de regulação traduzido para o inglês (regulation) representa problemas relacionados ao comportamento das utilidades públicas (o mesmo traduzido para o português brasileiro). O autor sugere a tradução de regulação para o inglês como ajuste sócio-econômico (socio-economic tuning), que representaria melhor a amplitude do conceito. No entanto, esta tese preserva o termo regulação, da mesma forma que a tradução oficial do livro de Robert Boyer de 1990..

Entretanto, a teoria da regulação não prevê a perspectiva de limitantes para o regime de acumulação capitalista que, em razão de seus constatados efeitos danosos e acumulativos sobre o meio-ambiente, impõe a necessidade do conceito de sustentabilidade no desenvolvimento econômico. Assim a abordagem do desenvolvimento econômico sustentável é importante ao considerar um limitante no regime de acumulação capitalista ao pregar a aplicação racional dos recursos naturais, que não devem não mais ser considerados como fonte infinita de recursos de produção.

Desta feita, conciliar os elementos estruturais das três abordagens de desenvolvimento econômico na captura da complexa realidade tecnológica é uma tentativa, ainda que limitada, de explicar as potencialidades de novas tecnologias e de permitir que a trajetória de desenvolvimento dessas tecnologias amplie os benefícios a uma maior proporção de atores.

Contudo tais abordagens heterodoxas isoladamente não dão conta de lidar com a atual realidade tecnológica, pois ainda enfatizam relações bidimensionais ou não enquadram adequadamente as dimensões econômica, social, e ambiental, na forma multidimensional, abrindo espaço para que modelos multidimensionais originais compreendam melhor as relações de impacto de uma nova tecnologia com a Economia, a Sociedade e o Meio-Ambiente. Esta é a proposta desta tese.

Para isso, lança-se mão das abordagens do desenvolvimento econômico schumpeteriano, do desenvolvimento econômico da Escola Francesa da Regulação e do Desenvolvimento Sustentável, que serão apresentadas a seguir.

2.1 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SCHUMPETERIANO

A visão schumpeteriana propõe a compreensão da dinâmica do capitalismo, ou melhor, do equilíbrio do fluxo de desenvolvimento econômico por meio do papel do empreendedor, pela grande empresa que empreende Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), pelo conceito de destruição criativa, e do ciclo de inovação. A inovação embute o componente tecnológico em seu processo de criação e disseminação, o qual está por trás do interesse desta pesquisa. Deste modo, na cristalização das expectativas em torno do sucesso da nanotecnologia está a possibilidade de contribuir com inovações, que por sua vez transformariam as estruturas por trás do desenvolvimento econômico.

2.1.1 Definição de desenvolvimento econômico schumpeteriano

Por definição, o desenvolvimento econômico significa o aprimoramento e o crescimento das atividades econômicas que satisfazem necessidades (SCHUMPETER, 1934), dentro de um contexto de agentes com poder de ação (CLARK, 1985). Segundo Clark (1985), isto acontece de três maneiras: i) a melhoria da organização das instalações existentes; ii) a mobilização de novos recursos; e iii) a capitalização do processo produtivo.

De base utilitarista, este conceito dá forma aos elementos que fazem as necessidades serem atendidas por meio de produtos e serviços. Entre os principais elementos desse mecanismo estão o meio de produção, o insumo, o resultado final da produção, o valor de troca, os agentes de produção, o cliente, a força de trabalho, o conhecimento, e a tecnologia (SCHUMPETER, 1934; ROSENBERG, 1982; NELSON e WINTER, 1982).

A tecnologia é um dos elementos com maior poder de transformação, pois na origem do conceito esta tem a função de facilitar a interação entre o homem e a natureza, por meio da criação e aprimoramento das utilidades, e, de forma planejada e racional, dinamizar o desenvolvimento econômico. Ao longo dos séculos XIX e XX, diversas tecnologias despontaram com elevado poder de transformação, criadas a partir de atividades racionais em meio a lampejos de sorte e necessidade. O uso da máquina a vapor permitiu que a Indústria expandisse de forma sem precedentes na Inglaterra, caracterizando a primeira revolução Industrial. Depois veio o aparecimento da eletricidade que derivou em aplicações tecnológicas, permitindo o surgimento de novos produtos e processos em todo o mundo (FREEMAN e PEREZ, 1988). Mais recente, a partir da década de 70 do século XX, o uso intensivo da microeletrônica expandiu as funcionalidades dos produtos e provocou o desaparecimento de diversas indústrias como setores que dependiam essencialmente de dispositivos mecânicos (por exemplo, máquinas de escrever e carburadores).

Posicionando a tecnologia sob a visão microeconômica, a teoria schumpeteriana sustenta que a novidade tecnológica contribui para o desenvolvimento de novos produtos ao possibilitar modificações na forma, desempenho, custo e outros parâmetros do próprio produto final, além de alterar o desempenho dos meios de produção e dos insumos. No caso da nanotecnologia, o

poder de alteração do desempenho de parâmetros técnicos pode ser visto no capítulo 2 desta pesquisa.

Depois de lançado, o novo produto pode conquistar uma parcela do mercado, sendo assim chancelado como inovação. Desta forma, a pesquisa busca no desenvolvimento econômico schumpeteriano o elemento da inovação como meio para a tecnologia justificar sua capacidade de transformação estrutural.

Inovação se refere a um número de diferentes processos e resultados, entre os quais está o desenvolvimento de novos produtos (SCHUMPETER, 1934; VAN DE VEN, 1986). O que está na origem da inovação é uma idéia, um princípio, um modelo que se transforma numa invenção, que se traduz num novo ou melhorado dispositivo, produto, processo ou sistema (FREEMAN, 1982). Em extensão, a perspectiva schumpeteriana relaciona o conceito de inovação com a utilidade referendada por um conjunto de usuários, e o conseqüente crescimento econômico (FREEMAN e PEREZ, 1988). Em suma, inovação é composta de duas partes: a geração de uma idéia ou uma invenção e a conversão disto em um negócio ou numa aplicação útil (DIENST, 1996).

Contudo uma questão importante é entender o papel da tecnologia como fator para a geração de inovação. A resposta passa principalmente pelo conceito de quantidade de inovação, que pode determinar o grau de contribuição da tecnologia.

2.1.2 Intensidade da inovação tecnológica

Antes de descrever a quantidade de inovação, existem duas dimensões que podem ser adotadas para uma mais completa definição: a razão de parâmetros técnicos diferenciais e o grau de aceitação pelo mercado (CHANDY, 1996).

Na primeira dimensão, expressa-se principalmente a quantidade de melhorias realizadas em parâmetros funcionais do produto ou processo. Já na segunda dimensão, a participação de mercado vinculada às vendas é o critério para a inovação em produto e a porcentagem de adoção do processo pelos usuários de uma indústria é o critério para inovação em processo.

Então, de acordo com a primeira dimensão, pouca inovação, chamada comumente de inovação incremental, possui um índice de modificações de parâmetros que está na média das modificações praticadas no mercado. Este tipo de inovação ocasiona aumento de produtividade para a firma e altera gradualmente os componentes da estrutura de insumos. Dessa pouca quantidade de inovação

novos produtos são lançados, mas na essência as alterações recaem em superficialidades se vistas da perspectiva técnica (FREEMAN e PEREZ, 1988).

Por outro lado, uma quantidade maior de inovação – chamada geralmente de radical – possui uma quantidade de melhorias funcionais muito acima da média praticada pelo mercado. Assim, a inovação radical amplifica a capacidade de produtos em se tornar um domínio de mercado. Isto pode atingir as dimensões econômica e social, e assim propicia que novas indústrias surjam de súbito, modificando de forma inexorável o quadro de competitividade vigente e rearranjando o tecido social dos locais de atuação da firma. O advento do automóvel no século XX marcadamente provocou tal impacto, o qual modificou o modo de vida em vários países, as prioridades de investimento público, e reforçou a integração de diversos setores econômicos, entre outros aspectos (FREEMAN e PEREZ, 1988).

Entretanto, a classificação é polêmica e o modo como é medida não se tem consenso. Para Schumpeter (1934), a inovação acontece num passo contínuo, incremental, de molde evolucionário, porém destaca a importância da “destruição criativa” dada pela inovação radical que, de cunho revolucionário, transforma permanentemente as condições de mercado. Em contraponto, autores importantes como Marx e Strassman sustentam a convivência entre antigas e novas tecnologias, meios para inovações, por longos períodos sem caracterizar transformações estruturais que possam ser apontadas como revolucionárias (ROSENBERG, 1982). Fica claro que mudanças tecnológicas radicais não necessariamente contribuem para inovações que modificam o *status quo* das relações econômicas. Este ponto é ainda mais polêmico em relação à hipótese dada por Schumpeter de que inovações radicais não-relacionadas compõem um agrupamento de inovações depois de certo período (SILVERBERG, 2007). Isto formaria um fluxo de inovação que provocaria uma onda de transformação nas estruturas das relações econômicas e sociais. Esta transformação pode ser exemplificada pela trajetória tomada pela tecnologia dos semicondutores (DEWICK et al., 2004), que continua dinamizando a economia e modificando o comportamento da sociedade (produtos como GPS, celulares, e *transponders*, são dispositivos que, incorporados a diversos tipos de produtos, transformam a cultura de uma população ao modificar hábitos e costumes em função da tecnologia).

2.1.3 Tecnologias de propósito geral

Para caracterizar a influência da tecnologia nas inovações que modificam relações econômicas sem se deter na polêmica da quantidade de inovação, criou-se o conceito de tecnologias de propósito geral (TPG's). TPG's são caracterizadas pelo potencial de permeabilidade de utilidade em um vasto leque de setores econômicos e pelo dinamismo tecnológico (BRESNAHAN e TRAJTENBERG, 1995; CARLAW et al., 2005) Uma parcela dos benefícios gerados pela TPG's muitas vezes são indiretos em relação aos agentes iniciais da inovação, permitindo rentabilidade ou ganhos de produtividade para agentes usuários dessa inovações. No início, essas tecnologias são pouco significativas, com um número limitado de usuários, mas à medida que se difundem pela economia, elas evoluem:

- 1) em formas mais complexas, com aumento incontestável de produtividade;
- 2) no leque de aplicações;
- 3) na variedade de resultados econômicos que auxiliam a produzir; e
- 4) e na diversidade de novos produtos e processos tecnológicos que elas habilitam (CARLAW e LIPSEY, 2002).

A nanotecnologia tem se afirmando na opinião de especialistas como uma TPG, muito em função de suas potencialidades⁷ de uso em diversos setores da economia (CRANDAL, 1991; CARLAW et al. 2005; ELSI, 2005; ROCO e BAINBRIDGE, 2006).

2.1.4 Direcionadores do desenvolvimento econômico

Outro fator de análise da ligação entre tecnologia e inovação são os direcionadores do desenvolvimento econômico.

A busca da produtividade se apresenta como importante direcionador a orientar a inserção da tecnologia no processo de inovação. Para a Economia, produtividade é a taxa relativa entre o valor de saída e o valor de todas as entradas da função produção (CLARK, 1985). Exemplos de entrada são o capital e o trabalho, que, se

⁷ Carlaw et al. (2005, pg. 216) reforçam o potencial da nanotecnologia por meio de uma passagem extraída de um autor contemporâneo do cientista-futurista Erich Drexler: "...nanotecnologia poderá ter mais efeitos sobre nossa existência material do que as últimas duas grandes invenções neste domínio – a substituição de paus e pedras por metais e cimento e o surgimento da eletricidade".

tiverem suas relações na função produção alteradas, podem alterar a própria função produção.

A tecnologia e a mudança inerente, ao oferecer um espectro de possibilidades, podem modificar a função produção das seguintes maneiras: i) mais resultados podem ser produzidos com os mesmos recursos; e/ou ii) o mesmo resultado pode ser produzido com menos recursos (CLARK, 1985). Como a função produção pode ser alterada ao modificar capital ou trabalho, principais fatores de entrada, a mudança tecnológica pode ser descrita pelos mesmos fatores. Assim, a tecnologia pode ter a orientação de ser tanto poupadora de trabalho quanto de capital, e, em alguns casos, ser inerte.

Em síntese, este fator direcionador carrega um viés puramente técnico ao analisar a tecnologia como portadora de capacidade de melhoria de parâmetros técnicos. Ao ser aplicada, em determinada operação, a tecnologia tende a aumentar a produtividade, acendendo assim o interesse pela busca tecnológica.

Rosenberg (1982) afirma que tecnologia não pode ser vista somente como fator de redução de custos do processo de produção de um produto definido, ou seja, como inovação em processo, mas primordialmente como meio de trazer mais qualidade ao produto ou possibilitar a criação de novos produtos. Neste sentido, a tecnologia possibilita que as inovações em produto tragam a capacidade de aumentar a rentabilidade, seja pela expansão do próprio mercado ou pela entrada em novos mercados. Assim, a busca pela lucratividade seria um outro direcionador do desenvolvimento econômico que explicaria a relação entre tecnologia e inovação. Pode-se dizer que a melhoria da qualidade dos produtos traz uma melhoria do bem-estar dos usuários-consumidores, levando esta relação mais próxima da definição de Economia, diferentemente da busca pela produtividade que aproxima tecnologia e inovação da Engenharia.

2.1.5 Impactos da Teoria Neo-Schumpeteriana

A inserção da tecnologia e da sua mudança em modelos econômicos deixou de ser controversa, principalmente quando a dimensão temporal é envolvida. Quando o tempo da análise econômica responde a períodos curtos, a tecnologia é geralmente um elemento externo, dado, configurado, e irrestritamente aceito pela

dinâmica do modelo⁸. Em certas tentativas de modelagem, levando em consideração as condições de contorno e as hipóteses e pressupostos formulados⁹, a dinâmica econômica passa a ter maior previsibilidade. Em períodos mais longos, os efeitos da tecnologia entram adjacentes a uma outra importante discussão: se existem padrões (ou ciclos) de altas e baixas econômicas (respectivamente, também comumente chamados de desenvolvimento e crises) (SILVERBERG, 2007). Para isso, a literatura apresenta diversas visões, entre elas os ciclos de Kondratiev, com intervalos entre 40 e 60 anos, e os ciclos de Josef Schumpeter, com intervalos mais curtos, que tentam dar significado estatístico consistente a análises de períodos longos. Por diversas razões (conceituais, metodológicas, e práticas)¹⁰, os resultados não demonstram apoiar a criação de uma segura teoria econômica para períodos longos. Assim, para contornar essas dificuldades, fatos históricos pontuados devidamente no tempo (fatos estilizados) são identificados, com relação a variáveis ligadas a dinâmica econômica, como é o caso da tecnologia, e classificados sob um período significativo (segundo Silverberg (2007), esta sistemática é emprestada da antropologia). A continuidade de períodos significativos, onde cada período reúne fatos históricos com perspectivas de otimização de parâmetros de avaliação e convergência de resultados, pode ser considerada um ciclo de saltos qualitativos, mais conhecido como paradigma.

2.1.6 Paradigma científico e o paradigma tecnológico

O primeiro a utilizar o conceito de paradigma foi Thomas Kuhn, que mostrou por relatos históricos que a ciência movimenta-se por saltos abruptos nos significados do arcabouço teórico vigente, ocasionando mudanças profundas no modo de condução das pesquisas científicas (KUHN, 1962). Tais saltos foram batizados por Kuhn de revoluções que estabelecem paradigmas científicos, que representam padrões e modelos de pesquisa e de problemas. Kuhn define como deve acontecer a aceitação de um paradigma e os seus mecanismos de atualização realizados pela Ciência:

⁸ É o caso típico neoclássico, conforme abordado na seção anterior.

⁹ O termo condição de contorno foi desenvolvido pela Matemática em aplicações de modelagem e significa o conjunto de restrições impostas e eventualmente as condições iniciais para a dinâmica de um modelo específico.

¹⁰ Veja **Long waves: conceptual, empirical and modeling issues** de Silverberg (2007).

De início, o sucesso de um paradigma [...] é, em grande parte, uma promessa de sucesso que pode ser descoberta em exemplos selecionados e ainda incompletos. Ciência normal consiste na atualização dessa promessa, atualização que se obtém ampliando-se o conhecimento daqueles fatos que o paradigma apresenta como particularmente relevantes, aumentando-se a correlação entre esses fatos e as previsões do paradigma e articulando-se ainda mais o próprio paradigma (KUHN, 1962, p. 44)

Décadas mais tarde, Dosi (1982) tomou emprestada a base conceitual kuhniana para cunhar o paradigma tecnológico. Para este autor, a relação entre mudança tecnológica e desenvolvimento econômico determina algumas preocupações teóricas como o direcionamento dessa relação causal, o grau de independência da mudança tecnológica em face de mecanismos endógenos de mercado, o papel das formas institucionais, e os determinantes da taxa e direção das atividades de inovação. No sentido de contextualizar melhor essas preocupações, Dosi (1982) apresenta duas abordagens de direcionamentos da inovação: 1) “demand-pull”: orientado pelas necessidades da demanda; e 2) “technology-push”: orientado pelo conhecimento técnico da firma.

O direcionamento “demand-pull” procura reforçar o que muitas pesquisas empíricas costumam detectar em relação à necessidade de sintonia com os sinais do mercado (CHRISTENSEN et al., 2004). Deste modo, a relação enfatizada vem do sentido **Economia para a Tecnologia**.

Já o direcionamento “technology-push” inverte o sentido e a relação fica da **Tecnologia para a Economia**, ou seja, o resultado de descobertas científicas se transforma em aplicações tecnológicas, que podem ou não se transformar em inovações.

No entanto, o autor aponta deficiências para ambos os direcionamentos: o primeiro apresentaria a mudança tecnológica como um mecanismo reativo, baseado em um conjunto muito restrito de possibilidades tecnológicas¹¹, enquanto o segundo, em extremadas interpretações, aponta uma determinação causal unidirecional e inequívoca (da ciência para tecnologia e depois para o mercado). Mesmo mostrando que deficiências nas duas abordagens são prováveis, Dosi salienta que a fragilidade

¹¹ Conjunto batizado por Nathan Rosenberg de “black box” em **Inside the Black Box** de 1982.

da inovação pelo lado da demanda é em virtude das dificuldades de interpretação e lógica. Um exemplo ocorre na miríade de necessidades que poderiam existir *ex-ante* em processos de inovações incrementais, e a dificuldade de relacionar estas possibilidades com a realidade de uma inovação concreta, *ex-post*. Em complemento a esta crítica, Dosi (1982) demonstra que a tecnologia é tratada por esta abordagem como um conceito ágil e responsivo ao conjunto de necessidades, gerido com recursos e custos limitados. Todavia, esta situação não reflete a complexidade dos métodos e caminhos que existem na interação entre Ciência e Tecnologia e entre Tecnologia e Mercado.

Em relação a um modelo conceitual mais geral da mudança tecnológica, Dosi (1982) recomenda que se leve em consideração mecanismos de retro-alimentação (*feedback*) entre Tecnologia e Economia, independente das abordagens citadas anteriormente. Além disso, o modelo deveria considerar todas as intensidades de novidade que uma tecnologia pode prover para a inovação (da incremental à radical). Para justificar esses requisitos, o autor amplia o conceito de Tecnologia para:

um conjunto de pedaços de conhecimento, ambos diretamente 'práticos' (relacionado a problemas e dispositivos concretos) e 'teóricos' (praticamente aplicável, mas não necessariamente aplicado), know-how, métodos, procedimentos, experiências de sucesso e falhas, e, também, claro, dispositivos físicos e equipamentos (DOSI, 1982, p. 152).

Desta forma, o conceito de tecnologia engloba a noção de sistematização de solução de problemas que se materializa em dispositivos e aplicações tangíveis, e, ao mesmo tempo, uma parte da tecnologia é imaterial, representada pelo conhecimento e experiência. A componente imaterial da tecnologia restringe as possibilidades de alternativas tecnológicas a um conjunto e abre espaço para desenvolvimentos futuros. Assim, existem neste conceito o aprendizado da construção técnica e a experiência reunida para soluções tecnológicas alternativas, que somente podem ser concretizadas se ocorrer também uma leitura adequada de sinais do mercado.

Nesta leitura de possibilidades, Dosi (1982) propôs o conceito de trajetória tecnológica, que significa um padrão de atividades normais de solução de problemas

sob o manto de um paradigma tecnológico. Em outras palavras, se uma tecnologia seguir o caminho de uma determinada trajetória, existem heurísticas “positivas”¹² que direcionam a ação de balanceamento dos valores de variáveis técnicas, funcionais e econômicas rumo às soluções dinâmicas¹³.

Quando as “necessidades” tecnológicas são atendidas por seguir uma determinada trajetória, concomitantemente outras trajetórias tecnológicas são momentaneamente (ou permanentemente) excluídas. Deste modo, Dosi (1982) concluiu que paradigmas tecnológicos possuem efeito de exclusão. No entanto, nesta concepção a exclusão acontece na fase de criação da tecnologia, pois o mecanismo de adoção da mesma depende de outros aspectos (esses serão detalhados posteriormente).

Assim, o futuro de uma tecnologia não é um processo aleatório¹⁴, mas coberto por regularidades compostas de uma grande diversidade de fontes e de conseqüências (FREEMAN, 1988). Esta afirmação vem em consonância com a visão evolucionária que, segundo Allen (1988), propõe um tunelamento de idéias e iniciativas e que excentricidades de ações (exercício da criatividade) geralmente levam a perda significativa (mas que permite o aprendizado para os atores e inovações serem geradas de tempos em tempos).

Na outra ponta do processo de desenvolvimento tecnológico está a fase de adoção tecnológica que é concluída por meio de um processo de seleção (semelhante à seleção do domínio biológico). Dosi (1982) denomina este processo de “dispositivo seletivo”, que é caracterizado pela presença de forças econômicas, junto com as formas institucionais e sociais. Neste ponto, claramente, aparece a relação de sentido **Social para a Tecnologia**, embora o autor demonstre que os critérios econômicos são “mais precisos na definição dos caminhos...[...](DOSI, 1982, p.153)”.

¹² Dosi (1982) menciona a partir de Lakatos que a evolução de um programa de pesquisa avança por meio de regras metodológicas claras.

¹³ Foi propositadamente colocado o termo soluções no plural para a possibilidade do sistema apontar mais de uma solução (veja Lippi (1988), e o termo dinâmico para enfatizar a diferença com a visão neoclássica).

¹⁴ Allen (1988) menciona a existência de várias hipóteses para o fenômeno da aleatoriedade (mutação gênica no domínio biológico), desde a completa aleatoriedade até o completo poder do ambiente sobre o organismo (organização) o qual a mutação deve incorrer. O autor enfatiza ainda que uma solução intermediária seja recomendada para fenômenos que envolvem a ação humana, como é o caso da mudança tecnológica e a inovação.

Arthur (1988) mostra que a tecnologia pode conter um efeito de aprisionamento (conhecido em inglês como efeito *lock-in*) à sua trajetória de adoção, fazendo com que adotantes se prendam uniformemente a um tipo específico de tecnologia e certa previsibilidade seja conquistada. Mas isto depende das seguintes fontes, segundo Arthur (1988): 1) “aprendizado pelo uso”: à medida que se adota a tecnologia, mais tem seu uso aprendido; 2) rede de externalidades: quanto mais usuários adotarem a mesma tecnologia (rede), mais vantagens e benefícios para os usuários; 3) economia de escala em produção: quanto mais incorporada em produtos e estes forem vendidos, mais o preço da tecnologia cairá e mais adotantes a comprarão; 4) aumento de retorno informacional: quanto mais esclarecida e mais compreendida, mais a tecnologia é adotada; e 5) inter-relação tecnológica: quanto mais uma tecnologia é adotada, mais tecnologias e/ou produtos derivados fazem parte de sua infra-estrutura. Assim, uma tecnologia sob uma trajetória tecnológica, recebe a chancela econômica ao contabilizar adotantes, mas abre espaço para a influência de fatores sociais como é o caso do compartilhamento de informações entre usuários e a formação de redes de uso (este fator se inclina mais para a característica social quando é visto pelo prisma do adotante indivíduo).

Um outro conceito que influencia a fase de adoção da inovação é o “design-dominante” que, segundo Sahal (1995), é ditado pela adoção maciça do padrão funcional, construtivo e estético da tecnologia mais difundida, cujas invariâncias¹⁵ as demais tecnologias dificilmente tem como escapar. Schilling (1998) sustenta que o mercado estabelece o design dominante da tecnologia ao oferecer a sanção econômica, institucional, e mais recentemente considerada, a cognitiva, implicando no reconhecimento da inovação. As tecnologias que são dominantes provêm maior segurança aos novos produtores ao obter o retorno dos usuários, e ao mesmo tempo permitem a expansão do mesmo mercado pela inclusão dos produtores imitadores. Um caso clássico da adoção tecnológica de caminho irreversível aconteceu no mercado de videocassetes, quando a tecnologia VHS dominou sobre a melhor tecnologia Betamax (ARTHUR, 1988).

No parágrafo anterior é mencionado o conceito da imitação tecnológica, que segundo Dosi (1988) substitui terra a noção da racionalidade perfeita

¹⁵ Invariâncias são proporções relacionadas às variáveis construtivas e de desempenho de uma tecnologia que determinam o curso de desenvolvimento da mesma (SAHAL, 1995)

individualizada¹⁶, pois o imitador toma partido de uma decisão de outro sem ter a garantia de que é a melhor escolha. O processo de inovação tecnológica é beneficiado pelo conceito da imitação à medida que estimula mais agentes a entrarem na melhoria das características funcionais e técnicas da novidade, fazendo com a trajetória selecionada ganhe mais consistência por manter os princípios das idéias por trás da tecnologia inicial.

No entanto, o conceito de paradigma tecnológico apresenta determinadas fragilidades como o fato de não incluir nas análises os fatores sociais¹⁷ e políticos, assim como as questões éticas que perpassam as discussões sobre o futuro da tecnologia (RUSSEL, 1999).

A cadeia de impactos da mudança tecnológica passa (não necessariamente de forma tão linear, o que respeitaria a complexidade proposta por um sistema evolucionário) pela própria Tecnologia, desencadeando na Economia, e rumando pela Sociedade. Até aqui, o paradigma tecnológico tratou e analisou dessas dimensões, porém a extensão e a profundidade ficaram circunscritas à Tecnologia e aos efeitos microeconômicos.

2.1.7 Paradigma tecno-econômico

Freeman e Perez (1982) ampliaram a caracterização do paradigma ao reforçar os efeitos técnicos, econômicos e sociais da inovação, cujo termo ficou paradigma tecno-econômico, que significa:

um agrupamento de inovações técnicas, organizacionais e gerenciais inter-relacionadas, cujas vantagens são ser encontradas não somente em um novo leque de produtos e sistemas, mas acima de tudo nas dinâmicas das estruturas de custos relativos de todos os possíveis insumos de produção (FREEMAN, Prefácio, 1988, p. 10).

Perez (1983) reconhece em seus estudos a dificuldade de previsão de um novo paradigma tecno-econômico. Dimensões distintas como a social, política e econômica podem deslocar trajetórias tecnológicas em diferentes gradientes,

¹⁶ Mostrando óbvia distinção epistemológica para os neoclássicos.

¹⁷ Dosi (1982) inclui os fatores sociais no paradigma tecnológico, mas não desenvolve as correlações com a tecnologia, sob o conceito de retro-alimentação, e, ao final, como já dito em trecho anterior deste capítulo, afirma que os aspectos econômicos preponderam.

conduzindo-as em direções inesperadas, podendo não caracterizar um desajuste estrutural significativo que leve a concluir que seja um novo paradigma tecno-econômico. Perez (2007) acrescenta que o reconhecimento de tal paradigma passa pela constatação de que as características da tecnologia sejam penetrantes em diversas aplicações e atinjam indústrias além das indústrias criadoras da tecnologia e, com isso, possibilite o desenvolvimento de todo um sistema econômico.

No nível da firma, a inovação propulsora do novo paradigma tecno-econômico não tem força suficiente para estabelecer as bases necessárias. Mas as ações simultâneas de desenvolvimento tecnológico e de incentivo ao mercado dos aglomerados de comunidades tecnológicas e dos países proporcionam o respaldo necessário para que a mudança de paradigma ocorra. A mudança, segundo Perez (2007), deve se propagar pela economia com impactos estruturais sobre a distribuição, produção, comunicação e consumo, assim como mudanças sociais. Freeman e Perez (1988) assumem que a **Tecnologia** pode alterar quase que diretamente as relações **Sociais**, ao influenciar o comportamento dos consumidores e as relações sociais produtivas.

Sob a ótica dos ciclos econômicos de Kondratiev, Perez (2007) propõe dois períodos de difusão da tecnologia que o novo paradigma tecno-econômico deve percorrer até a completa formação de sua base, sendo que cada período pode durar de 20 a 30 anos.

O período inicial é denominado de instalação, pois representa a batalha travada pelos agentes com as tradições arraigadas do paradigma a ser rejeitado – um misto de crenças, valores, práticas, normas, regras, leis estruturas de poder e infra-estrutura. Neste momento, a direção do caminho da inovação é transferida ao capital financeiro, que alavanca investimentos para ampliar a base de conhecimento e a oferta de aplicações da tecnologia. Freeman e Perez (1988) sustentam que o investimento financeiro é um fator catalítico da tecnologia, independente de ciclos econômicos, e a confiança por detrás do quadro de iminente emergência do novo paradigma tecno-econômica é a verdadeira responsável pela enxurrada de capital no período germinal. Discute-se que, mesmo surgindo fora de ciclos econômicos, a qualquer instante e em qualquer setor da economia, tal inovação tem maiores chances de ganhar caráter paradigmático quando enquadrada na subida do ciclo econômico de Kondratiev.

Entre o período inicial de instalação e o período final, este chamado por Perez (2007) de desdobramento, existe um interregno de pequenos ajustes os quais levam a economia a uma pequena recessão, pois o volume de investimentos do momento anterior pressiona por mudanças políticas a fim de regular as novas práticas e as novas demandas. A partir disso, o capital produtivo entra em cena ao engajar em novas firmas e indústrias, subjungando a força anterior do capital financeiro.

Em seguida, o período final de desdobramento desenha as fronteiras de atuação do novo paradigma tecno-econômico, envolvendo todas as dimensões da sociedade (PEREZ, 2007). Mesmo contendo amplitude imensa de impactos, o novo paradigma tecno-econômico é perfeitamente reconhecível neste período, onde proporciona em termos macroeconômicos contínuo crescimento e desenvolvimento dos países, dos aglomerados e das firmas. Em termos microeconômicos, o acesso aos insumos chaves do paradigma é disseminado por um custo mais baixo, as inovações tecnológicas continuam ocorrendo, guiadas em maior proporção pelo novo paradigma, a base de conhecimento dos produtores da tecnologia aumenta e a disseminação de tal conhecimento permeia os vários níveis da firma, e tudo isto molda uma teia de interconexões entre diferentes setores industriais que sistemicamente encadeia impactos de ordens econômica e social, selecionando, excluindo e incentivando futuras inovações.

Deste modo, Freeman e Perez (1988) trabalham sobre o aumento da produtividade em termos macroeconômicos¹⁸ ao afirmar que somente a mudança do paradigma tecno-econômico ocorre se estiverem satisfeitas as seguintes condições microeconômicas: 1) custo relativo baixo e com significativa queda de patamares; 2) quase ilimitado fornecimento dos novos fatores de insumo por longos períodos; e 3) claro potencial de incorporação do novo fator (ou fatores) em muitos produtos e processos por todo o sistema econômico. O exemplo da microeletrônica é o mais utilizado recentemente para compor a satisfação desses requisitos.

Na mudança de um paradigma tecno-econômico, segundo Freeman e Perez (1988), um rol de impactos pode provocar alterações no regime de acumulação vigente, visto que afeta a organização da produção, as condicionantes do trabalho, o

¹⁸ A(s) tecnologia(s) que está(ão) por trás do novo paradigma tecno-econômico possui o poder de alterar os preços dos insumos, ao reduzir custos tanto do fator trabalho quanto do fator capital, e sob um caráter irreversível (isto é a chave para a diferença em relação ao pensamento neoclássico) (FREEMAN e PEREZ, 1988).

que poderia impactar nos ganhos dos trabalhadores, os níveis e a direção dos investimentos, o formato da competição, além do padrão de consumo, o que poderia afetar a demanda agregada. Estas alterações, de acordo com a teoria da regulação, exigem que modos de regulação sejam reestruturados para lidar com as novas regularidades do sistema econômico. Isto implica, em consonância com a visão de Freeman e Perez (1988), impactos profundos na estrutura institucional e social.

Em suma, a tecnologia é um meio pelo qual a inovação se utiliza para dar sentido ao seu propósito, contribuindo para o desenvolvimento econômico e repercutindo até mesmo na dimensão social. O problema é que a base de funcionamento do processo de desenvolvimento econômico schumpeteriano é puramente racional e calcada na restauração de um equilíbrio possível somente pelo mercado. Em função disso, existe a necessidade de que se busque em outra abordagem de desenvolvimento econômico a participação de outros agentes, considerando um maior teor de complexidade. A Escola Francesa da Regulação vem auxiliar nesta busca.

2.2 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO PELA ABORDAGEM DA ESCOLA FRANCESA DA REGULAÇÃO

A tecnologia é uma construção social durante o seu processo de desenvolvimento e de adoção, e por isso pode alterar para sempre o estado de coisas em uma sociedade (BASALLA,1988). Embora com maior ênfase na dimensão econômica, este tipo de afirmação pode ser confirmada por autores neoclássicos tal como no seguinte trecho:

Ele (Cournot de 1877 analisando sobre o processo de produção industrial) então discute sobre os efeitos sociais do progresso industrial no mercado de trabalho, concluindo que não existe problema contanto que a mudança tecnológica aumente a quantidade e a qualidade de bens e abaixe os preços sem causar diminuição na demanda por trabalho, mas quando isto causa uma queda permanente da demanda por trabalho somos forçados a realizar um julgamento de valor sobre o principal objetivo da atividade econômica (Heertje, 1977, p.81).

No entanto, os pressupostos neoclássicos não permitem garantir que a tecnologia terá seus efeitos negativos para a sociedade reduzidos ou estancados. Estudiosos da teoria da regulação como Boyer (1990) alegam que os neoclássicos

supervalorizam a hipótese da racionalidade individual, que pressupõe total conhecimento do modelo econômico, e o postulado do equilíbrio de oferta e demanda. A crítica ao primeiro pressuposto está na impossibilidade do mercado conhecer plenamente as soluções que debelariam crises, onde os efeitos negativos da tecnologia estariam agindo, mesmo que indiretamente, como o aumento da produtividade que leva ao desemprego. Em relação à crítica ao equilíbrio geral, nem toda a oferta cria a respectiva demanda, visto que podem não ser oferecidos postos de trabalho para suprir expectativas de necessidades de recursos humanos, visto que o uso da tecnologia pode suprimir vagas. Com isto, não acontece a distribuição equânime dos efeitos da mudança tecnológica sobre os atores da sociedade.

Para dar conta disto, mas não formulada para tal propósito, a inclusão das formas institucionais como promotora de regularidades dos regimes de acumulação e dos comportamentos individuais e coletivos é uma contribuição da teoria da regulação para lidar com as deformações da trajetória de uma nova tecnologia.

De filiação marxista, pode-se definir regulação como “o ajustamento, de acordo com certas regras ou normas, de uma infinidade de movimentos ou de atos e de seus efeitos ou produtos, que sua diversidade ou sucessão torna-os estranhos uns aos outros” (BOYER, 1990, p. 41).

A partir desta definição, a tecnologia e o seu desenvolvimento não mais são posicionados como entidades estanques e sob a responsabilidade apenas de agentes econômicos. Abre-se a possibilidade de terceiros regularem o destino que antes pertencia a um sistema fechado (NIELSEN, 2001).

2.2.1 Dinâmica da Teoria da Regulação segundo a Escola Francesa

Para que o modelo de desenvolvimento possa ser analisado adequadamente na dinâmica da Escola Francesa da Regulação (EFR), cinco elementos são necessários: 1) modo de produção; 2) paradigma tecnológico; 3) regime de acumulação; 4) as formas institucionais; e 5) modo de regulação (BOYER e SAILLARD, 2002).

A figura 1, a seguir, mostra esquematicamente a dinâmica entre os elementos da EFR, onde no modelo de desenvolvimento vigente perpassa um modo de produção, que é composto de um paradigma tecnológico em ligação a um regime de acumulação de capital. Esta ligação é de origem schumpeteriana.

A fim de moderar os impactos desta ligação, a novidade apresentada pela EFR é o modo de regulação.

Restam ainda as formas reconhecidas pela sociedade na qual refletem as mudanças na relação entre paradigma tecnológico e regime de acumulação, assim como efeitos da interferência do modo de regulação vigente.

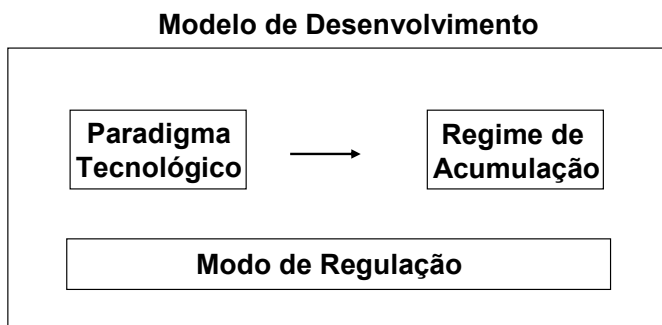


Figura 1- Esquema dos Elementos da Escola Francesa da Regulação

Fonte: adaptado pelo autor.

2.2.1.1 Modo de Produção

O modo de produção enfatiza as articulações entre as relações sociais e a organização econômica, ou seja, as relações sociais que regem a produção e a reprodução das condições materiais necessárias para a vida dos homens em sociedade (BOYER, 1990; NICOLETTI e SCARPETTA, 2003). Este elemento espelha em consequência a conjunção de relações de produção e de troca, com efeito sobre o processo de trabalho, que tem a submissão dos assalariados como fato.

2.2.1.2 Paradigma Tecnológico

O paradigma tecnológico reúne a tecnologia ou um conjunto de tecnologias com grande potencial de transformação econômica, inserida em padrões e trajetórias definidas pelo contexto dos atores em ação. A inovação resultante do meio tecnológico provoca efetivamente a transformação econômica, o que estabelece a relação com o regime de acumulação capitalista. DOSI (1982) foi o autor que cunhou o termo paradigma tecnológico, mas em AGLIETTA¹⁹ (1979) já

¹⁹ MICHEL AGLIETTA é considerado o autor que originou (ou sintetizou) as idéias mestras da Escola Francesa de Regulação (EFR), que foram publicadas em sua tese de doutorado em 1974, cujo título é

havia a noção do conceito como meio para o modo de produção efetivamente corresponder à expectativa de lucro do capitalista, que ganharia eficiência e eficácia se transformando em uma regularidade econômica, denominada regime de acumulação (na seção 2.6.1, este conceito será desenvolvido em maior profundidade).

2.2.1.3 Regime de Acumulação

O elemento seguinte é conhecido como regime de acumulação, o qual pressupõe acúmulo de lucros por meio da trocas de mercadorias geradas em modo de produção capitalista puro somado ao acúmulo de lucro por outros meios de reprodução do capital como o financeiro (GRAHL e TEAGUE, 2000).

No longo prazo, significa encontrar as diferentes regularidades sociais e econômicas referentes à: a) um tipo de evolução da origem de produção e da relação dos assalariados com os meios de produção; b) um horizonte temporal de valorização do capital a partir do qual podem ser definidos os princípios de gestão; c) uma divisão do valor que permita a reprodução dinâmica das diversas classes ou grupos sociais; d) uma composição da demanda social que reafirme a evolução tendencial das capacidades de produção; e) uma modalidade de articulação com as formas não-capitalistas (BOYER, 1990).

A partir destes aspectos, um regime de acumulação pode ser definido como o conjunto de regularidades que asseguram uma progressão geral e relativamente coerente de acumulação do capital, ou seja, que permitam absorver ou repartir no tempo as distorções e desequilíbrios que surgem permanentemente ao longo do processo.

Antes de posicionar a tecnologia em modelos macroeconômicos, deve-se entender qual é o regime de acumulação vigente ou se existem sinais que possam caracterizar uma transição do regime anterior, o Fordista de consumo de massa (BOYER, 1990).

Boyer (2000) atribui a transição entre a desaceleração da economia americana na década de 70 e a retomada do crescimento econômico na década de 90 a uma possível mudança no regime de acumulação, do Fordismo de consumo de massa,

“Accumulation et régulation du capitalisme em longue période. Exemple des États Units (1870-1970). Université de Paris I, em outubro de 1974.”

onde o nexu entre salário e trabalho era o elo central deste regime, para um regime financeiramente orientado. Para não impor uma conclusão neste sentido, o autor identifica diversos regimes de acumulação possíveis:

- Toyotismo: regime com flexibilidade de trabalho e segurança de emprego, Estado desenvolvimentista, produtos com diferenciação e qualidade para a massa, papel ativo do Banco Central, orientação à exportação, sendo o Japão como local característico;
- Orientação ao serviço: grande diferença da relação de trabalho entre setores industriais, competição local e oligopólica, um regime monetário de balanço entre inflação e desemprego, Estado limitado, que promove flexibilidade, internacionalização dos modernos serviços de negócio, crescimento extensivo da economia com aumento da desigualdade, tendo os Estados Unidos como local preponderante;
- Orientação às tecnologias de comunicação e informação: dualismo em relação ao emprego e trabalho de acordo com a tecnologia principal, a competição ligada à tecnologia dominante, papel do capital de risco e do crédito, construção de infra-estrutura pública para essas tecnologias, nova divisão internacional do trabalho de acordo com a tecnologia dominante, países subdesenvolvidos não acompanham este regime, tendo o Vale do Silício como berço;
- Economia baseada em conhecimento: dualismo em relação ao emprego e trabalho em função da escolaridade e habilidades cognitivas, competição governada pela velocidade da inovação, crédito, financiamento, e política econômica estimulados pela inovação, estado do bem-estar, nova divisão internacional do trabalho de acordo com o uso do conhecimento pela economia, difícil de ser implantada em países com escassez acadêmica, Estados Unidos como local predominante;
- Orientação à competição: flexibilidade de mercado externo e salários competitivos, privatização, liberalização, e desregulamentação, estabilidade da política monetária, Estado pró-ativo e estimulador do mercado, forte abertura internacional ao financiamento, comércio, e investimento, existe risco de excessiva capacidade e deflação, a maioria dos países da OCDE estão neste regime;

- Orientação à exportação: é frequentemente competitiva, pelo preço e/ou pela qualidade, regime monetário orientado a preço e taxa de câmbio estável, estratégia de novo mercantilismo, inserção no regime internacional pelas instituições chaves, estando fortemente expostos aos distúrbios externos, sendo os Tigres Asiáticos e os Novos Países Industrializados os principais representantes;
- Orientação financeira: flexibilidade de emprego, divisão de lucros e fundos de pensão, forma de competição ocorre principalmente no mercado financeiro, mas com tendência a oligopólios, prevenção da emergência de bolhas financeiras, sob a seleção dos mercados financeiros: busca da credibilidade, tendência às finanças globais, risco de instabilidade financeira sistêmica, tendo o Reino Unido e os Estados Unidos como precursores.

2.2.1.4 Formas Institucionais

A noção de forma institucional clareia as regularidades sociais que canalizam a dinâmica econômica (BOYER, 1990).

Este conceito denota a codificação de uma importante relação social, variando ora de um espaço para outro (nações) ora ao longo do tempo, e podendo assumir cinco formas principais, como definidas por Boyer (1990):

1) relacionamentos de crédito e moeda: definem a interação entre unidades econômicas separadas, tendo diversas configurações dependendo da direção de causalidade entre os dois termos deste relacionamento;

2) o nexa entre trabalho e salário: define a relação entre capital e trabalho (gestão e funcionários), o que envolve todos os problemas relativos à organização do trabalho e ao padrão de vida dos trabalhadores;

3) tipo de competição: as firmas podem competir para o aumento dos lucros via redução dos custos de produção e/ou inovações em produtos;

4) o modo de adesão ao regime internacional: é definido por um conjunto de regras e convenções que organiza a troca de mercadorias e serviços, a localização de unidades de produção e o financiamento do equilíbrio externo;

5) as formas de intervenção do Estado: visto que este tem o atributo de organizar as relações com a economia mundial, podendo ser por leis e regulação ou por gasto público.

2.2.1.5 Modo de Regulação

O último elemento é o modo de regulação que tem por finalidade promover a passagem de um conjunto de racionalidades limitadas referentes às decisões múltiplas e descentralizadas de produção e de troca à possibilidade de coerência dinâmica do sistema como um todo (GRAHL e TEAGUE, 2000). Lipietz (1984) define modo de regulação como:

o conjunto das formas institucionais, redes e normas explícitas e implícitas que asseguram a compatibilidade de comportamentos no quadro de um regime de acumulação, em conformidade ao estado das relações sociais, apesar das contradições e do caráter conflitual das relações entre os agentes e os grupos sociais (LIPIETZ, 1984, p. 6).

Este elemento tem por definição ser o conjunto de procedimentos e de comportamentos, individuais e coletivos, com a tripla propriedade de:

- 1) reproduzir as relações sociais fundamentais através da conjunção de formas institucionais historicamente determinadas;
- 2) sustentar e ‘pilotar’ o regime de acumulação em vigor;
- 3) garantir a compatibilidade de um conjunto de decisões descentralizadas, sem que seja necessária a interiorização dos princípios do gestamento do sistema com um todo por parte dos atores econômicos (BOYER, 1990).

O papel da tecnologia contribui de alguma maneira para gerar modificações nos modos de regulação (BARRY, 2002). Na EFR, Boyer (1990) relaciona a tecnologia com mudanças estruturais de longo prazo, não a considerando de forma isolada em relação ao resto do sistema econômico e social. O autor afirma que a questão principal é:

a coerência e a compatibilidade de um dado sistema técnico com um padrão de acumulação, sendo este definido por um complexo conjunto de regularidades econômicas e mecanismos afetando competição, demanda, mercado de trabalho, crédito e intervenção de Estado (BOYER, 1990, pg. 68).

Da relação dos agentes do relacionamento econômico existem as chamadas externalidades, que se configuram como efeitos colaterais da atividade econômica, prejudicando ou beneficiando sujeitos que não fazem parte das relações de compra e venda e que, portanto, não podem ser cobrados ou premiados, pois são estranhos a esta relação originadora dos efeitos. Para contrapor estas ações, a sociedade pressiona o poder político para devolver estes efeitos por meio da intermediação financeira do Estado, ao recolher impostos mais altos e devolver benefícios para a sociedade, ou diretamente pelos agentes econômicos que são levados a assumir obrigações para mitigar ou compensar os prejuízos causados (BARRY, 2002).

O conceito de “regulação”, vigente no mercado, significa toda e qualquer atividade do Estado voltada para a interferência no mercado, seja na forma direta ou indireta. Será, portanto, o conjunto que contém todas as atividades do Estado voltadas para obter um resultado através da atividade econômica (FEBRAFARMA, 2004).

O desafio regulatório é criar e atualizar normas jurídicas com a agilidade necessária para acompanhar as mudanças no sistema econômico evitando sua obsolescência e sem afetar a segurança do sistema jurídico. Simultaneamente, é preciso conciliar o sistema político, que impõe as políticas públicas que se pretende alcançar, com o sistema econômico, que, por sua maior velocidade e flexibilidade, se adapta rapidamente às novas normas e diretrizes causando muitas vezes distorções que geram o aproveitamento predatório das novas condições, minando a própria política pública que se pretendeu implementar (SHLEIFER, 2005).

Posto o desafio, a incorporação de tecnologias emergentes em produtos novos deve respeitar o conjunto de normas chanceladas pela sociedade de modo a conciliar com os interesses dos diversos atores do processo de desenvolvimento do mercado e daqueles portadores do interesse público. Sendo assim, o modo de regulação tem como uma importante função a prevenção de qualquer efeito nocivo à sociedade (SHLEIFER, 2005).

Para isto, os impactos tecnológicos são combinados com mecanismos econômicos e sociais.

2.2.2 Impactos segundo a Escola Francesa da Regulação

Os modos de regulação da EFR estão relacionados com a mudança tecnológica via formas institucionais definidas.

A primeira relação é da mudança tecnologia com o crédito e a moeda, sendo considerada aparentemente pouco relacionada, segundo Boyer (1990), mas o autor enfatiza a importância do trabalho de Schumpeter que mostrou o significativo papel do crédito (investimento) em redirecionar recursos para novos produtos (imbricados da nova tecnologia).

Já o nexo de salário e trabalho deve ter relativa importância quando influencia o padrão de consumo, o que afetaria a demanda. Deste modo, quando uma mudança tecnológica altera este nexo, afetado pela forma como o trabalho está vinculado com a inovação em processo (que a tecnologia acarretaria), o prisma macroeconômico teria os parâmetros modificados.

Outra relação importante é da mudança tecnológica com a forma de competição, pois dependendo do formato desta orienta a velocidade e a qualidade da outra. Um exemplo é a competição oligopólica, que se serve de lançamento de produtos para diferenciação, trazendo de roldão a mudança tecnológica.

Uma das formas institucionais mais relevantes para Boyer (1990) que se relaciona com a mudança tecnológica é o modo de adesão ao regime internacional, à medida que as bases do conhecimento e as aplicações tecnológicas são discutidas e validadas entre países.

A última forma é o modo como o Estado intervém nas relações econômicas, aonde a tecnologia vem recebendo uma definida proteção ao impor aos agentes normas e leis, além de direcionamento de investimentos, isenções fiscais, programas educacionais e de defesa, planos de desenvolvimento industrial e de pesquisa, entre outros instrumentos políticos.

O atual regime de acumulação é orientado à financeirização da produção (BOYER, 2000), onde a exploração de recursos naturais é bastante intensa em virtude das máximas exigências de lucro por parte de investidores-acionistas (não importando por qual meio está a lucratividade é extraída). Nesta análise, ficam patentes as relações entre **Sociedade e Economia** e entre **Ambiente e Sociedade**.

Em suma, a tecnologia pode ser analisada em sintonia com a macroeconomia pela estrutura formada pela EFR. Este conceito de desenvolvimento econômico incorpora as dimensões tecnológica, econômica e social. Esta última dimensão recebe maior atenção em virtude dos modos de regulação ter a pretensão de proteger o indivíduo e a sociedade. Mas o meio-ambiente (a ecologia) não é mencionada diretamente pelos fundamentos desta abordagem, abrindo a lacuna

para que a abordagem desenvolvimento sustentável preencha a dimensão ambiental.

2.3 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO “SUSTENTÁVEL”

As abordagens econômicas tradicionais vem (ou melhor, vinham²⁰) dominando o cenário econômico atual por meio de teorias ou ferramentas organizacionais que impunham certas verdades ao relacionamento entre as dimensões tecnológica e econômica. Uma destas vertentes é a teoria Econômica da Organização Industrial, que prescreve aos agentes econômicos um alinhamento com os vetores Estrutura – Conduta – Desempenho (PORTER, 1986; PORTER, 1989). Existem outras vertentes que, segundo BARIN-CRUZ (2005), enfatizam a relação Tecnológica - Econômica sem se preocupar com o meio-ambiente (e de certa forma com a sociedade), tais como a Visão Baseada em Recursos, as formas de Cooperação e Coopetição, entre outras.

Autores advindos das Ciências do Meio-Ambiente (Ecologia, Engenharia Florestal, Zoologia, etc) afirmam que o mundo está chegando ao limite do uso de recursos (SHELLENBERGER e NORDHAUS, 2004), onde as principais responsáveis são as empresas participantes das relações na dimensão econômica (SHRIVASTAVA, 1995).

Em conseqüência desta demasiada exploração de recursos pelo atual regime de acumulação, determinados fenômenos meteorológicas vem apresentando sinais de advertência que apontam para danos concretos sobre o clima, a terra e sua biosfera, e, conseqüentemente, para o ser humano (IPCC, 2007).

Deste modo, o desenvolvimento econômico vem reconhecendo a necessidade de uma nova linha de pensamento que incorpora o debate ambiental. O novo conceito de desenvolvimento que vem sendo construído nas últimas duas décadas se denomina desenvolvimento sustentável.

²⁰ A proporção da crise financeira mundial, iniciada em agosto de 2007, com as maiores conseqüências em setembro de 2008, impôs uma rediscussão sobre os pressupostos das teorias e abordagens neoclássicas (ou com raiz na Teoria do Equilíbrio Geral), sem qualquer sinal de consenso sobre qual linha deverá ser seguida. Embora haja sinais de que o meio-ambiente e a preocupação com a sociedade, esta por meio da regulação (conceito restrito), ganhem maior importância na continuidade das relações dos atuais modelos de desenvolvimento econômico (nota do autor, baseada em notícias do Jornal Valor Econômico e nas colunas de Economia do economista Delfim Neto).

O desenvolvimento sustentável é reconhecido como o “desenvolvimento que concilia as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de satisfazer suas necessidades (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987; 43)”.

Embora bastante difundido por membros da comunidade científica, mas principalmente por ecologistas, jornalistas e empresários interessados em respeitar e/ou lucrar com o conceito, o desenvolvimento sustentável é baseado em princípios axiomáticos, ainda não contando com repertório consistente de comprovações empíricas, sendo modelado em visões extremamente conflituosas, que poderia impossibilitar tornar realidade ações sustentáveis (SCHMANDT e WARD, 2000).

Um entendimento mais atual deste conceito procura abranger a criação de valor, ao permear o ciclo entre a dimensão tecnológica, a econômica, e a social, por meio de soluções auto-sustentáveis, independentemente da iniciativa privada e dos governos (PORTER e KRAMER, 2006). Este entendimento é uma tentativa de tornar o conceito mais objetivo e aplicável para os atores do desenvolvimento econômico.

Como a construção da definição de desenvolvimento sustentável é permeada de debates ideológicos e, muitas vezes, com a ausência de consenso em torno do conceito (advoga-se que a amplitude do conceito margem ao conflito mais contundente no debate), faz-se necessário compreender as visões mais importantes por trás do conceito e reconhecer aquela que norteará esta pesquisa.

2.3.1 Visões sobre o desenvolvimento sustentável

Gladwin et al (1995) sustentam a construção paradigmática que envolve o conceito de desenvolvimento sustentável a partir de um exame dialético entre 3 visões: 1) a visão tecnocêntrica convencional – funcionando como tese; 2) o ecocentrismo – funcionando como antítese; e 3) e a emergente e congregadora visão sustentocêntrica – funcionando como síntese.

A visão tecnocêntrica considera a natureza flexível em face de distúrbios no ambiente e o dano causado reversível, e o monitoramento do homem em cima destes fenômenos provido de completo domínio. Os recursos físicos da Terra são inesgotáveis por causa da significativa engenhosidade em sua exploração ou, em sua escassez, a busca da pronta substituição.

Esta primeira visão se sobrepõe ao vetor dos modelos de análise tecnológica bidimensionais, onde a relação entre a tecnologia e a economia é a única significativa.

O dano ambiental é subestimado nessa visão, resultando em ações passivas ou mesma inércia. O papel da Ciência vem em auxílio do meio-ambiente, mas seguindo um ritmo lento e próprio para esta questão. Os custos para que os danos sejam mitigados são postergados se excederem a determinado patamar do binômio custo e benefício. E o papel do ser humano na gestão da tecnologia é de pleno conhecimento de causa e infalibilidade moral (GLADWIN et al, 1995).

Na visão ecocêntrica, a essência da natureza é frágil e vulnerável, resultando em danos irreversíveis caso seja produto do interesse humano. Em suma, a visão prega valores irreconciliáveis entre o interesse humano e a natureza.

Esta visão se concentra apenas na dimensão ambiental, demonstrando pouco pragmatismo que pode levar ao pessimismo quanto ao uso racional da tecnologia, além de alta aversão ao risco por promessas tecnológicas. O desenvolvimento acontece na complementariedade entre o capital humano e o natural, sendo a natureza intocável no decurso deste processo. A substituição de recursos naturais não-renováveis é pouco provável em função de novas tecnologias (GLADWIN et al, 1995).

A visão sustecêntrica sustenta que a natureza pode absorver distúrbios causados pela ação humana de maneira variada. O sistema ecológico global é finito e limitado em sua capacidade de recuperação, restrito ao ponto de impor limites à capacidade máxima de produção natural de alimentos e extração de água potável. A escala de uso de materiais e energia precisa de limitação, embora seja difícil de especificar para a preservação dos sistemas naturais.

Gladwin et al (1995) afirmam que as duas primeiras visões de desenvolvimento são inadequadas²¹ para uma equilibrada análise de custo e benefício de qualquer ação de progresso.

Zawislak et al. (2006) apresentam uma discussão que retoma este debate e definem que a visão sustecêntrica é a mais coerente, pois incorpora a dimensão

²¹ A escolha da visão pelos autores, Gladwin et al (1995), é fundamentada já sob o paradigma que eles escolheram, onde não a julga mais verdadeira, não a põe em experimentação, não tem argumentos lógicos e irrefutáveis, e não desqualificam as demais. O centro da escolha parte de uma pergunta elementar: "Como nós queremos viver?".

ambiental de forma a ajustar os limites com as demais dimensões (tecnológica, econômica e social) de um conceito de desenvolvimento econômico. Os autores também definem, a partir desta visão, que desenvolvimento econômico é:

um conjunto de ações que podem garantir melhores condições para a sobrevivência humana, a qual pode ser desdobrada em diferentes níveis, tais como: melhores ferramentas e técnicas para resolver problemas (dimensão tecnológica), aumento de geração de riqueza (dimensão econômica), amplo bem-estar para a sociedade (dimensão social), e conservação de recursos naturais (dimensão ambiental) (ZAWISLAK et al, 2006, p. 4).

A abordagem do desenvolvimento econômico sustentável apresenta condições de abranger diversas dimensões da realidade e, para isso, alguns elementos estruturais são propostos por autores especialistas no tema.

2.3.2 Estrutura do desenvolvimento sustentável

Sachs (2004) propõe oito diferentes dimensões, importantes para que um desenvolvimento sustentável se efetive, e algumas recomendações para cada uma delas:

- **Social**: alcance de um patamar razoável de homogeneidade social; distribuição de renda justa; emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida descente; igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais;

- **Cultural**: mudanças no interior da continuidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação); capacidade de autonomia para elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno; autoconfiança combinada com abertura para o mundo;

- **Ecológica**: preservação do potencial do capital natureza na produção de recursos renováveis; limitar o uso dos recursos não-renováveis;

- **Ambiental**: respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais;

- **Territorial**: configurações urbanas e rurais balanceadas; melhoria do ambiente urbano; superação das disparidades inter-regionais; estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis (conservação da biodiversidade pelo eco-desenvolvimento);

- **Econômico**: desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado; segurança alimentar; capacidade de modernização contínua; razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica; inserção soberana na economia internacional;

- **Política (nacional)**: democracia através da apropriação universal dos direitos humanos; desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores; um nível razoável de coesão social;

- **Política (internacional)**: eficácia do sistema de prevenção de guerras da ONU, na garantia da paz e na promoção da cooperação internacional; um pacote Norte-Sul de co-desenvolvimento, baseado no princípio de igualdade entre parceiros; controle institucional efetivo do sistema internacional financeiro e de negócios; controle institucional efetivo da aplicação do Princípio da Precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais; preservação das mudanças globais negativas; proteção da diversidade biológica (e cultural); gestão do patrimônio global, como herança comum da humanidade; sistema efetivo de cooperação científica e tecnológica internacional e eliminação parcial do caráter de commodity da ciência e tecnologia, também como propriedade da herança comum da humanidade (SACHS, 2004).

Alguns elementos estruturais acima, como os que se referem à política, cultura, território, e ecologia, serão desconsiderados por esta pesquisa em razão de que estão além do escopo de análise tecnológico a ser proposto e, além disso, por apresentarem dificuldades naturais pela enorme amplitude de temas que abarca. Os demais elementos estruturais, como tecnologia, economia, meio-ambiente e sociedade, permanecem em consonância com o propósito da pesquisa

2.3.3 Impactos segundo o conceito de desenvolvimento sustentável

A abordagem do desenvolvimento sustentável também prega axiomas para a estabilização do consumo de recursos que são de operacionalização trabalhosa, o que demonstra que o uso da tecnologia poderá implicar em ganhos neste processo. Este ponto marca a relação entre **Tecnologia e Ambiente**, em ambos os sentidos. Para Fauchex e Nicolai (1998), a mudança tecnológica teria o potencial para soluções redutoras de emissão de poluentes e de melhor aproveitamento de recursos.

Na prática, o sistema econômico que provê os bens materiais para os seres humanos é calcado em sistemas ecológicos. Entre tais sistemas existe uma interação significativa de efeitos que acaba implicando na qualidade de vida do ser humano. Por isso, segundo defensores desta visão, uma economia próspera depende da estabilidade da ecologia. Os aspectos sociais e ambientais, antes vistos como tangentes ao sistema econômico, unem-se ao aproveitamento de recursos e à satisfação das necessidades dos seres humanos de forma mais comedida na constituição do atual conceito de desenvolvimento sustentável (FAUCHEX e NICOLAÏ, 1998). Ações sociais e ambientais são direcionadas por instrumentos políticos próprios, em consonância com as práticas usuais do mercado, embora com teor maior de representatividade.

Assim um modelo que leve em conta a dinâmica econômica contemporânea deve ampliar seguramente seu escopo de análise, considerando a tecnologia com o papel de agente de mudança social e ambiental e vice-versa.

O modelo atual provoca o esgotamento mais rápido de reservas naturais (minérios, gás, óleo, água, etc) de localidades tradicionais e amplifica a migração de novos investimentos para outras localidades do mundo²², o que amplifica o efeito dos diversos tipos de poluição e degradações, pondo em risco o equilíbrio de diversos ecossistemas e sociedades. Nesta análise, ficam patentes as relações entre **Economia e Sociedade** e entre **Sociedade e Ambiente**.

2.4 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O modelo bidimensional de análise tecnológica, que leva em conta a relação entre a dimensão tecnologia e a dimensão econômica não atende às necessidades do atual cenário de análise de tecnologias de potencial revolucionário (figura 2).

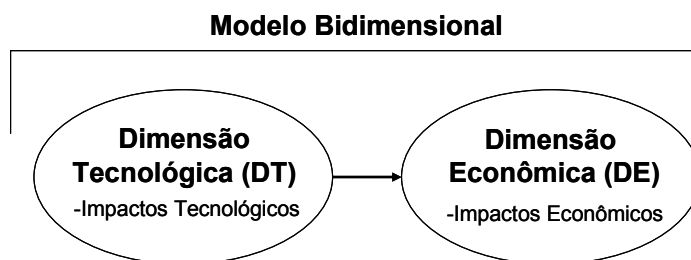


Figura 2 - Modelo Bidimensional

²² O fator espacial vem recebendo atualmente atenção mais acurada por parte de pesquisas devido ao espalhamento dos investimentos em países fora do conjunto de países desenvolvidos.

Fonte: adaptado pelo autor.

Este modelo vem pautando a construção de teoria econômica de abordagens tradicionais. Para as abordagens não tradicionais, onde se encontram a teoria schumpeteriana do desenvolvimento econômico e as suas evoluções, como a teoria evolucionária de Nelson e Winter, o modelo bidimensional é parte inicial de construção conceitual. No entanto, este tipo de modelo tem sido substituído por modelos multidimensionais de complexidades maiores que abarcam outras dimensões importantes da realidade atual como as dimensões social e ambiental.

Os modelos multidimensionais correlacionam todas as quatro dimensões de análise tecnológica e ampliam as possibilidades de relacionamento entre os atores que agem no processo de desenvolvimento tecnológico (figura 3).

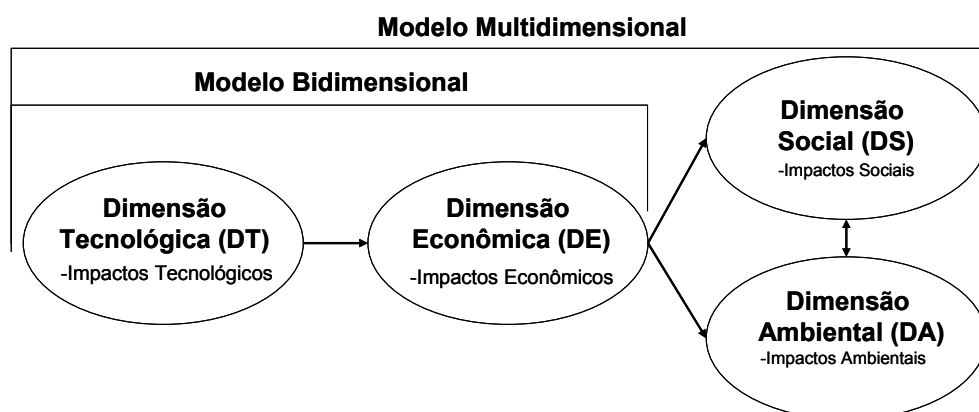


Figura 3 - Modelo Multidimensional

Deste modo, este capítulo visa fundamentar teoricamente a pesquisa desenvolvida por meio de uma abordagem de desenvolvimento econômico schumpeteriana complementada pelas abordagens da teoria da regulação e do desenvolvimento sustentável, que melhor atuariam para estruturar um modelo multidimensional de análise tecnológica.

Com base neoclássica, Schumpeter (1939) mostrou que o desenvolvimento econômico ocorre em fluxos circulares de valor advindo do surgimento de uma inovação. A inovação responde a vários fatores como a intensidade da novidade, a base tecnológica, o contexto da firma e do mercado, a confiança dos investidores no contexto micro e macroeconômico, níveis de competitividade, experiência e competências internas nas funções produtivas e nas funções de contato com o mercado, principalmente vendas e distribuição, a presença dos custos de transação, e a velocidade de difusão da inovação (NELSON e WINTER, 1982; WILLIAMSON,

1985; BHALLA, 1987, FREEMAN e PEREZ, 1988; KEEGAN e TURNER, 2002; CHRISTENSEN et al., 2004). Posicionada por Schumpeter em um patamar tão significativo de importância, a inovação é portadora de tecnologia(s), que influenciam o curso do desenvolvimento econômico. Assim, o enfoque deste trabalho recai sobre a amplitude das consequências da novidade tecnológica no cenário de desenvolvimento econômico.

De base anti-neoclássica, a teoria da regulação propõe para o pleno desenvolvimento econômico a intermediação de um modo de regulação para os meios de produção e para o regime de acumulação capitalista (AGLIETTA, 1979). Este elemento coaduna interesses dos agentes do desenvolvimento econômico, ao impor normas e regulamentos ao processo capitalista. O foco do trabalho acontece no papel da regulação em visualizar de forma macroeconômica o papel da tecnologia e mostrar os elementos que regem dimensões por onde os impactos da tecnologia perpassam.

Em complemento às duas abordagens anteriores, o desenvolvimento sustentável incorpora a preocupação com o meio-ambiente, de modo a conceber um regime capitalista que diminua o excesso de depredação ambiental e garanta bem-estar para a sociedade (ELZEN e WIECZORECK, 2005)

A reunião de abordagens de desenvolvimento econômico distintas repousa sobre o preceito da complementaridade (HÖPNER, 2005). Neste caso, para fundamentar os impactos de uma nova tecnologia na complexidade contemporânea apenas uma abordagem de desenvolvimento econômico não é suficiente, pois, se tomar o caminho tradicional, as consequências da tecnologia que não forem possíveis de ser previstas ou que obtiverem retorno aquém de um valor ótimo, serão classificadas como imperfeições. Neste modelo bidimensional tradicional, entre tecnologia e economia, a inclusão de atores com propósitos distintos em campos de interesse heterogêneos não é permitida.

O modelo multidimensional a ser proposto utiliza a abordagem schumpeteriana para analisar as dimensões tecnológica e econômica e suas respectivas relações (figura 4). Esta abordagem tem o foco na dimensão tecnológica, enquanto as demais dimensões possuem um foco secundário.

Para o relacionamento das dimensões tecnológica e econômica com a dimensão social e com a dimensão ambiental, utilizar-se-á da abordagem da Escola Francesa da Regulação, que permite visualizar tais relações tanto sob uma

perspectiva macroeconômica quanto sob uma perspectiva microeconômica. Embora inclua a dimensão ambiental, a EFR tem o foco sobre a dimensão social.

A dimensão ambiental ganha significativa importância na última década, tendo a abordagem do desenvolvimento sustentável como meio para a compreensão dos elementos do meio-ambiente, que eram considerados externalidades pelos modelos tradicionais, no regime capitalista.

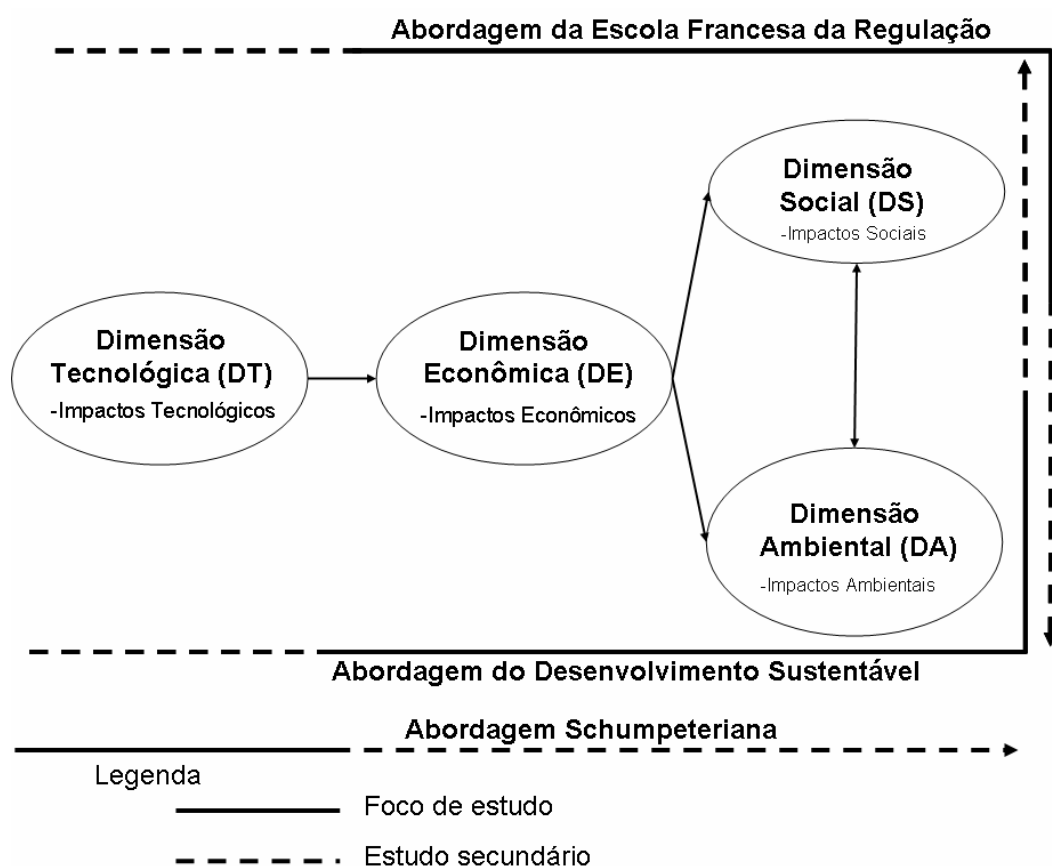


Figura 4 – Estruturação das Abordagens de Desenvolvimento Empregadas na Pesquisa

A representação de um modelo representa uma parcela da dinâmica da realidade. Para este modelo hipóteses e pressupostos são formados, a serem confirmados ou não, dentro do comportamento médio de valores de variáveis de determinado sistema, enquanto outras perspectivas da realidade são rejeitadas, ignoradas ou relegadas a um plano inferior de importância.

A teoria econômica, assim como em todas as ciências naturais e a outras ciências sociais, baseia seus modelos frequentemente no paradigma newtoniano, determinístico, em constante busca de um equilíbrio único (ALLEN, 1988). Schumpeter formulou uma teoria que destoava do pensamento dominante de sua

época, principalmente em seu período juvenil (FREEMAN, 1988), que era walrasiana²³ na leitura das tendências, mas que dava abertura ao papel da tecnologia e da implicação da inovação no sistema econômico.

Contudo, a teoria schumpeteriana apresenta algumas fraquezas ao não descrever as relações das instituições com o sistema econômico e o nível de influência de cada relação na mudança tecnológica, embora tenha ressaltado a importância do papel delas (FREEMAN, 1988). Certa extensão do paradigma neoclássico, a versão econômica newtoniana, conduziu a modelos mais sofisticados, embora ainda com hipóteses restritas, fundamentadas na perspectiva cartesiana de otimização dentro da captura de valores médios. Tais modelos ainda pressupõem o exercício constante da racionalidade e do pleno conhecimento das informações entre os agentes.

Em oposição a esta visão, a existência da variabilidade das ações e decisões é pressuposto de modelos evolucionários no transcorrer da dinâmica da realidade de um sistema econômico. Sobressaltos, erros, imperfeições, patamares longe do “ótimo”, que seriam excluídos ou subvalorizados em modelos neoclássicos, são endógenos do modelo e vistos como oportunidade de aprendizagem e de melhoria de processos dos agentes, permitindo que o desenvolvimento econômico subsista com mais constância.

Assim as mudanças tecnológicas de grande impacto ganham mais sentido no sistema econômico, pois são portadoras de maior incerteza de sucesso e coerentes com a estrutura de modelos mais dinâmicos.

Em função da melhor qualificação do papel da tecnologia em modelos dinâmicos da economia, a teoria da regulação permite criar uma estrutura ampla de inserção de diversos elementos e situar o papel importante da tecnologia (embora não fundamental) nas relações econômicas.

Além disso, a teoria da regulação busca a explicação das crises do sistema capitalista ao introduzir o conceito de modos de regulação que modulam as regularidades de um sistema econômico, permitindo inseri-lo em um equilíbrio dinâmico. Neste equilíbrio, abre-se espaço para a convivência de comportamentos econômicos distintos, em que as imperfeições são encaradas como consequência natural de grandes mudanças estruturais, entre elas a tecnológica.

²³ Leon Walras foi o teórico do Equilíbrio Geral Agregado.

Por último, a abordagem do desenvolvimento sustentável engloba todas as dimensões, tecnológica, econômica, social, e, principalmente, ambiental, mas não possui instrumentos consistentes de análise para avaliar os impactos interrelacionados nessas dimensões.

Assim, este trabalho aproveita-se das três abordagens para dar sustentação ao modelo multidimensional de análise tecnológica a ser proposto e também mostra as limitações de cada uma.

No capítulo seguinte, as relações entre as dimensões do modelo serão identificadas a fim de preparar a explanação do modelo e sua respectiva síntese.

3 MODELO MULTIDIMENSIONAL DE ANÁLISE TECNOLÓGICA COM AMPLIAÇÃO DE FOCO: PRESSUPOSTOS, ELEMENTOS, RELAÇÕES E IMPACTOS.

Este capítulo tem por objetivo apresentar o modelo multidimensional de análise tecnológica a partir das relações dimensionais discutidas no capítulo dois, assim como detalhar os elementos que o compõe.

Um modelo é uma representação útil de algum objeto. É uma abstração da realidade expressa em termos de algum formalismo (ou linguagem) definido por um método (VERNADAT, 1996).

O modelo é montado a partir de pressupostos que dão a base para a sua construção.

Para Keller e Teufel (1998), os modelos têm os seguintes objetivos:

- apresentar os elementos de um sistema e seus respectivos relacionamentos;
- explicar como um sistema funciona; e
- apoiar a comunicação por meio de uma formalização consistente.

Assim, partindo do objetivo para o qual o modelo é desenvolvido, devem ser escolhidas quais informações da realidade devem ser representadas. Outra preocupação que deve ocorrer é o nível de detalhamento do modelo. Um modelo pouco detalhado pode omitir informações relevantes, assim como um modelo muito detalhado pode ser difícil de ser elaborado e algumas das informações podem não ser utilizadas. O grau de detalhamento deve ser compatível com a necessidade.

Em Scheer (1998), a complexidade de um modelo tem que ser reduzida por meio de dimensões, que são classes com inter-relacionamentos de semântica similar agrupadas. Cada dimensão é um conjunto de um ou mais tipos de elementos. Essas dimensões podem ser complementares, apesar de representadas de formas distintas. As dimensões podem ser de atividade (representa a hierarquia entre elas), informação (representa todos os elementos que geram informações), organizacional (representa as unidades organizacionais e os usuários), e de controle (relaciona as outras dimensões).

Segundo Vernadat (1996), modelos devem conter um determinado grau de generalidade e ser personalizável. Em outras palavras, um modelo deve funcionar

como uma base de discussão, uma sugestão formal ou semi-formal para se abstrair fatos complexos.

Segundo Curtis et al. (1992), os modelos devem ser capazes de representar quatro aspectos básicos para facilitar o entendimento:

- aspectos funcionais, descrevem o que tem que ser feito;
- aspectos seqüenciais e lógicos, descrevem o comportamento, isto é, o como e quando;
- aspectos de informação, descrevem os dados que serão utilizados e produzidos e as relações entre eles;
- aspectos organizacionais, descrevem os responsáveis pelas ações, que serão chamados de atores neste trabalho.

Para complementar a estruturação de um modelo multidimensional, é necessário identificar os impactos que as dimensões geram e/ou recebem, de forma a compreender suas características e limites.

Desta forma, para apresentar o modelo serão detalhados os seus pressupostos, dimensões, direcionadores, as relações dimensionais e os impactos derivados dessas relações.

3.1 PRESSUPOSTOS DO MODELO

O modelo de análise de tecnologia com multidimensionalidade possui determinados pressupostos a fundamentar sua dinâmica:

1) A análise do modelo pode acontecer *ex-ante* e *ex-post*: antecipadamente o modelo não tem caráter determinístico, nem porta um conjunto de probabilidades, apenas uma tentativa de descrição de potenciais cenários dos impactos da tecnologia; já postecipado, o modelo é confrontado por fatos históricos, que são compostos dos eventos esperados e daqueles inesperados, preconizando um caráter dinâmico no tempo;

2) O padrão de desenvolvimento econômico, que está subjacente da tecnologia, é dialético²⁴, pois existe regularidade de alternância de estabilidade para crise, e vice-versa, e um mecanismo de retro-alimentação para contínua evolução;

²⁴ Este conceito é dado em Ballard (1978,pg 240): “Eu entendo uma relação dialética acontecendo entre um conjunto de elementos que são mutuamente relacionados de forma causal e orientados a uma meta, para que o movimento até a meta seja auto-corretivo”.

3) As imperfeições, irracionalidades e disfunções são constituintes dos elementos do modelo, de carácter endógeno, compatível com certo nível de aprendizagem dos agentes do modelo;

4) A tecnologia é o elemento da inovação que pode contribuir significativamente em mudanças estruturais que envolvam a economia, as relações sociais e o meio-ambiente;

5) É necessária a ação de agentes, organizados ou não, para que a mudança tecnológica tome corpo, ao definir ações que selecionem um conjunto adequado²⁵ de processos de difusão, correção, rejeição, e apropriação para esta;

6) Para que ocorram mudanças estruturais em diversas dimensões de análise, a tecnologia que pode ser a catalisadora das ações ou convergir decisões tomadas em outra alçada deve ser necessariamente uma Tecnologia de Propósito Geral (TPG), visto que esta permeia diversos setores da economia, interage com outras tecnologias, e permite uma profusão de novos produtos, processos e aplicações tecnológicas;

7) A propriedade dinâmica fundamental do sistema econômico é a lei do valor de Marx, onde o lucro é o conceito mais difundido e reflete as orientações no modelo;

A partir de tais pressupostos, as dimensões do modelo são apresentadas e detalhadas, a fim de permitir o posicionamento de elementos estruturantes do modelo.

3.2 DIMENSÕES DO MODELO

Além dos pressupostos, o modelo de análise tecnológica deve conter os elementos dimensionais que foram discutidos pelas abordagens de desenvolvimento econômico, a fim de estabelecer um ponto de referência para a localização dos impactos e seus sentidos de direcionamento. Os impactos são os resultados das ações de determinados atores, tendo como pano de fundo uma nova tecnologia, que podem ter conseqüências positivas ou negativas.

Neste sentido, propõe-se o agrupamento de ações com propósitos semelhantes na forma de dimensões espaciais, funcionando como fronteiras onde

²⁵ O termo adequado é utilizado para confrontar o termo ótimo, a fim de evitar o uso de pressupostos neoclássicos. Tal termo se ajusta às modificações de condições e obedece aos limitantes dos agentes.

relações dinâmicas são estabelecidas tanto internamente quanto com outras dimensões. Têm-se, neste sentido, quatro dimensões elementares:

- a) Dimensão Tecnológica (DT): o conjunto de informações, conhecimentos e comportamentos necessários para ações de desenvolvimento de uma tecnologia com potencial inovador acontece na Dimensão Tecnológica;
- b) Dimensão Econômica (DE): as relações de troca de inovações que incorporam tecnologias ocorrem entre agentes atuando na Dimensão Econômica;
- c) Dimensão Social (ES): representa todas as relações não-econômicas entre todos os agentes da sociedade, principalmente os aspectos de bem-estar, políticos e culturais;
- d) Dimensão Ambiental (EA): as relações de grupos humanos, sob um sistema capitalista, com sistemas vivos e naturais formam um conjunto chamado de Dimensão Ambiental.

Para que tais dimensões tenham uma razão de ser no modelo, é necessário que os potenciais relacionamentos entre estas dimensões sejam apresentados.

3.3 RELACIONAMENTOS DIMENSIONAIS

O modelo multidimensional de análise tecnológica responde aos impactos provocados nas diversas dimensões de análise. Para que isso ocorra, um conjunto de relacionamentos é identificado. Existem dois tipos de relacionamentos possíveis no modelo: 1) relacionamento entre as dimensões (também chamado de relacionamento interdimensional), e 2) relacionamentos dentro da própria dimensão (também chamado de relacionamento intradimensional).

O conceito de impacto é fundamental para a dinâmica das dimensões do modelo. Em cada dimensão, as ações de determinados atores provoca impactos positivos ou negativos em direções que dependem do tipo de relacionamento. Deste modo, os impactos resultantes de cada uma das dimensões podem tanto provocar impactos sobre outras dimensões quanto ocasionarem impactos dentro da própria dimensão.

A figura 5 mostra as dimensões do modelo e as direções de relacionamento entre as dimensões, assim como os possíveis relacionamentos dentro de cada dimensão.

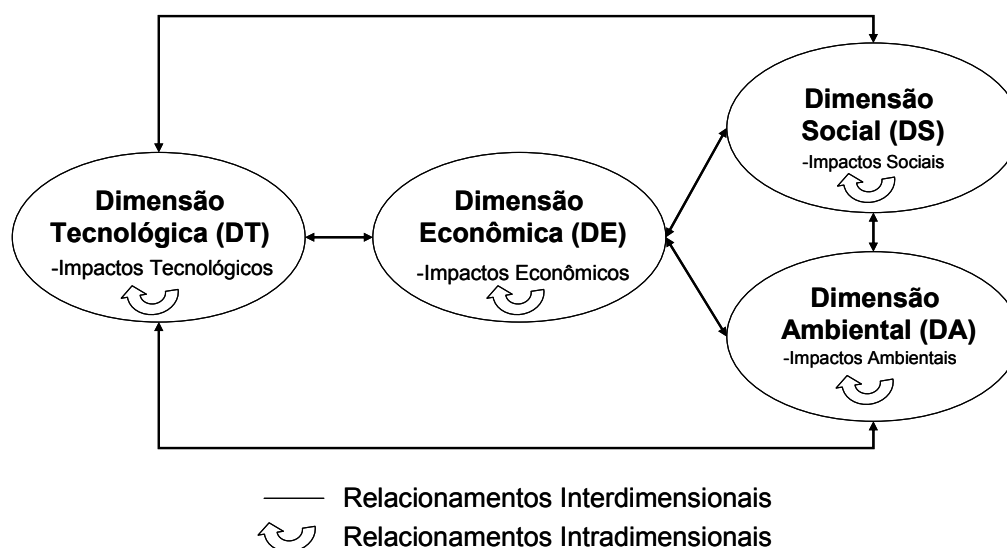


Figura 5 - Relações no Modelo Multidimensional

Considerando ambos os sentidos de relacionamento, todas as combinações entre as quatro dimensões ficariam: DT-DE; DE-DT; DS-DT; DT-DS; DE-DS; DS-DE; DA-DE; DE-DA; DA-DS; DS-DA; DA-DT; e DT-DA. E considerando dentro de cada dimensão, as únicas possíveis combinações de relacionamento seriam: DT-DT; DE-DE; DS-DS; e DA-DA.

O sentido lógico mais natural (constatado em teoria no capítulo 2) para os relacionamentos interdimensionais segue a linha da Dimensão Tecnológica – Dimensão Econômica, onde esta pode seguir tanto para a Dimensão Social quanto para a Dimensão Ambiental.

No entanto, a complexidade da realidade exige que todos os sentidos de relacionamento interdimensionais sejam considerados na avaliação dos impactos de uma nova tecnologia. O que fica claro é que o ponto de início dos relacionamentos deve partir da dimensão tecnológica, visto que uma nova tecnologia é o ponto catalisador dos demais impactos.

Para que os relacionamentos entre as dimensões aconteçam e os respectivos impactos resultantes tenham efeito, é necessária a figura de um agente, chamado de ator no modelo multidimensional.

3.4 OS ATORES E AS AÇÕES NAS DIMENSÕES DO MODELO

A combinação das dimensões sob um sistema de regularidades denota a complexidade do tema tecnologia na contemporaneidade. Mas para gerar ações nas dimensões é necessário que um conjunto de atores (ou agentes) fique responsável

por papéis específicos em cada dimensão. O conceito de ator é uma visão institucionalista, conforme muitas propostas teóricas que envolvem a ação de agentes para o desenvolvimento de um determinado processo como é o caso do desenvolvimento sustentável. Atores são grupos definidos de organizações ou indivíduos que participam de um determinado processo, tanto de um modo a influenciar as decisões e a trajetória quanto apenas recebendo os impactos de maneira inerte. Esta circunstância preconiza a abertura do escopo de influência além do processo que justifica a existência de determinada organização ou indivíduo (NIELSEN, 2001).

Assim, para cada dimensão do modelo tem-se um ou mais de um ator atuando.

Na Dimensão Tecnológica, os atores mais presentes são os membros das empresas, as universidades e os centros tecnológicos, e o Estado em seus diversos níveis.

Na Dimensão Econômica, encontram-se as empresas, como principal ator, os consumidores, e também os sindicatos e as associações de classe. Os dois primeiros são os formadores da noção de mercado.

Os indivíduos, componentes da sociedade, formam a maior parte da Dimensão Social, possuindo um papel passivo perante o cenário de desenvolvimento. Barry (2002) sustenta que este papel passivo pode ser substituído pelo voto na ação de influenciar um cenário de desenvolvimento tecnológico.

Também atuam nesta dimensão, com significativa importância, todos os demais atores (aqui entra as organizações não-governamentais).

Já na última dimensão, os atores mais representativos são o meio-ambiente e os ecossistemas, que podem ser reunidos sob uma entidade única, o Ambiente. Nesta dimensão, todos os atores podem exercer influência sobre este domínio.

Estes atores podem ocupar um papel mais significativo ou quase único em determinada dimensão, mas também podem desempenhar papéis simultâneos em um ou mais dimensões.

A figura 6 mostra a representatividade mais comum dos atores em relação às dimensões do modelo.

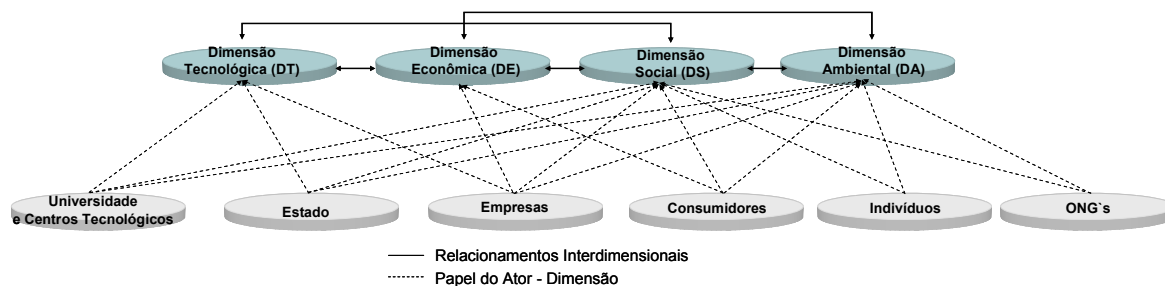


Figura 6 - Relação Ator - Dimensão do Modelo

Para que os atores atuem nas dimensões em busca do desenvolvimento econômico por meio da nova tecnologia, o papel de incentivo a esta busca fica por conta dos direcionadores do modelo.

3.5 DIRECIONADORES DO MODELO

Os atores atuam nas dimensões do modelo em condições que podem ser norteadas por um fator ou mais. Para ficar mais claro, tome-se o exemplo do ator empresa que busca a orientação na geração do valor pelo lucro.

Desta forma, podem existir ou coexistir os seguintes direcionadores do contexto do modelo:

-Geração de valor pelo conhecimento: significa a geração de valor por meio de desafios intelectuais, proposição de idéias e conceitos, e o reconhecimento do cumprimento do dever científico;

-Geração de valor pelo lucro: significa a busca por valores monetários que caracterizem acumulação além do normal;

-Bem-estar social: significa a busca pela qualidade de vida, a igualdade entre os pares do ponto de vista econômico, social e político;

-Preservação da natureza: significa a orientação para a preservação das condições do meio-ambiente e das relações do seres vivos com o meio abiótico.

A figura 7, a seguir, posiciona os direcionadores em relação às dimensões e aos atores do modelo.

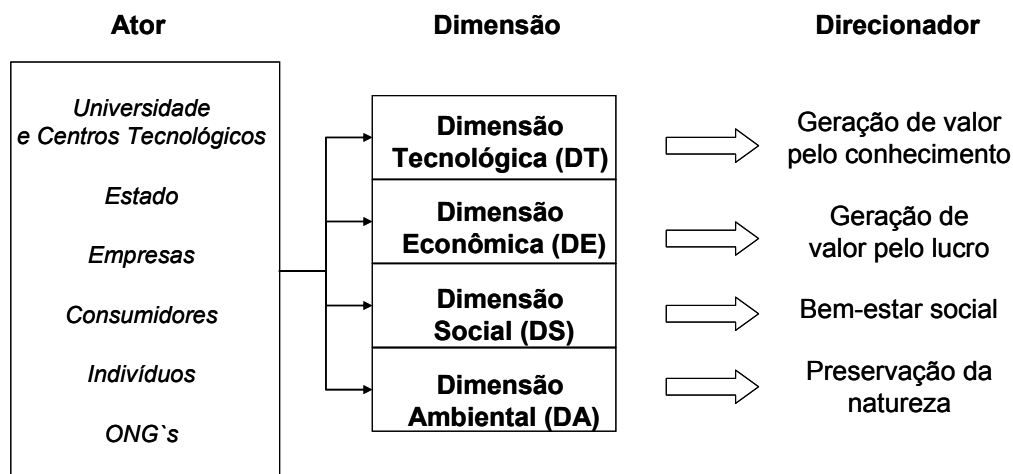


Figura 7 - Relação entre Atores, Dimensões e Direcionadores do Modelo

Posicionadas as dimensões, os atores, os possíveis sentidos entre as dimensões, e os seus direcionadores, é necessária a compreensão da dinâmica do desenvolvimento econômico por trás do modelo.

3.6 DINÂMICA POR TRÁS DO MODELO

Para estabelecer a dinâmica do modelo, baseou-se nos principais elementos das três abordagens de desenvolvimento econômico vistas no capítulo dois.

Em síntese, a fundamentação para esta dinâmica ficou da seguinte forma em relação a cada uma das abordagens:

- Schumpeteriana: paradigma tecnológico;
- Escola Francesa da Regulação: modo de desenvolvimento, regime de acumulação, modo de regulação e formas institucionais;
- Desenvolvimento Sustentável: aproveitamento racional de recursos naturais.

Assim, o modelo deverá ter a composição da dinâmica de acordo com a figura 8, a seguir:

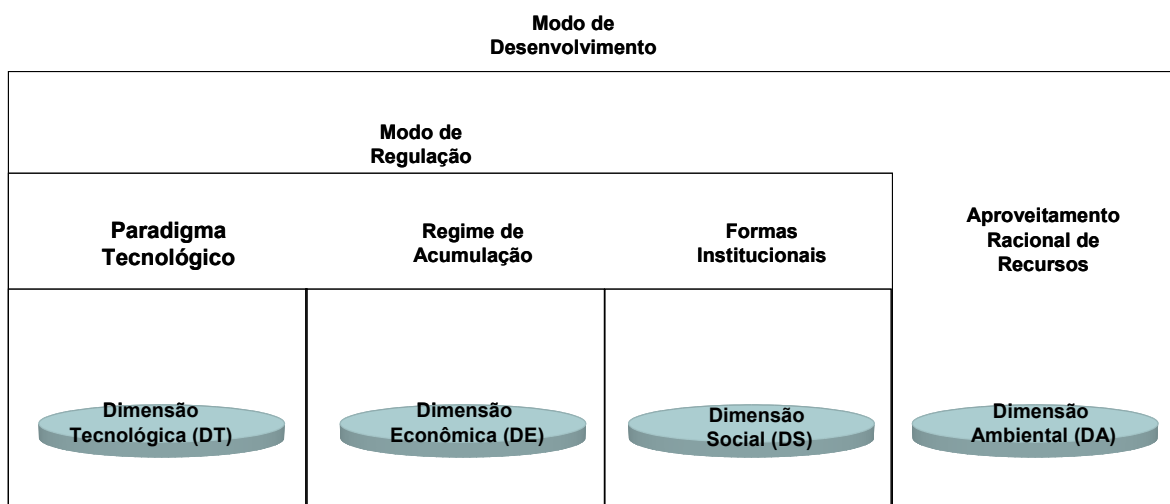


Figura 8 - Dinâmica por trás do Modelo e os seus Elementos

O conjunto de quatro dimensões se orienta para a manutenção de um regime de acumulação estabelecido, em consonância com os elementos da teoria da Regulação da Escola Francesa.

Na interação entre as dimensões Tecnológica, Econômica, Social e Ambiental, o modo de desenvolvimento é formado a fim de estruturar o contexto de ação do modelo.

Na Dimensão Tecnológica, a formação do paradigma tecnológico é o ponto que inicia todo o processo para as demais dimensões.

Para dar um padrão às regularidades econômicas entre as Dimensões Tecnológica e Econômica, resultante dos impactos da nova tecnologia, o regime de acumulação é o elemento que estrutura as relações entre os atores dessas dimensões.

Das relações entre as Dimensões Tecnológica, Econômica e Social, um ou mais modos de regulação são instituídos por meio das formas institucionais a fim de moderar as ações dos atores no cenário do desenvolvimento econômico.

Como as novas aplicações tecnológicas podem exacerbar a intensidade do regime de acumulação, o uso dos recursos naturais pode ocorrer cada vez mais de forma indiscriminada. Desta forma, o elemento aproveitamento de recursos que está posicionado em consonância com a Dimensão Ambiental orienta todas as demais Dimensões, principalmente a Econômica.

O conteúdo que substancia a dinâmica do modelo e caracteriza as relações dimensionais, provocadas pelos atores, são os impactos. Na seção seguinte, os impactos de cada uma das dimensões serão descritos.

3.7 IMPACTOS DERIVADOS DAS DIMENSÕES DO MODELO

Ao interagirem por meio de ações e relacionamentos de atores, as dimensões podem se tornar alvos de impactos e/ou se tornarem fontes de impactos. Mas para que a avaliação de impactos faça sentido, é necessário um ponto de referência para dar início ao processo e uma razão de ser. Neste modelo, a tecnologia é o ponto de referência e a razão de ser de uma avaliação de impactos, ocasionando impactos no próprio espaço tecnológico, no espaço econômico, e nas demais dimensões social e ambiental.

Nas subseções seguintes, serão apresentados os tipos de impactos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais.

3.7.1 Impactos da dimensão tecnológica

A dimensão tecnológica é o resultado dos impactos de novas tecnologias sobre o desempenho de novas aplicações, produtos e processos. A tecnologia pode ser classificada nos seguintes objetos: a) técnica: é o resultado da aplicação do conhecimento científico e empírico em uma técnica que aprimore a manipulação da matéria para o bem-estar humano; b) produto: é o elemento incorporado que torna os bens mais úteis; c) processo: é o resultado de padrões produtivos com maior eficiência e eficácia.

No caso do produto visto como uma entidade unitária, a tecnologia pode ser incorporada em diferentes níveis de complexidade: 1) nível básico: a tecnologia forma e caracteriza o próprio bem; 2) nível intermediário: a tecnologia é incorporada em elementos técnicos que se agrupam num sistema chamado produto; 3) nível alto: diversas tecnologias são incorporadas por diversos elementos técnicos, em intensidade, amplitudes e interações distintas, se agrupando num sistema chamado produto.

A tecnologia pode ser essencialmente caracterizada por um conjunto de dois processos: o de criação e o de adoção (TORNATZKY e FLEISCHER, 1990). A figura

9 ilustra os dois momentos que completam o ciclo da inovação, onde a tecnologia possui papel muito importante.

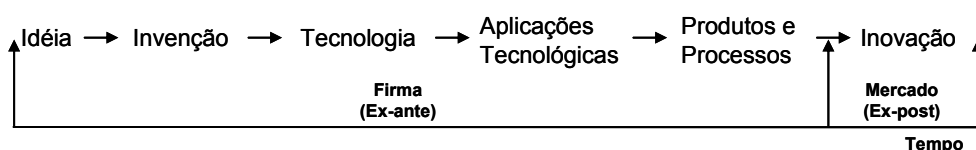


Figura 9 - Processo de Inovação e a Tecnologia

Fonte: adaptado de Tornatzky e Fleischer (1990)

A criação da tecnologia é o resultado de conhecimento humano acumulado que aprimora a habilidade humana de maneira lógica e intencional (SORENSEN et al., 2006). O processo de adoção estabelece o grau de uso da tecnologia – que foi criada - em meio a diversos grupos de interesse, sendo balizado por intensidades e amplitudes diferentes para cada grupo.

Os grupos de interesse podem ser reduzidos a dois papéis. O primeiro é do produtor da tecnologia, e o segundo, a ação passa ao usuário da tecnologia, ou seja, a forma como o produtor interpreta a tecnologia é diferente da forma como o usuário interpreta (SORENSEN et al., 2006).

Para o produtor, o impacto tecnológico mais importante é o desempenho do objeto tecnológico que congregou o acúmulo de conhecimento com o esforço de desenvolvimento. Parâmetros técnicos são utilizados para mensurar o desempenho de novas técnicas, produtos e processos, o que torna a abordagem mais quantitativa para identificação de impactos.

Já para o usuário, o impacto tecnológico mais importante é a percepção dos benefícios proporcionados pelo uso do objeto detentor da nova tecnologia. A abordagem de mensuração dos impactos tecnológicos é essencialmente qualitativa, embora os parâmetros técnicos possam ser interpretados e compreendidos pelo usuário da nova tecnologia.

3.7.2 Impactos da dimensão econômica

Os impactos da dimensão econômica geralmente seguem aos impactos da dimensão tecnológica. Do ponto de vista econômico, este tipo de mudança sustenta o aumento do valor (BOYER, 2000).

A invenção de um novo produto ou processo ocorre na dimensão tecnológica e pode permanecer ali para sempre. O processo seguinte é a inovação que provoca o

feito econômico. A primeira introdução comercial de uma invenção a transpõe para a dimensão econômica e o seu futuro será decidido pelo mercado. Em caso de fracasso, pode desaparecer por um tempo ou para sempre. Em caso de êxito, pode permanecer como um feito isolado, de acordo com o grau de apropriação e o impacto que tenha sobre a competitividade ou sobre outras áreas da atividade econômica (PEREZ, 2007).

O fenômeno que realmente importa é o processo de adoção massiva, transformando o resultado da nova tecnologia num fenômeno econômico-social.

Em termos práticos, afeta todos os aspectos do sistema produtivo, tais como (PEREZ, 2007):

- a) Novos conceitos de eficiência para a organização da produção no nível da planta;
- b) Novo modelo de gerência e organização da empresa;
- c) Um nível significativamente menor de requisitos de trabalho por unidade de produto, com um perfil distinto de qualificações;
- d) Uma forte tendência de utilização intensiva do fator chave na inovação tecnológica;
- e) Novo padrão de investimento, orientado aos setores relacionados com o fator chave, impulsionando e impulsionado pelo investimento de uma nova rede de infra-estrutura;
- f) Uma tendência na composição da produção com maiores taxas de crescimento dos produtos relacionados com o uso do fator chave;
- g) Uma redefinição das escalas ótimas resultando na redistribuição da produção entre grandes e pequenas empresas;
- h) Um novo padrão de localização geográfico, baseado na transformação de vantagens e desvantagens comparativas;
- i) Novos pólos de concentração de empresas mais poderosas, substituindo aquelas que prevaleceram no paradigma anterior;

3.7.3 Impactos do dimensão ambiental

A dimensão ambiental incorpora impactos relacionados ao meio-ambiente e aos elementos naturais que interagem com o ser humano (GLASSON et al. 2005).

Segundo Rowe (1987), os componentes de qualidade ambiental podem ser divididos em três classes gerais, onde cada uma contém indicadores próprios:

1) Poluição: esta classe de componente representa as agressões ao ar atmosférico, à água, e o solo. Os indicadores são: a) quantidade de poluição: representa a quantidade de poluição por unidade de tempo considerando todas as fontes de poluição; b) grau de redução e controle: representa a medida do nível ótimo da qualidade da água, ar e solo; c) incidentes: representa o número de acidentes sérios no meio-ambiente que ocorrem sobre um dado período de tempo;

2) Recursos: descrevem os recursos naturais presentes no meio-ambiente. Os indicadores são: a) valor presente: representa o valor presente dos danos (ou ganhos) causados pela poluição (ou controle), incluindo os ganhos ou perdas dos recursos naturais; b) potencial: define o potencial de dano que poderiam ser identificados com reais probabilidades; c) capacidade de assimilação ambiental: é uma medida da quantidade de capacidade assimiladora do solo, ar e água;

3) Efeitos sobre o meio-ambiente: são derivados das mudanças ambientais e considerados diretamente mensuráveis; a) humano: são efeitos extrínsecos em termos de saúde do homem, sua situação econômica, e sua habilidade viver; b) geológico: efeitos extrínsecos ao meio-ambiental que podem ou não ser causados pelo homem; c) biológico: mudanças extrínsecas nos seres vivos do mundo devido às mudanças ambientais; d) materiais: efeitos extrínsecos sobre o presente conjunto de materiais físicos, incluindo o esgotamento dos recursos naturais mais críticos; e) intrínsecos: mudanças dos fatores que são importantes para o sistema de valores do homem em termos dos objetivos sociais, econômicos, estético, e recreacional.

Outra dimensão de critério compõe a taxonomia dos parâmetros de impacto ambiental que são mensuráveis ou que poderiam ser. Esses parâmetros estão subdivididos em 3 níveis: 1) macro-nível: é definido como um índice que combina todas as medidas em um único número ou em um limitado conjunto de números, os quais indicam a condição geral do ambiente da nação, região ou estado, ou localidade; 2) meso-nível: são indicadores que se dividem em dois níveis: o primeiro é composto dos elementos ar, terra e água, podendo cada um deles englobar efeitos como radiação, ruído, químicos, condições biológicas, mudanças térmicas, e erosões. O segundo nível é composto dos elementos intrínseco, biológico e físico. ; 3) micro-nível: é onde as reais medições são realizadas. Também são considerados 2 níveis: o primeiro é a medição detalhada, que implica a medição direta no meio-

ambiente, e segundo é a medição bruta, que leva em consideração interações entre condições num nível superior ao primeiro nível.

A terceira dimensão dos critérios representa a localização e a subdivisão geográfica dos impactos, que estão hierarquizadas em ordem de grandeza decrescente do nível nacional, passando pelo regional ou estadual, até o municipal ou local.

A última dimensão é o tempo, que pode ser compreendido sobre vários aspectos. Um deles é a taxa de mudança dos parâmetros sendo medidos na forma de intervalos curtos e longos. Um outro aspecto é a maneira pelos quais os efeitos respondem de maneira crônica e aguda. A suavidade das medidas é um último aspecto que deve ser levado em consideração na dimensão tempo.

3.7.4 Impactos da dimensão social

A dimensão social inclui todos os impactos referentes ao bem-estar da população, à saúde humana, à cultura e os comportamentos humanos, e todos os aspectos que estão ligados às condições de sobrevivência humana (MOMTAZ, 2005).

Por definição, segundo Burdge e Vanclay (1996, pg. 1), a avaliação de impacto social é “um processo de avaliação ou estimativa antecipada das conseqüências sociais que são provavelmente resultados de ações políticas específicas ou de projetos de desenvolvimento, particularmente no contexto de uma legislação política nacional, estadual ou local.”

O ser humano está inserido num sistema econômico capitalista que desfruta das evoluções e revoluções tecnológicas. Em função dos usos e aplicações tecnológicas toda a ordem da sociedade pode ser alterada, resultado dos impactos sociais oriundos de efeitos positivos ou negativos das novas tecnologias.

Como tais efeitos podem repercutir em diversos públicos, até mesmo entre os agentes de desenvolvimento da nova tecnologia, a avaliação de impacto social se torna uma ferramenta importante para analisar os tipos, intensidades, sentidos e os momentos de maturação desses efeitos, sobretudo sobre os públicos passivos dos produtos das novas tecnologias como os cidadãos e os consumidores.

Os potenciais interessados numa avaliação de impacto social estão organizados de acordo com a figura 10, que distingue os papéis durante um processo de desenvolvimento.



Figura 10 - Potenciais interessados nos impactos sociais

Fonte: Barrow (2001)

Em geral, a avaliação de impactos sociais pode ser adotada de duas maneiras: tanto como parte integral de um planejamento e monitoramento, quanto como um componente extra de sistema organizado (BARROW, 2001). Este autor sustenta que a adoção de uma avaliação de impactos sociais de caráter mais eficaz só é possível na primeira maneira, pois as ações estão coordenadas em um contexto unificador.

Outro aspecto importante da dimensão social são as abordagens utilizadas para capturar os impactos: a mais comum, de caráter tecnocrático; e a menos utilizada, a abordagem participativa. A visão tecnocrática busca o uso de métodos científicos para auxiliar o encontro com uma abordagem ordenada, dedutiva e, ligeiramente, objetiva do planejamento. O juízo de valor neste último aspecto é importante devido ao envolvimento do julgamento subjetivo de um especialista no assunto (BARROW, 2001). Além disso, a natureza complexa dos assuntos sociais e a imprevisibilidade das respostas humanas às mudanças significam que os especialistas precisam se fiar em julgamentos profissionais e palpites qualificados tanto quanto a Ciência. Contra essa visão, os cientistas sociais argumentam um reducionismo de avaliação por parte dos especialistas tecnocráticos, que decidem o que fazer e da forma de fazer, os quais poderiam em contrário utilizar a abordagem participativa.

Esta abordagem alternativa é empreendida com participação aberta para encaixar diversas visões, demandando mediação de disputas e agir com posicionamento político para a defesa de determinado público, características tais

que podem inviabilizar o andamento das ações e ocasionar atrasos (BARROW, 2001).

Algumas questões fundamentais devem ser compreendidas e uma tentativa de resposta deve ser feita antes de iniciar um estudo de impacto social (BURDGE e VANCLAY, 1996):

a) Quem possui os legítimos interesses na comunidade? Como a “comunidade afetada” é definida e identificada? – A distribuição de custos e benefícios não é igual em uma comunidade. Sendo assim, uma das tarefas do estudo de impacto social é de identificar os stakeholders, os vencedores e os perdedores de qualquer desenvolvimento;

b) Qual deveria ser o papel da participação da comunidade em um estudo de impactos sociais? – Esta questão aborda diversas dificuldades sobre a extensão e validade do conhecimento e opinião das comunidades locais, e sobre o direito das comunidades locais de determinarem seus direitos, independente de interferências externas.

c) Quais impactos são considerados? – Os estudos de impacto social são desempenhados representando um determinado grupo social com interesses específicos. Os impactos considerados, tanto aqueles percebidos quanto os mensuráveis, são resultados de avaliação do momento e obedecem a interesses e julgamentos específicos.

d) Como os impactos deveriam ser priorizados? – os impactos sociais não são somente positivos ou negativos por seus próprios sentidos (ex: aumento de emprego é positivo e desemprego é negativo), mas são sujeitos a avaliações individuais.

O melhor nível para avaliar a relação entre custo e benefício de impactos sociais é a comunidade. Conjugado com a abordagem tecnocrática tradicional, onde o propósito é mais objetivo, a avaliação do impacto social trata o meio-ambiente como a fonte de recursos para as utilidades humanas.

Em relação à escala, estudos de impacto sociais podem ser conduzidos em níveis: micro, que está relacionado a projetos específicos e planejamento de curto prazo, algo em torno de cinco anos; o meso, que são agrupamentos de projetos ou programas e possuem prazo de 10 anos ou mais; e, por último, o macro, que questiona as causas básicas das coisas, mirando mais de 10 anos à frente e contendo pontos comuns com futuros estudos.

Dentro dos mesmos níveis de escala, podem-se estabelecer amplitudes de aplicabilidade dos mesmos. Assim, o nível macro está relacionado ao que os agentes regulamentadores definem como requisitos para os padrões nacionais e internacionais. O nível meso envolve a avaliação de impactos sobre o comportamento coletivo, tais como organizações e movimentos sociais. Por último, o nível micro concentra nas fontes dos impactos e sugere uma estrutura analítica para eliminar os impactos negativos.

O processo típico de avaliação de impactos respeita as seguintes etapas básicas:

a) Escopo: o avaliador identifica as pessoas e a sociedade impactados e as suas preocupações em uma tentativa de determinar o tipo, escala e foco da avaliação; identifica os atores envolvidos. Aqui, métodos são decididos, informantes-chaves são definidos, fontes de dados sugeridos;

b) Formulação de alternativas: desenvolve alternativas razoáveis à proposta, baseadas nas necessidades das comunidades/sociedades e suas atitudes, entre outros;

c) Perfilamento: determinação do que é provável ser impactado. Descreve as unidades sociais afetadas e identifica os indicadores a serem medidos,

d) Projeção: utiliza a informação reunida, o avaliador faz projeções do que é provável de acontecer e quem será afetado. Ainda identifica os indicadores do estudo e as relações de causa-efeito. Também os cenários identificados podem sugerir medidas de mitigação e ajudar a desenvolver monitoramento contínuo;

e) Avaliação: o avaliador tenta determinar a magnitude dos impactos, quais efeitos provocarão mudanças, quais impactos são mais significativos e como as pessoas irão reagir. Determina o potencial para mitigação;

f) Análise: uma avaliação de balanço é efetuada com questões como: Quais são os benefícios? Quem se beneficia? Quem perde? Todos os impactos são aceitáveis?

g) Mitigação: medidas para conter impactos não-desejados são identificados;

h) Monitoramento: medida dos atuais impactos (que pode ser com impactos previstos) pela observação.

i) Auditoria pós-avaliação: checar a efetividade e o custo do estudo de impacto social.

3.8 SÍNTESE DO CAPÍTULO

O modelo multidimensional de análise tecnológico pode ser resumido no quadro 1, a seguir, onde são apresentadas as dimensões do modelo, os atores, os sentidos possíveis de relacionamento entre dimensões e dentro das dimensões, os direcionadores, os elementos que caracterizam a dinâmica do modelo e, finalmente, os tipos de impacto.

Dimensão		Relacionamentos Dimensionais		Atores	Direcionadores	Elementos Dinâmicos	Impactos	
Termo	Abreviação do Termo	Tipos de Relacionamento	Sentido de Relacionamento				Tipos de Impactos	Sentido da Intensidade do Impacto
Tecnológica	DT	Interdimensional	DT-DT	Universidade e Centro Tecnológico Estado Empresas Consumidores Indivíduos ONG's	Geração de valor pelo conhecimento Geração de valor pelo lucro Bem-estar social Preservação da natureza	Modo de Desenvolvimento Paradigma Tecnológico Regime de Acumulação Formas Institucionais Modo de Regulação Aproveitamento de Recurso Natural	Tecnológicos	Positivo Negativo
Econômica	DE		DE-DE				Econômicos	
Social	DS		DS-DS				Sociais	
Ambiental	DA		DA-DA				Ambientais	
		Intradimensional	DT-DE					
			DE-DT					
			DS-DT					
			DT-DS					
			DE-DS					
			DS-DE					
			DA-DE					
			DE-DA					
			DA-DS					
			DS-DA					
		DA-DT						
		DT-DA						

Quadro 1 - Síntese do Modelo

A partir deste modelo proposto, a pesquisa utilizará como objeto de análise multidimensional o caso da nanotecnologia e os seus potenciais impactos. No capítulo seguinte, esta tecnologia emergente será discutida em seus conceitos teóricos, benefícios e malefícios que foram apontados em fontes secundárias, os papéis dos atores neste cenário de desenvolvimento tecnológico, e, por fim, alguns sinais de instalação do paradigma tecnológico serão apresentados.

4 NANOTECNOLOGIA: CONTEXTO, BENEFÍCIOS, RISCOS E SINAIS DO PARADIGMA TECNOLÓGICO

O cenário de desenvolvimento da nanotecnologia serve de objeto para esta pesquisa e na contextualização da aplicação de um modelo multidimensional de análise tecnológica, a fim de compreender os seus potenciais impactos e o encadeamento das relações dimensionais de análise.

A estruturação das seções do capítulo obedece à seguinte ordem: definição de nanotecnologia segundo a visão corrente, os potenciais benefícios e riscos da nanotecnologia, a descrição do papel dos atores que estão envolvidos no cenário de desenvolvimento da nanotecnologia, as relações e os direcionadores que levam à constituição das dimensões de análise. Por fim, os primeiros sinais de instalação deste paradigma tecnológico são apresentados em termos de produção científica, aquisições de patentes e investimentos.

4.1 DEFINIÇÃO DA NANOTECNOLOGIA

A nanociência existe para investigar as dimensões muito pequenas, onde fenômenos naturais acontecem de maneira específica (CRANDALL, 1997). Esta busca pela descrição de fenômenos e previsão de estruturas invisíveis como átomos e moléculas se justifica por proporcionar futuras utilidades. A velocidade é maior no mundo atômico, a energia está mais concentrada, e a interação entre corpos é mais constante, possibilitando que, se dominados, esses fenômenos se transformem em tecnologias passíveis de utilidade sócio-econômica. Da passagem de ciência para a busca de utilidades é que surgiu a nanotecnologia.

A nanotecnologia é um conjunto de tecnologias resultante de descobertas científicas provenientes de diversos campos de conhecimento, tais como Química, Física, Biologia, Engenharia de Materiais e de Computação, onde a dimensão de manipulação é essencialmente nanométrica. Estabelece-se, então, que o termo nanotecnologia é o coletivo de diversos ramos de nanociências e nanotecnologias. (NANOLOGUE, 2006)

O prefixo nano é de origem grega e significa “muito pequeno” ou “anão”. Em termos de escala, um nanômetro corresponde a um bilionésimo de metro ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m} = 0,000000001\text{ m}$). A figura 11 mostra que um fio de cabelo humano possui milhares de nanômetros, enquanto um átomo possui dois décimos de nanômetros,

demonstrando a revolução de escala de manipulação que a tecnologia proporcionará.

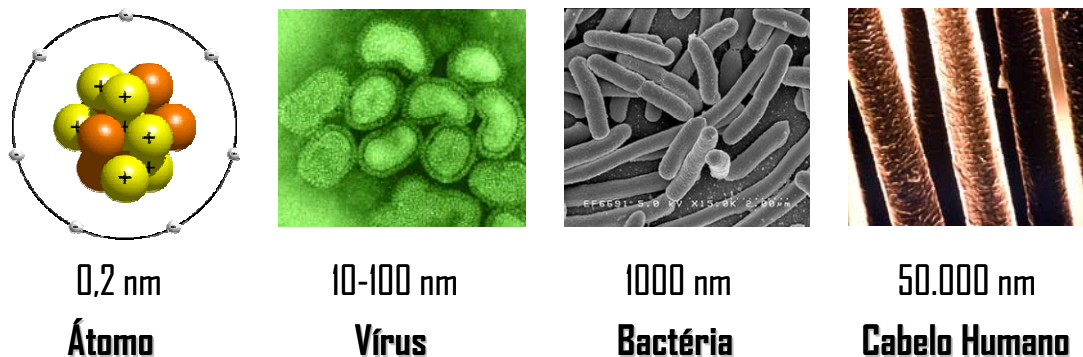


Figura 11 - Comparação de Escala em Nanômetros

Em sua essência, a nanotecnologia consiste na habilidade de manipular a matéria na escala atômica para criar estruturas com uma organização molecular diferenciada (CRANDALL, 1997). Seria algo como montar uma molécula do jeito desejado, utilizando átomos como peças fundamentais. Pela reduzida escala em que atua, esta tecnologia pode sintetizar a matéria da forma que for mais adequada à utilização que se espera que esta matéria tenha. Modifica-se o arranjo de átomos e moléculas visando um produto final com melhor desempenho, podendo, por exemplo, ser mais resistente, mais barato, mais leve, mais preciso e mais adequado.

4.2 BENEFÍCIOS DA NANOTECNOLOGIA

O desenvolvimento da nanotecnologia tem proporcionado um amplo espectro de benefícios para as ciências e para o surgimento de aplicações tecnológicas.

Nessas dimensões, os materiais exibem propriedades diferentes do mundo físico conhecido, causando interações físicas, químicas e biológicas específicas que podem se traduzir em diferentes aplicações tecnológicas. Só reduzindo o tamanho e sem mudar a substância, os materiais podem exibir novas propriedades tais como condutividade elétrica, elasticidade, maior resistência, cor diferente e maior reatividade, diferentes dos observados em escalas normais (CRANDALL, 1997). Os cientistas procuram justamente entender, e dominar, essas diferenças. Um exemplo: um giz (carbonato de cálcio) é pouquíssimo resistente em tamanho normal, mas em escala nano, o carbonato de cálcio (como o lápis) é 100 vezes mais forte e 6 vezes mais leve que o aço.

Para as Ciências Básicas, o estudo dos fenômenos naturais em escala nanométrica permite a confirmação de princípios teóricos e auxilia na conceituação de aplicações em escala laboratorial. Já para as Ciências Tecnológicas, a nanotecnologia permite o desenvolvimento de novas aplicações de materiais, fabricações de dispositivos de informação tecnológica, saúde, biotecnologia e agricultura, educação, militar, entre outros campos.

Neste sentido, na disciplina de química a sintetização de substâncias tem seu processo aprimorado, pois a nanotecnologia permite que arranjos de átomos e moléculas aconteçam com maior grau de controle, e de maneira quase independente, como se fosse uma automontagem. Embora ainda em escala laboratorial, esta automontagem já revoluciona o potencial de aplicações da nanotecnologia ao permitir que novas estruturas sejam fabricadas (ROCO, 1999). Dois efeitos podem ser depreendidos desta aplicação: a economia de energia no processo de sintetização de substâncias químicas em larga escala, diminuindo gastos com insumos, e a oferta de maior diversidade de substâncias químicas, que são úteis em processos de outras indústrias ou mesmo de aplicação direta pelo usuário final, podendo com isso aumentar no conjunto o tamanho do mercado de produtos químicos e derivados.

No caso da eletrônica e dos sistemas de informação a matéria-prima básica é o chip, que tem diminuído de tamanho ao longo dos anos. Bohr (2002) afirma que desta miniaturização os produtos derivados, como, por exemplo, os semicondutores, têm permitido o desenvolvimento de aparelhos elétricos e eletrônicos cada vez mais compactos e com uma maior quantidade de recursos. O reflexo na economia foi historicamente sentido e mudanças de hábitos ocorreram na sociedade de diversos países. No entanto, a tecnologia microeletrônica, atual dominante, tem esgotado o potencial de suas aplicações, pois necessidades mais complexas têm sido demandadas das indústrias que fabricam tal tecnologia.

Em resposta a esta crescente demanda, a comunidade tecnológica abarcou os descobrimentos da nanociência para ampliar a fronteira de aplicações. A nanociência proporciona que se trabalhe na dimensão de 10^{-9} m, no qual, no caso específico da indústria eletrônica e de informação, pode uma mesma área e, mais recentemente, um volume ocupar maior quantidade de componentes (CRANDALL, 1997). Conseqüência imediata é a construção de componentes mais rápidos, mais

confiáveis, de menor consumo de energia e, principalmente, de maior capacidade de armazenamento de dados (ROSSI, 2004; APPENZELER, 2004; BOHR, 2002).

As aplicações na área têm obtido sucesso, visto que se conseguiu acrescentar um número cada vez maior de transistores para um mesmo processador e o custo por megabyte caiu de U\$6,50 em 1990, passando por U\$ 3,14 em 1995 e chegando a U\$ 0,10 em 2000. (BOURIANOFF, 2004). Sabe-se, no entanto, que os transistores atuais, ao atingirem o tamanho de 10 nm^{26} , o que deverá ocorrer por volta de 2011, não sofrerão mais nenhum ganho em capacidade de processamento e em memória, pois o calor dissipado nestas condições neutralizará qualquer aumento no número de transistores. Portanto, nesse caso, mais que estruturas menores, serão necessários novos materiais, processos e estruturas (BOURIANOFF, 2004).

Na disciplina de novos materiais, o exemplo mais promissor é o dos nanotubos de carbono, que podem apresentar uma resistência de 10 a 100 vezes maior que a do aço, além de serem capazes de operar sob temperaturas três vezes mais elevadas. Como já é sabido que compostos a base de carbono apresentam baixa densidade, o resultado será a constituição de materiais altamente resistentes e leves, ideais para aplicações em indústrias aeroespacial e automobilística, tornando veículos terrestres, aéreos e espaciais muito mais duráveis e eficientes no uso da energia de seu combustível (CRANDALL, 1997; MERIDIAN INSTITUTE, 2005). A busca por novos materiais é função da preocupação de alguns setores econômicos, principalmente aqueles ligados ao transporte, como, por exemplo, as companhias aéreas, que necessitam altas taxas de ocupação para competirem, sendo constantemente obrigadas ao corte de custos, em geral de combustível, serviços e manutenção. Pode-se com esses novos materiais em nanoescala conceber aeronaves de maior relação entre peso transportado e distância percorrida.

Existe uma grande expectativa com relação ao aprimoramento de dispositivos de energia alternativa utilizando materiais nanoestruturados. Todos estes desenvolvimentos visam obter métodos de geração de energia ambientalmente corretos, possibilitando assim um desenvolvimento sustentável, mais barato e não agressivo ao meio ambiente (CRANDALL, 1997; TOUR et al., 2002). A célula de

²⁶ No ano de 2007, a fabricante de processadores de memória (chips) INTEL atingiu o patamar de 45 nm para o tamanho do transistor (Fonte: www.intel.com – consultado em novembro de 2007).

hidrogênio será uma futura aplicação da nanotecnologia que irá substituir a dependência atual do petróleo que, além de poluir, os atuais custos do barril provocam impactos econômicos em toda a cadeia dependente de seus subprodutos. Outro impacto profundo da utilização da célula de hidrogênio como fonte de geração energia será a redução da necessidade por energia nuclear, por ser economicamente cara (CRANDALL, 1997).

Da nanotecnologia, a biotecnologia também se aproveita para a construção de medicamentos que, ao invés de afetar grande parte dos sistemas orgânicos do ser humano, permite ao processo de cura agir diretamente no nível da célula (SCHOBER, 2002; RASHBA e GAMOTA, 2003).

São quatro os fatores de desempenho de um fármaco que a nanotecnologia poderá influenciar, se expandida à escala comercial, especificamente para a indústria farmacêutica, proporcionando a esta que o investimento seja recuperado com menor risco: eficácia, segurança, preço e a relação farmaeconômica (FOLLADOR, 2004).

Primeiramente, a nanotecnologia poderá aprimorar o desempenho do fármaco ao permitir a entrega precisa do ativo no tecido ou célula a ser tratada. Isto previne efeitos colaterais ao paciente por evitar o espalhamento do princípio ativo em tecidos saudáveis. Novos medicamentos com nanotecnologia já embutem princípio ativo em nanocápsulas que reconhecem microorganismos invasores, neoplasias, e outras estruturas perniciosas, por meio de marcadores externos, garantindo maior certeza da ação terapêutica (COUVREER et al., 2002).

Impactos associados a esta melhoria também acontecem no campo econômico ao diminuir a quantidade de insumo por unidade de medicamento e ao reduzir o tempo de recuperação do paciente, permitindo que o mesmo retorne à vida produtiva mais cedo. Com isso, também o custo de recuperação e internação poderá diminuir consideravelmente, disponibilizando uma maior quantidade de leitos e capacidade de atendimento a um maior número de pacientes, propiciando aumento da produtividade de operação em hospitais e clínicas médicas.

Outro aspecto do aumento da eficácia está relacionado ao conceito de liberação controlada de princípio ativo no organismo que a nanotecnologia permitiria. Ao invés da descarga do princípio ativo em períodos curtos, a liberação seria paulatina e duradoura em termos de ação, trazendo uma constância de concentração que beneficiaria a eficácia do tratamento (COUVREER et al., 2002).

O segundo fator a ser aprimorado é a segurança do fármaco, visto que a nanotecnologia assegura maior precisão da ação medicamentosa. A toxicidade das nanopartículas orgânicas é garantida com maior grau de certeza em função da biocompatibilidade e também pela ausência de oscilação da concentração do princípio ativo, comum em medicamento atuais, por meio do conceito de liberação controlada (COUVREUR et al., 2002). Quanto às nanopartículas metálicas, a segurança ainda não foi comprovada em seres humanos, embora possua futuro promissor em aplicações de diagnóstico e de tratamento contra o câncer e outras doenças graves.

O fator preço pode ser influenciado pela nanotecnologia de duas maneiras: na primeira, os custos de desenvolvimento da nanotecnologia podem ser cada vez maiores, fazendo com que a indústria farmacêutica repasse estes custos para o preço dos medicamentos. Assim, num primeiro momento, o preço de lançamento teria patamares bastante elevados; a segunda maneira ocorre no sentido inverso, pois com a nanotecnologia a eficácia das drogas e a conseqüente disseminação do uso do medicamento os custos de desenvolvimento seriam menores pelo menor tempo de desenvolvimento, fazendo com que a indústria estipulasse patamares de preços iniciais mais baixos. A larga escala de fabricação pela ampla aplicação do novo medicamento tornaria o preço ainda mais baixo. Embora se reconheça que a segunda maneira da nanotecnologia influenciar o fator preço seja muito difícil de acontecer, esta ainda deve ser considerada pela dificuldade de previsão do comportamento do mercado.

O último fator que a nanotecnologia influenciaria é a relação farmaeconômica do medicamento, que apregoa a existência de um nível de equilíbrio entre o benefício do tratamento e os custos com o mesmo para determinada enfermidade (FOLLADOR, 2004). Esta relação é função da escassez de recursos que os sistemas de saúde estão envolvidos. Com os esperados benefícios da nanotecnologia em termos de eficácia e segurança, a utilização de novos medicamentos poderia ser disseminada ao ampliar o uso para um maior contingente da população, substituindo tratamentos consagrados que possuem efeitos duvidosos. O problema da nanotecnologia é a incerteza quanto aos patamares de estabilização do preço do medicamento, que poderia influenciar diretamente na decisão farmaeconômica de um tratamento. Se a segunda maneira de comportamento do preço citada anteriormente se confirmar, a decisão farmaeconômica em prol de medicamentos

que incorporem nanotecnologia seria indiscutível, influenciando revolucionariamente em todos os sistemas de saúde.

Além disso, dispositivos ultrapequenos poderão examinar, manipular ou imitar os sistemas biológicos (MATTHEWS, 1998).

A figura 12 sintetiza os benefícios da nanotecnologia em relação às aplicações derivadas das diversas áreas do conhecimento, assim como posiciona no tempo o progresso das descobertas. Também mostra as origens das aplicações tecnológicas em termos dimensionais até atingir a escala nanométrica. Pode-se concluir deste esquema que a nanotecnologia apresenta grande potencial de conversão de outras tecnologias, permitindo a instalação de um paradigma tecnológico.

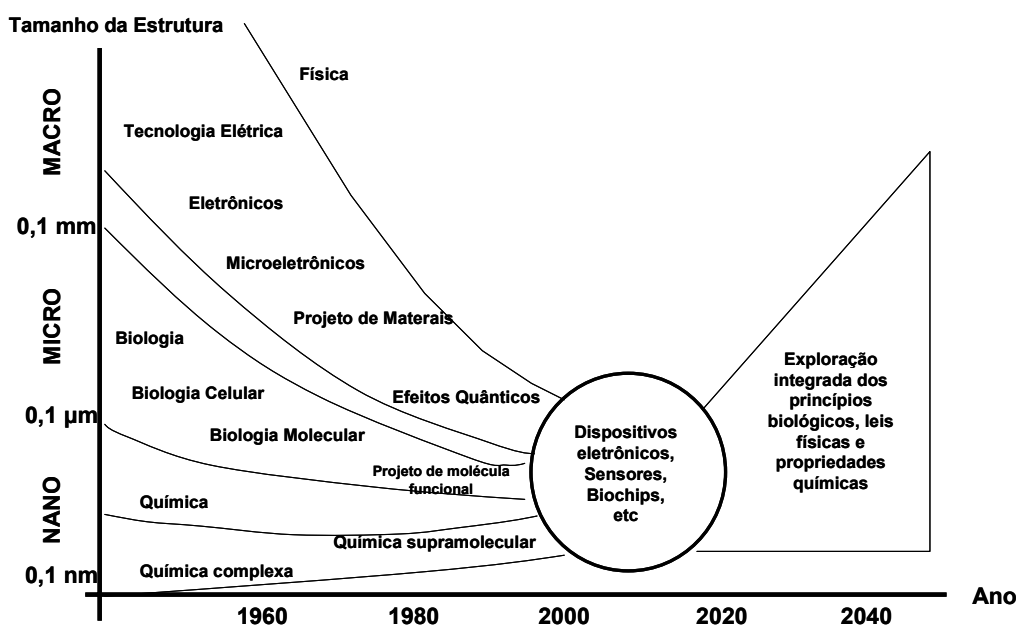


Figura 12 – Convergências tecnológicas na nanoescala

Fonte: Salerno et. al. (2008)

O conjunto de benefícios derivados da nanotecnologia são impactos positivos que alimentam a continuidade da procura por novas descobertas científicas e pelo aprimoramento das aplicações tecnológicas em produtos comerciais. Mas será que este conjunto de benefícios proporcionado pela nova tecnologia está imune a riscos?

4.3 RISCOS DA NANOTECNOLOGIA

Riscos nanotecnológicos são frequentemente associados com objetos aptos a uma ação independente, uma idéia que pertence à realidade de ficção-científica. Porém, os danos potenciais relacionados à manufatura de materiais inovadores, daqueles já comercialmente disponíveis ou recém-lançados, são muito mais importantes de serem avaliados. Um nanomaterial é qualquer material que contenha certa proporção de nanoelementos, também chamado de nanopartículas.

A existência desses materiais em nanoescala pode ocasionar riscos à saúde humana, tanto das pessoas que consomem os produtos nanotecnológicos quanto daquelas que estejam expostas ao contato no local de trabalho.

As nanopartículas podem conter um potencial tóxico que afetaria a saúde humana, como comprovam estudos em ratos que foram expostos a nanotubos de carbono. No ser humano, o contato com as nanopartículas pode acontecer pela inalação, ingestão e absorção pela pele. Cada uma dessas formas pode ocasionar um grau danoso diferente à saúde humana (KRUG, 2005).

A miniaturização dos materiais em escala nano apresenta certo teor de imprevisibilidade: não somente o comportamento das pequenas partículas pode ser modificado, mas também sua mobilidade. Em contraste às micropartículas, as nanopartículas possuem acesso irrestrito ao corpo humano: a possibilidade de absorção pela pele está em discussão, mas a entrada na circulação sanguínea por inalação via pulmões é quase certa. Outro meio de acesso é o trato digestivo (ELSI, 2005).

Uma constatação que reduz a polêmica em torno da contaminação causada pela nanotecnologia é a de que nanopartículas são expelidas há muito tempo por motores à explosão de combustíveis fósseis (GALEMBECK, 2007). Quando se respira perto de um trânsito pesado, cada inalada de ar pode conter em torno de 25 milhões de nanopartículas, e, em altas concentrações, este material pode ser tóxico e exacerbar doenças do coração, asma e outras doenças respiratórias.

Independentemente do tipo de partícula, existem duas variáveis que influenciam o seu grau de toxicidade: o tamanho da partícula e os efeitos de composição e formato (ETC GROUP, 2004; SHATKIN, 2006)

A primeira variável determina o poder de penetração do material na circulação sanguínea e, por isso, a escala nano não encontra impedimentos por

apresentar maior reação e absorção. Assim, mesmo substâncias inofensivas que se apresentam na escala micro podem catalisar intensas reações químicas e danos biológicos quando transformada para a escala nano. Um exemplo é a partícula do ouro, que normalmente é inerte, mas em escala nano se torna quimicamente instável, podendo provocar efeitos danosos à saúde.

Em 2004, um estudo comprovou que a deposição de nanopartículas nas vias respiratórias superiores é mais uniforme do que as causadas por micropartículas, resultando em maior toxicidade pelo mesmo material testado.

O formato e a composição da superfície da partícula influencia também no grau de toxicidade do material. Em estudos de contaminação pulmonar em ratos, constatou-se que partículas em escala nano apresentaram maior toxicidade por causa de específicas estruturas de superfície.

Para as aplicações de transporte de drogas farmacêuticas, o formato da superfície da nanocápsula requer apurado estudo em função de que o próprio contato com a superfície do tecido humano pode causar reações adversas ou mesmo tóxicas.

Embora as nanopartículas estejam cercadas de suspeitas quanto às suas potencialidades danosas em animais, não existem estudos que concluam com absoluta certeza a extensão dos danos à saúde humana.

As nanopartículas podem ocorrer naturalmente – combustão, por exemplo – mas a quantidade tem aumentado no planeta em função de manufatura industrial e aplicações médicas. A tendência mostra que esta quantidade aumentará exponencialmente à medida que os produtos embutirem cada vez mais aplicações nanotecnológicas, ocasionando excessiva exposição das nanopartículas ao meio-ambiente, que poderiam contaminar o ar, a água e o solo (ETC GROUP, 2004).

Os produtos nanotecnológicos apresentam as mesmas etapas do ciclo de uso que os produtos correntes, ou seja, os dejetos devem ser removidos para estocagem na natureza ou reciclados em processos específicos. Desta forma, a sobra dos rejeitos pode contaminar o meio-ambiente de maneira irreversível.

Soltas na natureza, as nanopartículas podem entrar na cadeia de alimentos de determinadas espécies, desde as plantas aos animais predadores, podendo atingir com isso o ser humano (NANOFORUM, 2004). Outro aspecto é alta reatividade das nanopartículas que, combinadas a outras substâncias ou mesmo

isoladas, podem se estabelecer no meio-ambiente por muito tempo e ter um efeito cumulativo que poderia afetar as diversas cadeias da vida.

Atingindo o homem e a natureza de forma contundente, a nanotecnologia poderia anular a lista anterior de benefícios. Mas para que os benefícios da nanotecnologia surjam, deve-se ter agentes de desenvolvimento em ação, chamados de atores neste trabalho. Nesta fase inicial, os atores com papel ativo se destacam na apropriação dos benefícios da nova tecnologia, deixando os riscos para aqueles de caráter mais passivo. Mas quem é quem neste cenário de desenvolvimento da nanotecnologia?

4.4 ATORES DA NANOTECNOLOGIA

As decisões para a criação de uma tecnologia são tomadas por indivíduos dentro de organizações sociais, também chamadas de instituições (KING et al., 1994). As principais instituições envolvidas no processo de inovação em que a tecnologia está inserida são: governo, universidades e centros tecnológicos públicos e as empresas. De ação mais reflexiva quanto à efetividade na participação do desenvolvimento, também são considerados os consumidores e os cidadãos. Deste modo, Zawislak et al. (2007) descrevem as principais instituições, também chamados de atores, que atualmente exercem influência no cenário de desenvolvimento da nanotecnologia, tanto em nível abrangente quanto mais detido ao cenário nacional.

Governo

O governo possui um papel ativo no cenário de desenvolvimento da nanotecnologia ao promover programas de fomento à pesquisa e de colaboração entre empresas e universidades (ROCO, 2004). O resultado destas iniciativas pode se refletir em maior alcance de benefícios à sociedade pelo qual este ator é responsável. As principais formas, então, seriam: promoção do desenvolvimento industrial, com conseqüente recolhimento de impostos; e diminuição nos custos totais com saúde pública.

No Brasil, o Ministério de Ciência de Nanotecnologia patrocina um programa de desenvolvimento específico em nanotecnologia, onde no primeiro triênio despendeu aproximadamente três milhões de dólares. O primeiro resultado formou quatro redes de cooperação em pesquisas de nanotecnologia, sendo uma específica em nanobiotecnologia (GALEMBECK, 2007).

Em relação a países desenvolvidos, o montante de recursos gastos até agora em pesquisas é irrisório, visto que somente o governo federal dos Estados Unidos já despendeu mais de um bilhão de dólares (ALVES, 2004).

Mesmo com baixo orçamento, o governo brasileiro procura promover além do natural desenvolvimento tecnológico o estudo em dimensões relacionadas às Ciências Sociais Aplicadas, como a social, ambiental, ética e legal.

Universidades e centros tecnológicos públicos

Em primeira instância, os cientistas e estudantes das universidades e dos centros tecnológicos brasileiros são os detentores do maior grau de conhecimento sobre a nanotecnologia (GALEMBECK, 2007). Os temas das pesquisas seguem a partir das bases de disciplinas mais técnicas do conhecimento como biologia, engenharias, farmácia, física e química. Desta forma, o maior interesse desses atores é consolidar a pesquisa aplicada, ao compreender como os fenômenos quânticos da escala nano podem se traduzir em aplicações tecnológicas mais eficazes e funcionais.

Outro papel importante da universidade é garantir que todas as dimensões do desenvolvimento da nanotecnologia sejam compreendidas e que todas as formas de implicações possam ser debatidas e fundamentadas. Portanto, a universidade detém um papel importante de mediador de debates entre todos os atores, tanto em função do grau de conhecimento sobre esta matéria quanto pela postura ética e isenta que permeia a filosofia acadêmica (ALVES, 2004).

Existem diversas universidades públicas brasileiras que possuem forte atuação na pesquisa aplicada da nanotecnologia, entre estas: Universidade de São Paulo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade de Campinas, Universidade de Pernambuco, Universidade de Brasília, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e Universidade Federal de Minas Gerais.

O centro tecnológico público brasileiro, que representa entidades como a Embrapa, possui um papel mais ativo no desenvolvimento da nanotecnologia por atrelar os temas de pesquisa aos interesses do país e dos usuários. A Embrapa já detém patentes em aplicações nanotecnológicas que beneficiarão as empresas e os agricultores do Brasil.

Empresas

Há pelo menos três anos, empresas estrangeiras já colocam produtos nanotecnológicos nos mercados farmacêutico, cosmético, bens de consumo duráveis e de equipamentos de análise (GALEMBECK, 2007; DURAN, 2008). Elo principal entre a descoberta científica e o beneficiário final da tecnologia, as empresas visualizam a oportunidade de encurtar o ciclo de desenvolvimento de produto, o ganho nos custos dos insumos, o aumento na eficácia e no desempenho das funcionalidades dos produtos e o aumento de vantagem competitiva (FISHBINE, 2002).

No Brasil, empresas estabelecidas dos setores cosmético, farmacêutico, petroquímico, químico, fazem parte do grupo que iniciaram pesquisas e investimentos em aplicações nanotecnológicas. O montante dos investimentos ainda é baixo em comparação com empresas multinacionais americanas e européias, e é bastante calçado em contrapartidas de fundos públicos.

Com vistas à perspectiva de alta rentabilidade no futuro, um número cada vez maior de novas empresas com foco em nanotecnologia tem surgido, abertas a partir da iniciativa de cientistas ligados a um laboratório de pesquisa de universidades públicas (ROCO, 2004)

Contudo, dos laboratórios dos centros tecnológicos e das universidades à escala de produção em massa, existe a necessidade de um alto investimento em P&D que poucas empresas estão aptas a fazer. Este fato impede que a nanotecnologia se dissemine mais fortemente neste primeiro momento.

Outro aspecto importante para as empresas é o estabelecimento de normas e regulação suficientemente claras que balizem as possibilidades de desenvolvimento de produtos incorporados de nanotecnologia. Tal medida é uma forma de reduzir o risco embutida em tecnologias que são emergentes.

Consumidores

Os consumidores fazem parte do elo final da cadeia de valor dos produtos, portando o controle da aceitação ou rejeição da inovação (LANE, 2001). Desta forma, os produtos nanotecnológicos ou constituídos de nanotecnologia devem atender no mínimo aos requisitos e exigências vigentes quanto à qualidade e segurança.

No entanto, não existe no atual estágio de desenvolvimento da nanotecnologia uma caracterização organizada deste agrupamento. Isto torna os

consumidores um ator inerte, sem capacidade de intervenção na trajetória de desenvolvimento da tecnologia e sem ação ou reação aos riscos dos produtos já lançados. A falta de conhecimento sobre a tecnologia e o estreito leque de produtos lançados são dois fatores que contribuem para este estado inercial.

Este ator se encontra num estado paradoxal: é importante para referendar o sucesso da nova tecnologia, mas não possui qualquer oportunidade de ação (ELSI, 2005).

Cidadãos

A sociedade civil, organizada ou não, receberá os reflexos das aplicações nanotecnológicas de forma direta ou indireta durante a trajetória de desenvolvimento. De qualquer forma, a plena consciência dos benefícios e malefícios de uma nova tecnologia é parca nos estágios iniciais (ELSI, 2005). Este desconhecimento contribui para que este ator sofra a influência perniciosa de fatos distorcidos e a internalização de mitos e boatos direcionados por interesses políticos de grupos específicos.

O ator cidadão deve, então, receber por parte dos atores com papéis mais ativos (universidades, governos e empresas) na trajetória de desenvolvimento o devido esclarecimento, de caráter mais técnico e fundado em fatos comprovados, que motive a sua participação e, pelo menos, a consciência completa de suas escolhas. Caso contrário existe o risco de que atos irracionais sejam conduzidos, sem controle e sem objetivos construtivos, o que prejudicaria o pleno desenvolvimento da nanotecnologia.

Organizações Não-Governamentais

O surgimento deste tipo de organização – organização não-governamental (ONG) é uma reação ao papel passivo que os cidadãos desempenham diante de fatos políticos importantes no mundo contemporâneo. A emergência cada vez mais rápida de novas tecnologias e a associação de que os seus efeitos têm causado diversos tipos de danos ao meio-ambiente, saúde humana e qualidade de vida, provoca o surgimento de grupos mais organizados que propõem princípios mais éticos e que tragam maior segurança a todos (ETC GROUP, 2004). Embora exista uma parcela de ONG's que mantêm uma postura responsável e contributiva, alguns grupos escolhem a via combativa e conflituosa para a exposição das idéias e a manipulação da população por meio de fatos distorcidos e inverídicos.

Novas tecnologias, tal como é o caso da nanotecnologia, se tornam a razão de existência desses grupos, o que pode por em risco o debate racional e fundado de idéias. No entanto, nenhum ator envolvido em trajetórias de desenvolvimento tecnológico está isento de provocar distorções e defender interesses por meio da manipulação de fatos. Mas as ONG's possuem um forte rótulo negativo entre os demais atores por conta dos excessos cometidos em um passado recente contra outras tecnologias (exemplo dos Alimentos Geneticamente Modificados), o que dificulta atualmente a aceitação de seus argumentos e a participação mais engajada em debates mais técnicos.

No Brasil, entidades como Greenpeace e Wild World Life não posicionam a nanotecnologia como parte do portfólio de assuntos ambientais. Apenas o ETC Group possui engajamento no tema da nanotecnologia, embora não tenha representação no Brasil.

Tais atores reúnem interesses distintos, em que a repartição de benefícios e riscos da nanotecnologia pode ser desigual sob uma perspectiva econômica tradicional, onde sobre uns imputam maiores benefícios do que para outros. Isto pode ser espelhado pela linearidade da relação entre as dimensões tecnológica e econômica, que analisa os impactos tecnológicos causando impactos econômicos e, nisso, privilegiando em demasia os atores empresariais.

Contudo, sob o efeito de debates de tecnologias anteriores, tal como aconteceu com os Organismos Geneticamente Modificados e com as Células-Troncos (LEITE, 2004), os atores menos privilegiados devem receber mais atenção quanto à distribuição de benefícios e riscos da nanotecnologia e, assim, outras dimensões de análise tecnológica ganharem importância como a social e a ambiental. Mas quais seriam as justificativas para que a nanotecnologia altere sobremaneira os níveis de expectativas dos atores e constitua relações dimensionais de análise pouco consideradas em tecnologias anteriores?

4.5 RELAÇÕES DIMENSIONAIS E DIRECIONADORES NO CONTEXTO DA NANOTECNOLOGIA

A racionalidade econômica é pressuposto para muitas teorias econômicas, valendo tanto para indivíduos quanto para instituições. A substituição da mão-de-obra pela tecnologia, a racionalidade no aproveitamento dos insumos e a eficiência dos processos produtivos são impactos que a nanotecnologia tem condições de

causar nos modos atuais de produção. Mas os setores da economia que originariam esse movimento atualmente não demonstram uma queda da rentabilidade, tanto que os patamares de lucratividade dos setores chamados de "ponta", onde a nanotecnologia tem sido precursora, expressam virtuosismo²⁷. Se não surgiu necessariamente para estancar a queda da rentabilidade, embora abra oportunidade para a conquista de lucros futuros, por que a nanotecnologia tem despertado um grande interesse por parte dos atores capitalistas?

Um modo de justificar a busca pelo desenvolvimento científico e a conseqüente aplicação tecnológica é a busca pelo novo ou melhorado dispositivo, produto, processo ou sistema (FREEMAN,1982). Em extensão, a dimensão econômica relaciona o conceito de inovação tecnológica com a utilidade referendada por um conjunto de usuários, e o conseqüente crescimento econômico (FREEMAN e PEREZ, 1988). As empresas que competem atualmente são direcionadas a uma busca mais intensa da condição de sustentabilidade econômica do negócio. Em virtude disso, e principalmente com os desafios proporcionados por clientes exigentes, que procuram produtos de alta qualidade e baixo custo, oriundos de necessidades específicas e variantes (GUNASEKARAN, 1999), as empresas se agarram na geração e entrega de maior proporção de valor a fim de que se diferenciem entre si. O modo mais contundente de atingir este intento é seguir pelo caminho da inovação (DRAZIN e SCHOOHOVEN,1996), pelo qual a nanotecnologia poderá ter um papel significativo nas próximas décadas.

Neste sentido, a lista de benefícios da nanotecnologia descoberta em diversas disciplinas do conhecimento provê elementos para agregar valor aos produtos capitalistas, confirmando o caminho da inovação. Todavia, este é caminho tradicional do uso da tecnologia no mundo contemporâneo. Ainda assim fica a dúvida da polêmica do advento da nanotecnologia: por que os atores a buscam com grandes expectativas?

Para responder a esta questão, remete-se às origens do capitalismo, que transmitiu de geração em geração de atores empresários a noção da exploração

²⁷ Com exceção da indústria farmacêutica (Novartis, Schering-Ploug, Pfizer, entre outras, apresentaram grandes perdas na rentabilidade em 2007), que vem apresentando quedas de rentabilidade, por problemas de custos de inovação e aumento de competição (SIMONIAN, 2008; RUBENSTEIN e JOHNSON, 2008), outras indústrias que também estão envolvidas com nanotecnologia tem aumentado constantemente a lucratividade, como é o caso da petroquímica, química, papel e celulosa, semicondutores, entre outras (SETORIAIS VALOR, 2007).

econômica sem limites dos recursos naturais, confiando na aparente incomensurabilidade de suas reservas. Na linha de agregação de valor de produtos capitalistas, as matérias-primas mais elementares são extraídas da natureza, a partir de jazidas formadas há séculos no solo continental ou marítimo e que vão sendo paulatinamente descobertas pelo homem econômico. O limite da exploração econômica da matéria-prima é o limite do fluxo de extração da jazida descoberta, que alimenta uma ou várias cadeias produtivas, que por sua vez alimenta o regime de acumulação capitalista. Num ritmo acelerado, o esgotamento da jazida é inevitável, seja pela extinção física das matérias-primas seja pela inviabilidade econômica da extração. Em face dessa restrição, o ator empresa, que representa o interesse mais puro do capitalismo, reage e vai ao encontro de alternativas. Neste sentido é que a nanotecnologia aparece como solução ao aparente esgotamento dos recursos, pois por meio de aplicações nanotecnológicas a matéria-prima que veio da terra poderá ser criada pelo homem. Isto levaria à exploração econômica ilimitada, com concentração na parcela dos atores empresas que detivesse o domínio do conhecimento em nanotecnologia. Desta forma, justifica-se o alto nível de expectativa em relação a esta nova tecnologia. Contudo, questiona-se qual aspecto da nanotecnologia poderia estender para outras dimensões de análise, que não a tecnológica e econômica?

O aumento das potencialidades dos produtos com a nanotecnologia poderá trazer um ciclo de desenvolvimento econômico que implicaria em impactos benéficos a muitos atores da sociedade. No entanto, a lista de riscos da nanotecnologia mostra que existem potenciais impactos negativos que poderiam neutralizar os benefícios ou mesmo superá-los. Deste modo, abre-se espaço às dimensões social e ambiental.

Na dimensão social, a nanotecnologia poderia proporcionar a melhoria do bem-estar dos atores cidadãos e consumidores, sendo o primeiro de forma indireta e o último de forma direta, em função de que as aplicações tecnológicas e os produtos comercializados poderão suprir necessidades e desejos, que antes não eram possíveis de se realizar, aliviar sofrimento e aumentar a sensação de felicidade.

O outro lado dos impactos na dimensão social é a potencialidade da nanotecnologia em suprimir postos de trabalho, isolamento ou a extinção de parcelas de atores por não conseguirem atingir os requisitos de sobrevivência em

um mundo balizado por um novo patamar tecnológico, a insegurança dos impactos advindos da dimensão ambiental, entre outros aspectos.

A contaminação, poluição, destruição, mutação do meio-ambiente, termos que também servem para definir os males para a saúde humana, são riscos da nanotecnologia que preenchem a dimensão ambiental. Embora, certas aplicações nanotecnológicas prometem a reversão de todos os processos danosos citados anteriormente.

Um ponto polêmico da nanotecnologia que influencia categoricamente todas as dimensões de análise já citadas e que realmente exacerbaria as expectativas e preocupações em relação à nanotecnologia é o processo de automontagem molecular. Com este processo é possível montar produtos a partir de moléculas e átomos básicos, sem grande necessidade de espaço de fabricação e com grande variedade de estruturas, formas, funcionalidades, e *design*. Na teoria é possível, embora se identifique grandes limitações ao passar para escala industrial. Supondo que esta barreira técnica seja superada, a nanotecnologia poderia oferecer uma cadeia ilimitada de soluções tecnológicas, uma oferta incomum de produtos e serviços, uma quantidade considerável de resíduos, mais chances de novos riscos ao meio-ambiente e à saúde humana, mudanças radicais no modo de produção capitalista, com o extremo da possibilidade de extinção do ator empresário, ao passar o domínio da produção para o ator consumidor e, com isto, produzir este mesmo o resultado que satisfará sua vontade. Embora tudo isto esteja atrelado aos benefícios e riscos da nanotecnologia citados nos parágrafos anteriores, mas aqui em proporções muito maiores. Este é o cenário mais futurista em discussões das perspectivas da nanotecnologia, inclusive comentado e publicado por grandes cientistas do assunto como Eric Drexler.

4.6 SINAIS DO PARADIGMA TECNO-CIENTÍFICO DA NANOTECNOLOGIA

Seguindo as idéias de Clark (1997), para o reconhecimento de um paradigma tecno-econômico, apresenta-se a descrição da atual comunidade da nanotecnologia, deduzindo-se a sua complexidade basicamente a partir da inter-relação dos atores pesquisadores com seus parceiros tecnológicos, além de comprovar a legitimação social da nanotecnologia por meio de dados e informações que promovem a pesquisa em nanociência, de quantidade de membros da comunidade, de valores de investimento e dos indícios das incipientes aplicações (ver figura 4).

Uma nova tecnologia surge a partir das descobertas da Ciência, a qual chancela novos conhecimentos no formato de artigos científicos, em renomados periódicos em todo o mundo. Portanto, o número de artigos científicos é um indicador que mostra os primeiros sinais da potencial instalação de um paradigma tecno-econômico (PTE).

Depois que as idéias científicas ganham reconhecimento, parcela da comunidade as transforma em aplicações tecnológicas, que, por sua vez, são patenteadas em escritórios oficiais. Desta forma, o número de patentes é outro indicador que mostra o progresso dos sinais do PTE.

Por último, os governos, por meio de suas agências de fomento e órgãos oficiais, e a comunidade empresarial, por meio das empresas grandes e pequenas e dos investidores profissionais, revertem fluxos monetários crescentes no usufruto das patentes para a transformação em novos produtos.

Por isso, a seguir, serão apresentados levantamentos de números a respeito de produção científica, patentes apresentadas e patamares de investimentos.

4.6.1 Sinais de produção científica

Ao buscar dados sobre a pesquisa acadêmica neste campo, verificou-se que também existe uma “explosão” de artigos investigando e discutindo a nanotecnologia. Governos têm investido fortemente neste setor, desenvolvendo programas, e incentivando pesquisas em universidades ao redor do mundo. Isto tem provocado um crescimento da produção acadêmica nesta área (KINGON et al., 2004; LI et.al, 2008).

A produção acadêmica nos últimos anos pode ser demonstrada na figura 13²⁸, em pesquisa na base de dados da Thomson Scientific Citation Index Expanded (SCI). A curva tem um crescimento exponencial após 1982, momento de maior utilização da tecnologia do microscópio de tunelamento de varredura que permite o trabalho específico com partículas nanométricas.

²⁸ A escala da coordenada do gráfico é logarítmica para comportar a distância entre os números em um mesmo gráfico.

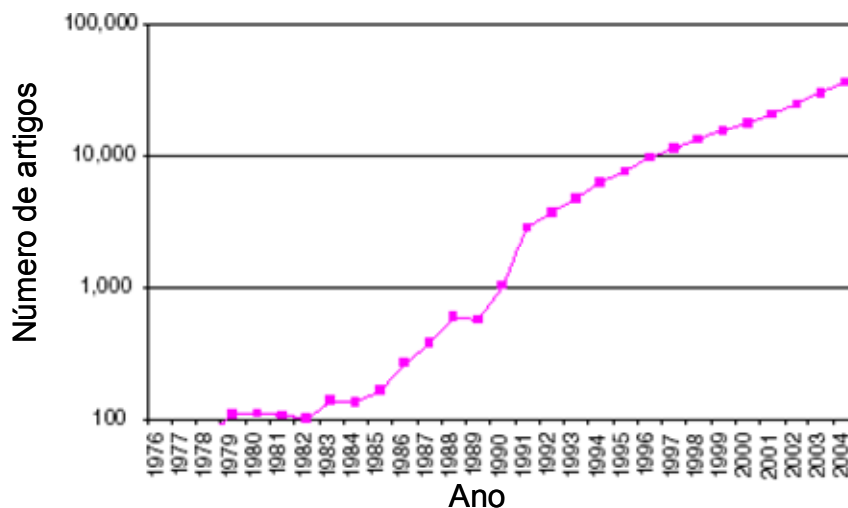


Figura 13 - Explosão de artigos científicos relacionados à nanotecnologia (Base de Dados SCI29)

Fonte: LI et al. (2008)

Youtie et al. (2008) desdobram as citações em artigo sobre nanotecnologia, na figura 14 (na página seguinte), pelos países mais relevantes na intensidade em pesquisa acadêmica. A dominação sobre este tema pertence aos países dos 27 países do Bloco Europeu, seguidos pelos Estados Unidos, Japão, Alemanha e China. Observa-se que a curva de publicações científicas sobre nanotecnologia permanece em ascensão exponencial semelhante entre os países e blocos de países identificados.

²⁹ A base de dados Thomson Science Citation Index Expanded (SCI) reúne periódicos de mais de 150 disciplinas do conhecimento, incluindo Agricultura, Biologia, Química, Ciências da Computação, Engenharia, Ciências dos Materiais, Medicina, Física, Farmácia. A base reúne atualmente mais de 6500 periódicos (nota do autor, tendo como fonte: http://scientific.thomsonreuters.com/scientific/mjl/wos_scie_a5021_final.pdf).

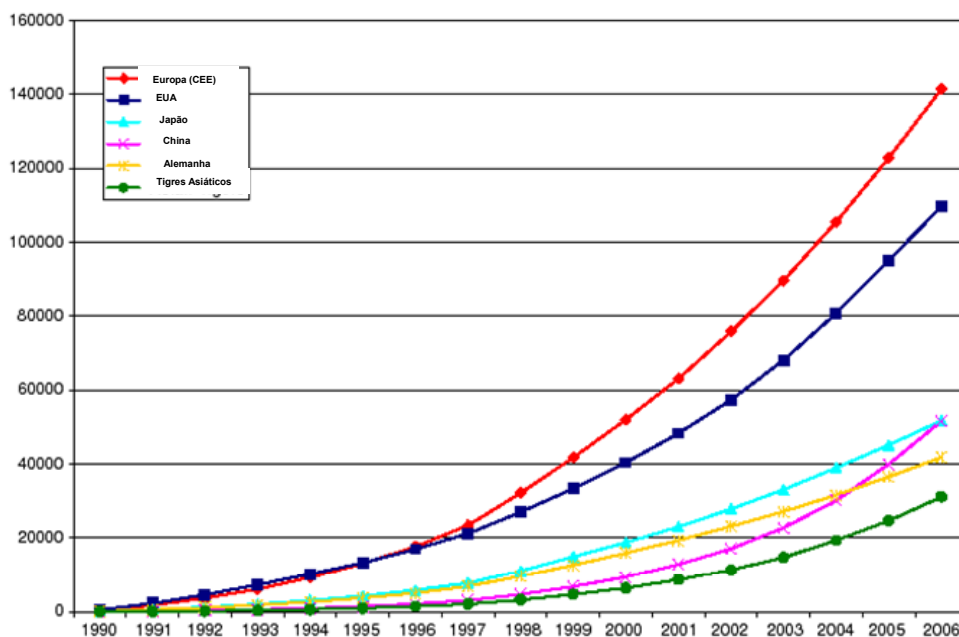


Figura 14 - Total acumulado de publicações sobre nanotecnologia por país e bloco de países no período entre 1990 a 2006³⁰
 Fonte: YOUTIE et al. (2008)

Uma análise semelhante a dos autores citados anteriormente foi realizada em dois momentos, com intuito de atualizar os dados e acompanhar o progresso do PTE para o indicador de produção científica. O primeiro momento ocorreu em Julho de 2004 e o segundo em novembro de 2008. Isto foi realizado a partir de dois tipos de fontes de dados: 1) máquinas de busca, que são repositórios de páginas da Internet copiadas diariamente dos sites originais; e 2) bases de dados acadêmicas, meios eletrônicos que refletem o estado da arte do tema a ser pesquisado na perspectiva de diversas áreas de conhecimento por meio de artigos publicados. O primeiro tipo de fonte pesquisado foi no “Google”, onde foi realizado um levantamento para verificar a quantidade de citações em páginas na Internet no mundo que possuíam a palavra “nanotechnology”. Para o segundo tipo de fonte foram pesquisadas as bases internacionais EBSCO, EMERALD, e SCHOLAR (GOOGLE), visando identificar se já existe atualmente um progresso significativo de esforço teórico sendo desenvolvido por pesquisadores em universidades mundo afora. Para a busca nestas bases de

³⁰ O número é baseado na frequência com que artigos individuais são citados, que depois são combinados por países ou blocos de países. Os países líderes são: Estados Unidos, Japão, Alemanha e países de blocos (Bloco Europeu, que equivale aos 27 membros até 2007; Bloco dos Países Asiáticos, que equivale a Coreia do Sul, Cingapura e Taiwan, sendo que os números são extraídos da Web of Science, Science Citation Index (SCI), 1990–2006 (Youtie et al, 2008).

dados internacionais, utilizou-se como palavra-chave o termo “nanotechnology”, e como critério de busca, a seleção de todos os artigos. Os resultados deste levantamento são apresentados na tabela 1, que indica um número significativo de citações de nanotecnologia na Internet e também mostrando que a nanotecnologia já desperta o interesse da comunidade científica em publicar suas descobertas. A última coluna da tabela 1 mostra a variação no período entre 2004 e 2008, demonstrando um elevado aumento de interesse teórico sobre a nanotecnologia por parte da comunidade acadêmica.

Tabela 1- Pesquisa sobre nanotecnologia junto a bases de dados internacionais

Base de Dados	Ano		Variação (%)
	2004	2008	
EBSCO	139	1100	691%
EMERALD	68	217	219%
www.google.com	1.510.000	12.200.000	708%
scholar.google.com	base não existente nesta data	334.000	

Fontes: Disponível em: <www.google.com> , Acesso em 05 de Julho de 2004; Disponível em: <trial.epnet.com> , Acesso em 05 de Julho de 2004; Disponível em: <www.emeraldinsight.com>, Acesso em 05 de Julho de 2004; Disponível em <www.google.com> , Acesso em 27 de novembro de 2008; Disponível em <<http://scholar.google.com>> , Acesso em 27 de novembro de 2008; Disponível em: <<http://ejournals.ebsco.com>> , Acesso em 27 de novembro de 2008; Disponível em: <www.emeraldinsight.com>, Acesso em 27 de novembro de 2008;

Adicionalmente, realizou-se a comparação de citações da nanotecnologia com a biotecnologia e a tecnologia de informação, sendo a última de origem na década de 70 e a penúltima na década de 80 do século XX. Esta análise tem o objetivo de comparar o estado atual de desenvolvimento da nanotecnologia com tecnologias que recentemente deixaram o estado de emergentes. Utilizou-se também como palavra-chave o termo “nanotechnology”, e como critério de busca, a seleção de todos os artigos, nas mesmas quatro fontes da análise anterior. Os resultados deste levantamento são apresentados na figura 15 (na página seguinte), indicando que a

nanotecnologia ainda se encontra em estágio inicial de desenvolvimento teórico comparado com tecnologias com mais de 25 anos de esforços acadêmicos³¹.

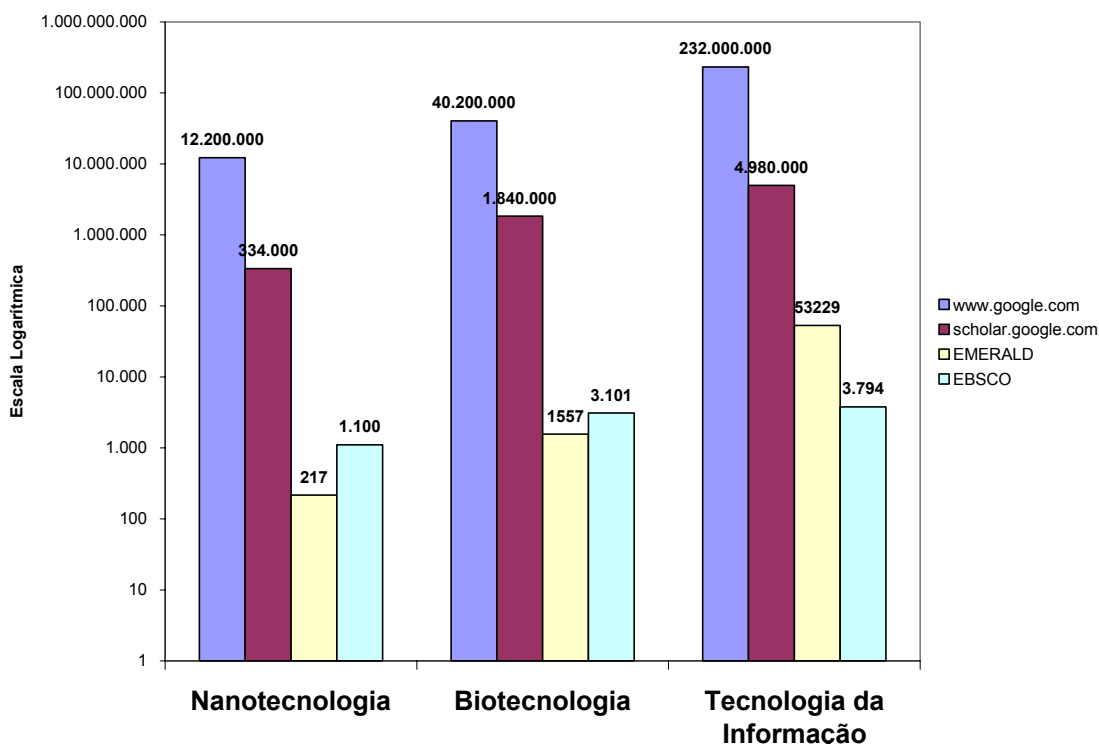


Figura 15 - Comparação de artigos e citações da nanotecnologia com outras Tecnologias em Bases Internacionais

Fontes: Disponível em <www.google.com> , Acesso em 27 de novembro de 2008; Disponível em < <http://scholar.google.com>>; Disponível em: Acesso em 27 de novembro de 2008; Disponível em: <<http://ejournals.ebsco.com>> , Acesso em 27 de novembro de 2008; Disponível em: < www.emeraldinsight.com> , Acesso em 27 de novembro de 2008;

4.6.2 Sinais de produção tecnológica

Alencar et al(2006) apontam um crescimento no registro de patentes com termos relacionados à nanotecnologia, no período entre 1994 e 2005, por continente, na seguinte proporção: 1) Ásia: 45%; 2) América do Norte: 35%; e 3) Europa: 14%. Ainda segundo os autores, a dinâmica da inovação para a nanotecnologia mostra estratégias diferentes por países como, por exemplo: i) Estados Unidos: interesse difuso ao patentear em todos os campos de conhecimento da nanotecnologia e suas respectivas aplicações; ii) Japão: possui as

³¹ A escala de apresentação dos dados da figura 6 foi a logarítmica em virtude da grande amplitude dos números das diversas fontes em relação às três tecnologias comparadas. Esta escala aproxima os dados, permitindo a visualização por meio de uma figura.

instituições com maior quantidade individual de patentes (concentração), mas com aplicações focadas em novas matérias-primas e meios tecnológicos para produtos; e iii) Alemanha: em menor proporção de patentes que os demais, demonstra foco em produtos nanotecnológicos.

Outro dado interessante é o crescimento no número de patentes que tem sido depositado em 4 regiões do mundo, apontado pela figura 16 (ROCO, 2004). De certa forma, a liderança em nanotecnologia fica por conta dos Estados Unidos, que detém o maior número de pesquisadores, institutos, universidades, patentes, empresas e fundos de investimento (ROCO, 2004).

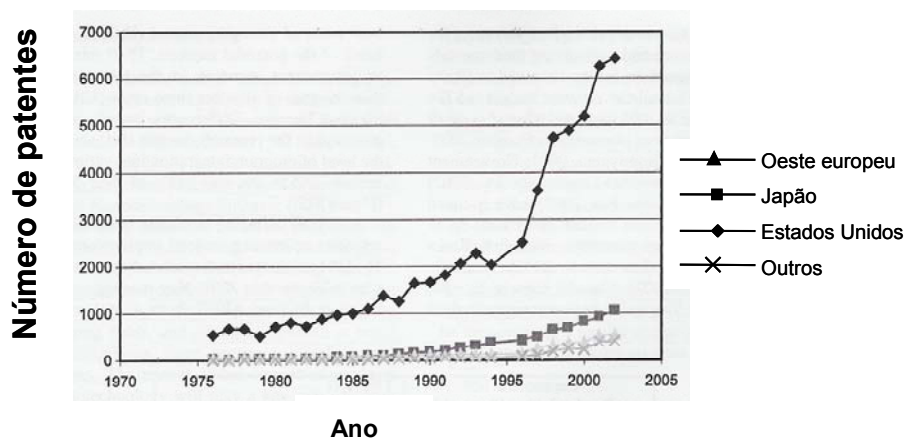


Figura 16 - Número de patentes em nanotecnologia em 4 regiões

Fonte: ROCO (2004).

O banco de dados com a maior quantidade de patentes do mundo pertence ao governo americano (USPTO, 2008). Levando em consideração tal fato, identificou-se o número de patentes publicadas em nanotecnologia na classe 977 nos últimos 20 anos (ver nota 29). Os valores da curva da figura 17 mostram uma forte aceleração de depósitos de patentes em nanotecnologia a partir de 1997, implicando em uma ascensão constante até novembro de 2008. Isto reflete o esforço mundial na busca de aplicações nanotecnológicas e a comprovação de um forte sinal de mudança por conta de uma nova tecnologia.

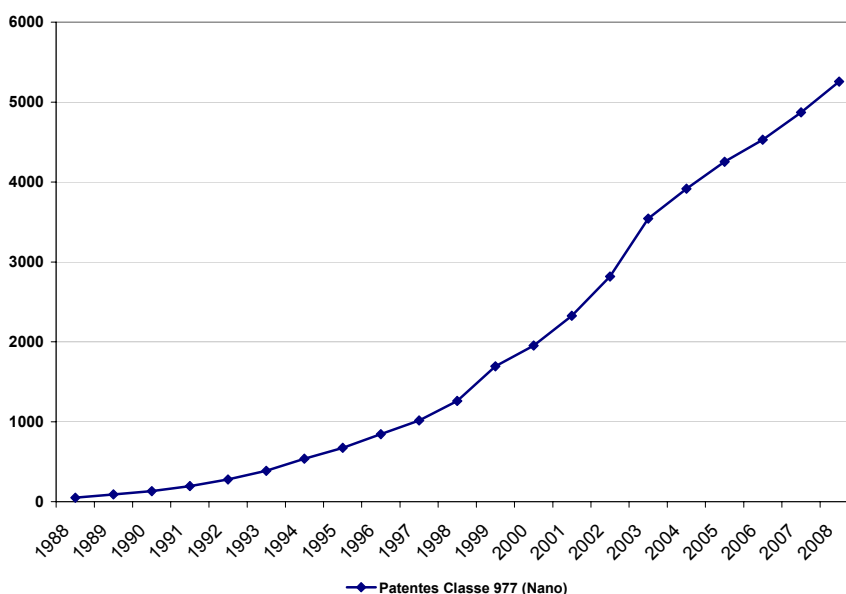


Figura 17 - Número de patentes em nanotecnologia na USPTO no período de 1988-2008

Fonte: adaptado de USPTO (2008) ³²..

³² A classe 977 foi criada pelo United States Patent and Trademark Office (USPTO) a fim de englobar a maioria das aplicações nanotecnológicas, contando com 263 subclasses. Segundo o USPTO, patentes em nanotecnologia se relacionam a: i. nanoestruturas e composições químicas de nanoestruturas; ii. dispositivos que incluem pelo menos uma nanoestrutura; iii. algoritmos matemáticos, ex. software, etc, especificamente adaptado para modelar configurações ou propriedades de nanoestrutura; iv. métodos ou aparatos para fabricar, detectar, analisar, ou tratar nanoestruturas; e v. usos particulares de nanoestruturas. Além disso, define nanoestrutura como: “um átomo, molécula, ou estrutura molecular que: 1) tem pelo menos uma dimensão física de aproximadamente 1-100 nanômetros; e 2) possui uma propriedade especial que é unicamente atribuível ao tamanho físico da estrutura em nanoescala” (Fonte: <http://www.uspto.gov/web/patents/classification/uspc977/defs977.htm>, consultado em 28 de novembro de 2008).

4.6.3 Sinais de investimento

Fishbine (2002) afirma que os investimentos anuais no mundo em nanotecnologia estão no patamar do bilhão de dólar, e um grande número de novos entrantes nas áreas de nanociência e nanotecnologia trazem este tema, de forma notória, para a frente dos interesses de muitos negócios baseados em tecnologia. Segundo Kingon et al. (2004), o número de novos entrantes tendo como principais produtos ou serviços de tecnologias “nano”, em 1999 era de 100, tendo passado para mais de 1000 em apenas 3 anos.

Neste sentido, Roco (2003) apresenta uma série de dados sobre os investimentos mundiais neste campo, defendendo justamente que o mesmo tem ganhado importância na agenda de muitos países. Segundo o autor, em 2003, o investimento mundial de órgãos governamentais em pesquisa e desenvolvimento ultrapassou o patamar dos 3 bilhões de dólares no setor de nanotecnologia, sendo que ao menos 40 países já iniciaram pesquisas neste campo.

Estima-se que a iniciativa privada, composta por empresas de setores relacionados ao uso intensivo da tecnologia e por investidores profissionais que direcionam capital para pequenos empreendimentos, já investiu mais de 500 milhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia até o ano de 2001 (FISHBINE, 2002). Para Galembek e Ripel (2004), uma série de produtos com nanotecnologia já foi lançado no mercado, podendo assim caracterizar esta novidade tecnológica como meio para a inovação.

Além disso, segundo Roco (2003) e Alves (2004), daqui a 15 anos, a produção anual estimada de produtos baseados em nanotecnologia será de 1 trilhão de dólares, valor que irá requerer cerca de 2 milhões de trabalhadores para o setor.

Alguns países como os Estados Unidos já possuem estratégias multidisciplinares para o desenvolvimento de nanotecnologia através da National Nanotechnology Initiative (NNI). Já os países europeus e o Japão possuem amplos programas de desenvolvimento neste campo, e seus planos visam objetivos para o final da primeira década do milênio. A figura 18 (na página seguinte) mostra os gastos governamentais em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia dos principais países mundialmente. A curva de investimento é ascendente e cresce exponencialmente a partir de 2000.

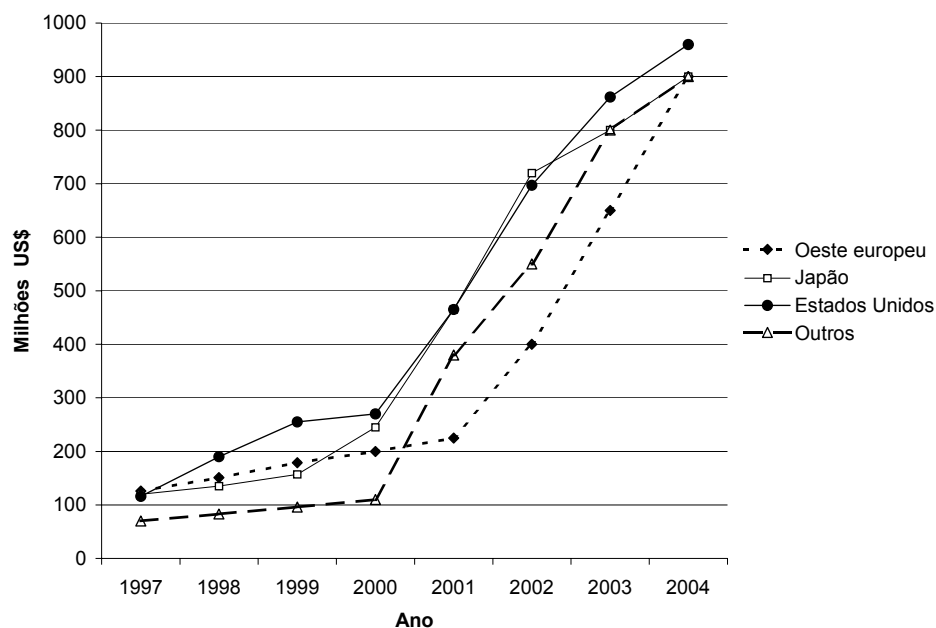
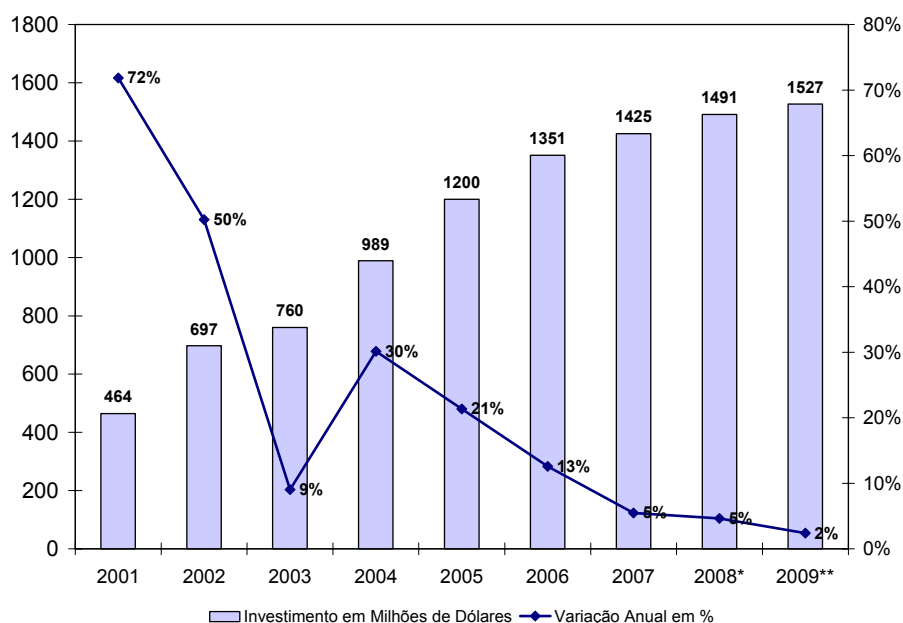


Figura 18- Gastos governamentais estimados para pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia entre 1997-2004 em milhões de dólares por ano

Fonte: Roco (2003).

Ao realizar uma consulta na página da NNI americana na Internet (ver figura 19, na página seguinte), verifica-se que o investimento governamental americano em nanotecnologia apresentou uma ascensão acelerada a partir de 2000, indo assim até 2005. Desta data em diante, ocorreu uma desaceleração de investimentos, que pode ser considerado um crescimento vegetativo. Duas conclusões são possíveis deste cenário, não necessariamente excludentes: 1) a segunda gestão Bush (2005-2008) priorizou outras áreas do Governo; e/ou 2) a iniciativa privada já desempenha seu papel de indutor de investimentos ao lado do Governo. Tais cenários deverão ser checados no futuro.



* - Orçamento estimado para o ano base de 2008

** - Orçamento previsto para o ano base de 2009

Figura 19 - Gastos governamentais dos Estados Unidos em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia entre 2001-2009 em milhões de dólares por ano

Fonte: adaptado de NNI (2008).

4.6.4 Síntese

Analisando as condições que Clark (1987) propõe para caracterizar o surgimento de um novo paradigma tecno-econômico, a nanotecnologia atende aos requisitos de estar constituída dentro de uma complexa comunidade científica e tecnológica, sendo esta pilar legitimador da nova ciência, comprovada pelo forte crescimento dos números de publicações, depósito de patentes, valores de investimentos, aberturas de empresas, e lançamentos de aplicações e produtos, e a criação de núcleos de incentivo à pesquisa e desenvolvimento tecnológico em países centrais e também em países emergentes. Não obstante atender ao requisito da comunidade a qual está inserida ser complexa, a nanotecnologia encontra-se em fase muito incipiente de validação de mercado, impedindo a certeza da solidificação do paradigma tecno-econômico.

Clark (1987) afirma também que uma alternativa paradigmática é natural de se instalar ao redor do paradigma vigente. Tendo em vista esta condição, Bohr (2002) afirma que o esgotamento do paradigma tecno-econômico vigente é previsto, pois a microeletrônica por trás da tecnologia da informação está no limite de

aproveitamento de sua escala. Trabalhos, como o realizado por Sahal (1985), mostram que se os fatores tecnológicos não forem constantes na mudança da escala, algo muito revolucionário necessita surgir. Neste sentido para a microeletrônica estudos mostram que o limite de escala está próximo, permitindo à alternativa da nanotecnologia a ocupação do espaço necessário.

A biotecnologia, que é a tecnologia anterior à nanotecnologia, enfrenta um debate jurídico intenso em alguns países no mundo ao ter aberto lacunas regulatórias a respeito da manipulação da vida em aplicações tecnológicas. Desta forma, abre-se espaço para que a nanotecnologia domine o cenário futuro.

Outro aspecto da certeza do paradigma é o design dominante das inovações tecnológicas, o qual não tomou forma dentro das inovações em nanotecnologia e nem mesmo foram postas a consenso público. Sendo assim, ainda não é possível tecer conclusões a respeito do sucesso dessas inovações e nem mesmo afirmar que está ocorrendo a sedimentação de seu paradigma tecno-econômico, embora a perspectiva seja promissora, segundo Roco (2001), ao sustentar a possibilidade da nanotecnologia impactar aspectos sócio-econômicos importantes por toda a humanidade.

Estes autores afirmam que embora a nanotecnologia esteja reconhecidamente sendo alvo crescente de pesquisas, produção acadêmica e gastos governamentais, a questão crítica para as organizações e para os gerentes de tecnologia, neste ambiente dinâmico e incerto que envolve o campo da nanociência e da nanotecnologia é: Como desenvolver pesquisas e tomar decisões em ambientes que mudam tão rapidamente, onde não se sabem ainda as questões críticas e as respostas para elas? Desta forma, eles afirmam que se o gestor demora para tomar a decisão de investimento, pode ficar para trás em relação às outras empresas concorrentes. Assim os efeitos no mercado comercial ainda não estão claros, a avaliação de oportunidades ainda é problemática, e isto, pode prejudicar significativamente as proposições de valor das empresas no futuro.

Diante disto, Kingon et al. (2004) afirmam que dois caminhos estão sendo desenhados. Um seria o dos novos entrantes que tem tido dificuldade de acompanhar as rápidas mudanças do setor e não possuem todos os recursos para a comercialização de produtos desenvolvidos neste campo. O outro seria o das grandes corporações, que embora tenham os recursos, estão tendo dificuldades em encontrar investimentos viáveis economicamente neste campo. Os autores afirmam

que duas conclusões podem ser tiradas disto: a primeira é que os novos entrantes devem buscar nas alianças e parcerias, as soluções para sua escassez de recursos; a segunda seria a necessidade de desenvolvimento de novos processos que possam gerar melhores estratégias para a comercialização e viabilidade econômica deste campo.

Diante deste cenário, pode-se concluir que a nanotecnologia traz a possibilidade de benefícios e riscos em escala nunca antes reconhecida em outras tecnologias, envolvendo praticamente todos os atores da sociedade, e com perspectivas de influenciar muito além da dimensão tecnológica e econômica.

Para lidar com esta miríade de possibilidades, reflexo da complexidade tecnológica, políticas de ação devem ser construídas em consenso entre todos os atores envolvidos.

Estas ações podem ser auxiliadas por meio de um modelo multidimensional de análise de impactos de novas tecnologias, que é a proposição desta tese.

Certos sinais indicativos de instalação do paradigma da nanotecnologia, assim como seus potenciais benefícios e malefícios, representam o conjunto do conhecimento pesquisado até o momento. Neste contexto, falta uma visão dinâmica para compreender a nanotecnologia, que esta tese suprirá na fase de pesquisa de campo.

5 MÉTODO

Esta pesquisa possui como tema central a análise de nova tecnologia de potencial revolucionário, no caso a nanotecnologia, e tem como foco a compreensão estruturada dos seus potenciais impactos em múltiplas dimensões de análise.

Toda a pesquisa tem um caráter pragmático, onde em uma de suas definições se afirma que pesquisa é uma:

atividade cotidiana, considerando-a como uma atitude, um questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade, ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático. (DEMO, 1996, p. 34).

Assim, seguindo o preceito do pragmatismo, as etapas desta pesquisa são identificadas na próxima seção.

5.1 ETAPAS DA PESQUISA

Nesta seção, as principais etapas de pesquisa da tese são apresentadas e uma contextualização de cada uma delas pode ser compreendida nos diagramas da figura 20.

Esta pesquisa foi iniciada com a identificação do problema principal e sua delimitação, seguida de uma pesquisa bibliográfica focada em identificar as bases teóricas para o modelo a ser proposto, assim como a descrição teórica do objeto de pesquisa, que foi a nanotecnologia. Depois, conceituou-se o modelo de análise multidimensional de impactos de uma nova tecnologia. A partir do modelo e das lacunas dos estudos apresentados sobre impactos da nanotecnologia até aqui, realizou-se a pesquisa de campo. Esta etapa culminou na seqüência: análise dos resultados e conclusões da pesquisa.

Deste modo, este capítulo aborda as etapas de pesquisa de campo e a de análise dos resultados, onde a primeira se justifica pela necessidade de contribuição prática ao estudo dos impactos da nanotecnologia e a segunda por conter modos de análise que necessitam de detalhamento a fim de tornar as análises dos resultados mais compreensíveis.

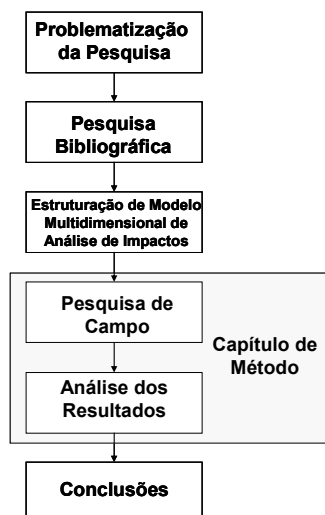


Figura 20 - Etapas de Pesquisa
Fonte: adaptado pelo autor.

5.2 TIPOS DE PESQUISA DE CAMPO SELECIONADOS

Existem dois tipos de pesquisa desenvolvidos nesta tese: a pesquisa exploratória e a pesquisa descritiva.

Conceitualmente, a diferença entre os dois tipos de pesquisa pode ser vista quanto aos objetivos, onde a pesquisa exploratória prôve critérios e compreensão ao pesquisador e a pesquisa descritiva testa hipóteses e examina relações (quadro 2).

Critério/Tipo de Pesquisa	Exploratória	Conclusiva (Descritiva)
Objetivo	Prover critérios e compreensão.	Testar hipóteses específicas e examinar relações.
Características	As informações necessárias são definidas ao acaso. O processo de pesquisa é flexível e não estruturado. A amostra é pequena e não-representativa. A análise dos dados primários é qualitativa.	As informações necessárias são claramente definidas. O processo de pesquisa é formal e estruturado. A amostra é grande e representativa. A análise dos dados é quantitativa.
Constatações	Experimentais	Conclusivas
Resultado	Geralmente seguida por outras pesquisas exploratórias ou conclusivas.	Constatações usadas como dados para tomada de decisão.

Quadro 2 - Diferenças entre pesquisa exploratória e conclusiva (descritiva).
Fonte: Malhotra, N. K., 1993, p. 106.

Assim, a pesquisa de campo desta tese se utiliza da pesquisa exploratória para compreender o fenômeno da nanotecnologia e prover critérios para analisar seus impactos. Já a pesquisa descritiva examina as relações identificadas nos passos da

pesquisa exploratória, confirmado a visão de um determinado ator sobre o fenômeno em estudo.

Na constituição dos públicos de ambas os tipos de pesquisa de campo, utilizou-se os atores universidade e centro tecnológico, empresas, Estado, consumidor, indivíduo e organizações não-governamentais.

Ainda, esta pesquisa de campo se aproveitou dos resultados do estudo científico “Diretrizes na Formação de um Marco Regulatório em Nanofármacos no Brasil”, como parte do edital 13/2004, patrocinado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com tema referente a estudos de impacto da nanotecnologia (ZAWISLAK et al., 2007). A duração deste estudo foi entre 2004 e 2006, sendo conduzido pelo autor desta tese em conjunto com dois professores da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sendo um deles o coordenador do estudo e o outro subcoordenador, uma professora da Faculdade de Farmácia da UFRGS, um outro aluno de doutoramento da Escola de Administração da UFRGS e dois alunos bolsistas de iniciação científica. Como o autor desta tese fez parte da equipe deste estudo científico, conduzindo grande parte das ações de pesquisa, parcela das informações obtidas foi aproveitada para a pesquisa de campo desta tese, em concordância com o orientador.

A seguir, estes tipos de pesquisa de campo selecionados serão detalhados no contexto deste trabalho, sendo primeiramente a pesquisa exploratória e depois a pesquisa descritiva.

5.3 PESQUISA EXPLORATÓRIA

A pesquisa exploratória compõe a parte mais significativa da pesquisa de campo ao identificar os potenciais impactos da nanotecnologia.

Essa pesquisa buscou identificar as opiniões dos principais atores envolvidos no atual estágio de desenvolvimento da nanotecnologia, modular essas opiniões e estabelecer meios de classificação das informações num modo lógico e compreensível para a referenciação do debate. Esta pesquisa serviu também para construir os atributos do instrumento de coleta da pesquisa descritiva.

A pesquisa exploratória, segundo Mattar (1996), visa prover o pesquisador de um conhecimento mais aprofundado do tema ou problema de pesquisa abordado. Quando não se tem conhecimento do problema a ser estudado, esse tipo de

pesquisa utilizada torna-se muito mais útil, pois, também ajuda a estabelecer prioridades a serem pesquisadas.

Como a nanotecnologia incorpora uma série de conseqüências de decisões mal-sucedidas de tecnologias de passado muito recente (como é o caso da falta de comprovação dos riscos dos alimentos geneticamente modificados), desconhece-se a extensão dessas conseqüências. Assim, a ação de explorar da pesquisa está relacionada à amplitude das propriedades físicas e químicas do mundo nanométrico que, ao mesmo tempo em que direcionam as inovações atuais e futuras das aplicações tecnológicas, impõe a necessidade de limites nos potenciais impactos das dimensões econômica, social e ambiental.

Nas subseções seguintes, para cada um desses passos será explicada a população e amostra da pesquisa, as técnicas de coleta de dados, a forma de análise dos dados coletados, e as limitações de pesquisa.

5.3.1 População e Amostra da Pesquisa Exploratória

A intenção de captar o discurso e as impressões dos atores mais envolvidos com a nanotecnologia tem um objetivo mais básico que é de estabelecer uma análise de referência do estado dinâmico e desordenado que acontece durante a instalação de um novo paradigma competitivo.

Desta forma, é fundamental se conhecer as informações mais relevantes a respeito dos impactos da nanotecnologia.

Para isso, duas pesquisas exploratórias foram executadas:

- 1- Entrevistas com público formado por atores universidade e centro tecnológico, empresas, Estado e organizações não-governamentais na condição de especialistas em nanotecnologia. Os atores indivíduo e consumidor foram descartados em função de que desconhecem por completo o conceito de nanotecnologia (ELSI, 2005);
- 2- Entrevistas somente com membros do ator empresa: em função de que existem muito poucas empresas no Brasil pesquisando e desenvolvendo nanotecnologia, preferiu-se a exploração do conhecimento dos representantes deste ator quanto à menção dos impactos da nanotecnologia;

A população da pesquisa exploratória de entrevista com quatro atores na condição de especialistas foi considerada como formada por todos os representantes destes atores que compreendem o papel da nanotecnologia no contexto brasileiro. Estes especialistas pertencem a diversas áreas de conhecimento tornando a seleção da amostra muito ampla e difusa.

Em razão disso, a amostra desta primeira pesquisa exploratória foi selecionada de uma maneira não-probabilística por critério de conveniência do pesquisador. Os relacionamentos formados com pesquisadores em nanotecnologia, durante o estudo científico do CNPq, permitiu que houvesse certo foco na escolha deste público. Ou seja, a seleção aconteceu por julgamento do pesquisador por acreditar na facilidade de acesso sem incorrer em perda de qualidade no nível da opinião.

De qualquer maneira, os representantes deste público foram selecionados de diversas áreas de formação, tais como a Farmácia, Engenharia, Direito, Ciências Sociais, Química e Física. Outro critério utilizado foi a seleção por áreas distintas de interesse, como as ciências básicas, engenharia, ciências sociais, ética, política, a fim de diversificar a perspectiva sobre a nanotecnologia.

Além disso, procurou-se distribuir a seleção para cada um dos principais atores do cenário de desenvolvimento como as universidades e centros tecnológicos, as empresas, o Estado em seus diversos poderes, e as ONG's.

O quadro 3 mostra a área de conhecimento, a função, a instituição de origem e a categoria de ator de cada entrevistado.

Área de Interesse	Função	Instituição	Ator
Nanobiotecnologia	Pesquisador	UFRGS	Universidade
Nanofísica	Pesquisador	UFRGS	Universidade
Política	Deputado estadual	RS	Estado - Legislativo
Nanoquímica	Pesquisador	Unicamp	Universidade
Nanomateriais	Pesquisador	Unicamp	Universidade
Nanomateriais	Pesquisador	Embrapa	Centro tecnológico
Direito	Juiz Federal	RS	Estado - Judiciário
Ciências Sociais	Pesquisador	IPT-SP	Universidade
Agência de fomento	Coordenador	MCT-DF	Estado - Executivo
Agência de fomento	Técnico	MCT-DF	Estado – Executivo
Agência de fomento	Técnico	MCT-DF	Estado – Executivo
Agência de fomento	Técnico	MCT-DF	Estado – Executivo
Agência de fomento	Técnico	MCT-DF	Estado – Executivo
ONG	Coordenador	ETC Group	ONG
Nanofármacos	Coordenador	Farmacore	Empresa

Quadro 3 - Relação de especialistas em nanotecnologia entrevistados

Fonte: dados da pesquisa.

Foram 16 representantes selecionados para a primeira pesquisa exploratória:

- quatro pesquisadores, doutores, com trabalho específico em desenvolvimento de nanotecnologia;
- um representante de uma organização não-governamental (ONG) denominada ETC Group (representa a ONG mais engajada e respeitável do debate inicial sobre a nanotecnologia);
- um juiz federal, especialista em direitos do consumidor, a fim de dar os contornos legais em termos de responsabilidade civil sobre as futuras inovações;
- um representante do poder legislativo, que reflete a ação política da sociedade em função do advento de novas tecnologias;
- um especialista de um centro tecnológico público, a EMBRAPA, porém com esforço de pesquisa mais direcionado ao emprego obrigatório das tecnologias;
- um especialista de um centro tecnológico público, porém com formação em sociologia e que estuda a nanotecnologia de maneira multidimensional, enfocando principalmente a dimensão social;
- um representante de empresa iniciante que desenvolve nanotecnologia, com aplicações em fase avançada de desenvolvimento;
- cinco técnicos do Ministério de Ciência e Tecnologia e um técnico do Ministério do Meio-Ambiente, que mostraram a visão do governo federal sobre as expectativas dos rumos das pesquisa em nanotecnologia.

Para a segunda pesquisa exploratória, com membros do ator empresa, a população de potenciais entrevistados foi limitada às empresas de setores que investem no processo de pesquisa e desenvolvimento, focado em nanotecnologia. O critério para se restringir a busca das empresas considerava somente empresas instaladas no Brasil. O uso deste critério se justificou pela razão geográfica que facilitaria o deslocamento do pesquisador.

Esta fase de coleta teve por objetivo o confronto do ator universidade e centro tecnológico (de cunho essencialmente acadêmico) com o ator empresa (de cunho orientado ao lucro) a respeito do rumo do desenvolvimento da nanotecnologia e os efeitos de seus impactos.

As primeiras fontes usadas para identificar as empresas que abrigavam pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia e que forneceriam os representantes para as entrevistas fazem parte da listagem de projetos contemplados³³ da agência federal de fomento Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e da listagem de uma empresa de eventos que organiza exposições comerciais focadas em nanotecnologia³⁴.

Da primeira fonte, identificaram-se três editais de licitação, sendo um da modalidade Chamada Pública e dois da modalidade Carta-Convite. Destes editais, verificou-se que, entre os anos de 2004 e 2006, havia uma lista de 11 empresas que comprovavam pesquisas em nanotecnologia.

Da segunda fonte, identificaram-se 10 empresas listadas na exposição comercial do evento de 2005. Ao verificar mais profundamente o que faziam em termos de nanotecnologia, por meio de consultas aos seus *websites* e realizando contatos telefônicos, constatou-se que apenas cinco estavam realmente pesquisando nanotecnologia.

Restou um total de 16 empresas com potencial para representar o ator empresa. Em contato para agendamento das entrevistas, apenas uma mostrou interesse em participar da pesquisa.

Uma nova tentativa de buscar uma amostra mais significativa foi realizada junto às incubadoras tecnológicas. Em outubro de 2006, o conjunto de incubadoras foi identificado contendo pelo menos uma empresa com investimento em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia (quadro 4).

³³ Empresas contempladas em editais públicos de subvenção à pesquisa e desenvolvimento tecnológico da agência federal de fomento Finep (Financiadora de Estudos e Projetos), entre os anos de 2003 e 2006. Os editais analisados foram: Chamada pública MCT/FINEP/FNDCT - nanotecnologia 01/2004; Carta-Convite MCT/MS/FINEP – ação transversal – cooperação ICTS - empresas - inovação em produtos terapêuticos e diagnósticos – 08/2006; Carta-Convite mct/finep/ação transversal - cooperação ICTS-empresas - 06/2006 (FINEP, 2006).

³⁴ Lista de empresas expositoras do evento Nanotech Expo – organizado pela empresa RJR Eventos na cidade de São Paulo, este evento congrega os públicos acadêmico e empresarial com interesse em promover os resultados de pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos (NANOTECH EXPO, 2006) consulta em 29/11/06 às 10:00 hs)

Incubadora	Entidade Mantenedora	Localização	Quantidade de Empresas com P&D em Nanotecnologia
SUPERA	Universidade de São Paulo	Ribeirão Preto-SP	1
CIETEC (Centro Incubador de Empresas Tecnológicas)	Universidade de São Paulo / Instituto de Pesquisas Tecnológicas/ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares	São Paulo - SP	1
INCAMP	UNICAMP	Campinas - SP	1

Quadro 4 - Incubadoras com Empresas que investem em nanotecnologia

Fonte: dados da pesquisa.

Desta listagem de empresas incubadas, apenas uma se mostrou interessada em participar da pesquisa.

Uma nova tentativa de listagem de empresas com investimento em nanotecnologia foi realizada junto aos sindicatos patronais. Selecionou-se a amostra em setores da indústria que reconhecidamente possuem maior envolvimento com os estágios iniciais de desenvolvimento da nanotecnologia e que possuem vetores estratégicos dependentes do uso de tecnologia intensiva, como são os casos dos setores farmacêutico e cosmético (FINEP, 2003).

Assim, os seguintes sindicatos foram contatados: Sindicato da Indústria Farmacêutica (SINDUSFARMA), Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) e Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC). Apenas o primeiro e o último dos sindicatos se mostraram disponíveis a auxiliar na pesquisa.

Dos contatos realizados por meio do SINDUSFARMA, identificaram-se cinco empresas que realizavam P&D em nanotecnologia. Desta listagem, apenas duas empresas concordaram em participar da pesquisa.

Já da listagem proveniente da ABIHPEC, apenas duas empresas realizavam investimento em nanotecnologia. Para que fosse efetivamente possível agendar com uma dessas empresas, utilizou-se o intermédio de contatos do orientador desta tese. Resultado final foi que apenas uma empresa concordou em realizar a entrevista.

Em resumo, apenas cinco empresas concordaram em participar da pesquisa, cedendo um representante.

O quadro 5 mostra a origem do entrevistado em relação à fonte usada, ao setor da economia pertencente, a origem do capital da empresa, e ao cargo na instituição.

Fonte da Listagem	Setor da Empresa	Origem do Capital da Empresa	Função do Representante na Empresa
Incubadora	Farmacêutico	Nacional	Diretor Técnico
Finep	Farmacêutico	Nacional	Gerente de P&D
Sindicato	Farmacêutico	Estrangeira	Gerente de P&D
Sindicato	Farmacêutico	Estrangeira	Gerente de Regulação
Sindicato	Cosmético	Nacional	Supervisora de P&D

Quadro 5 -Origem dos Representantes das Entrevistas do Ator Empresa

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se a preponderância de representantes do setor farmacêutico disponíveis em participar da pesquisa.

5.3.2 Técnicas de Coleta da Pesquisa Exploratória

Para a primeira pesquisa exploratória com representantes de quatro atores da nanotecnologia, a forma de coleta ocorreu por meio de entrevistas individuais em profundidade. Este formato permite a coleta mais ampla de informações e dá a chance ao pesquisador de observar outros aspectos do fenômeno ao ter a liberdade de inquirição ao entrevistado.

O instrumento de coleta utilizado é do tipo desestruturado por meio de um roteiro de entrevistas (apêndice A).

O roteiro foi desenvolvido para uniformizar o encadeamento das respostas deste público a fim de facilitar a compreensão e a comparação dos resultados.

As questões do roteiro foram confeccionadas de maneira aberta por duas razões: (1) para que as respostas refletissem o alto grau de incerteza que o atual cenário da nanotecnologia enfrenta; e (2) para coletar toda a linha de pensamento do respondente sobre determinada especificidade do tema.

Os aspectos principais abordados no roteiro foram os impactos da nanotecnologia sob as quatro dimensões do modelo multidimensional a ser proposto (tecnológica, econômica, social e ambiental), a identificação dos atuais atores do cenário de desenvolvimento da tecnologia, assim como a identificação de relações entre os potenciais impactos e os atores.

As entrevistas foram previamente agendadas, gravadas em fita cassete, com duração média de 60 minutos, em horário e local definido pelo entrevistado. As entrevistas ocorreram entre os meses de outubro de 2005 e maio de 2006.

Para a segunda pesquisa exploratória, com representantes do ator empresa, optou-se pelas questões relacionadas ao conceito de nanotecnologia, aos impactos

e atores, semelhantes ao roteiro de entrevistas da primeira pesquisa exploratória (apêndice C).

As entrevistas foram previamente agendadas, gravadas em fita cassete em três empresas e anotadas em cadernos em duas empresas, com duração média de 45 minutos, em horário e local definido pelo entrevistado. As entrevistas ocorreram entre os meses de dezembro de 2006 e maio de 2007.

5.3.3 Análise de Dados da Pesquisa Exploratória

O método para analisar os dados da pesquisa exploratória em suas duas fases foi análise de conteúdo. Segundo Bardin (2000), o trabalho de análise já se inicia durante a coleta de dados, envolvendo percepção e interpretação subjetiva do observador. Para a autora há muitos fatores que influenciam a análise de conteúdo, pois se trata de um processo dinâmico e criativo. A análise de conteúdo deve ser realizada sem esquecer que se trata de percepções individuais. A partir da interpretação dos resultados, procura-se a explicação do porquê dos comportamentos como existência de regras, relações, hipóteses, influências (ROESCH, 1999).

Na presente pesquisa, os resultados foram compilados e apresentados em forma de texto. Uma vez realizada esta pesquisa exploratória e descobertas as percepções de real importância, foi possível identificar os impactos da nanotecnologia que deveriam ser abordados na pesquisa descritiva.

Dos resultados das entrevistas também foram identificados os atores envolvidos com o desenvolvimento da nanotecnologia e aqueles com papéis mais passivos. Tal fato auxiliou a delimitação de como os impactos da nanotecnologia afetam cada um dos atores do contexto. Esta delimitação provém de uma mescla de visões por conta da opinião de especialistas de distintas disciplinas.

O resultado é uma matriz que relaciona os impactos positivos e negativos da nanotecnologia, identificados nas dimensões tecnológica, econômica, social e ambiental, com os atores do cenário de desenvolvimento da nanotecnologia.

O resultado desta matriz permitiu constituir as relações entre as dimensões, e entre os atores, além de caracterizar os elementos do modelo multidimensional proposto.

5.3.4 Limitações da Pesquisa Exploratória

Como ocorre na maioria das pesquisas de campo exploratórias, existem algumas limitações que são muito importantes de serem discutidas.

Uma primeira limitação é a baixa quantidade de especialistas em nanotecnologia com visão ampliada sobre o fenômeno, de modo a entender relações de impacto em outras dimensões que não somente a tecnológica e a econômica. Derivada desta limitação é o fato de que os especialistas em nanotecnologia pertence em sua maioria às Ciências Exatas e Puramente Experimentais (física, química, bioquímica, farmácia, etc) e poucos provêm das Ciências Sociais Aplicadas. Esta é uma das principais limitações deste trabalho, pois pode enviesar os resultados.

Outra limitação que se relaciona à primeira é o difícil acesso a alguns especialistas em nanotecnologia, tanto aqueles com visão mais ampliada do fenômeno quanto os que possuem visão mais focada. Isto não permite angariar um grau de certeza significativo no tratamento dos resultados e nas suas análises.

Na pesquisa exploratória com os representantes do ator empresa, ocorrem as mesmas limitações de baixa quantidade de representantes com visão ampliada e a dificuldade de acesso. Esta última limitação é mais comum para os representantes do ator empresa do que nos demais atores presentes no cenário de desenvolvimento nanotecnológico. Esta é a razão que leva o foco da pesquisa de campo do tipo exploratória recair sobre o setor da indústria farmacêutica, pois é, aparentemente, mais propensa à pesquisa e desenvolvimento com tecnologias de potencial revolucionário, como é o caso da nanotecnologia. No entanto, esta uma limitação que restringe a possibilidade de conclusões mais generalistas e que sejam consistentes.

Outra limitação da pesquisa exploratória é o fato da nanotecnologia ainda não ter adentrado na dimensão econômica com a força necessária para permitir constatações de maior consistência fora do domínio puramente tecno-científico. Por isso, as demais dimensões, social e ambiental, também podem ter os seus impactos identificados de forma inconsistente.

A seção seguinte com a pesquisa descritiva é a continuação da pesquisa de campo, derivada dos resultados da pesquisa exploratória.

5.4 Pesquisa Descritiva

A pesquisa descritiva buscou mostrar, por meio de uma abordagem quantitativa, as opiniões do conjunto de representantes do ator universidade e centro tecnológico a respeito dos impactos da nanotecnologia. A emissão da opinião por parte deste público respondente aconteceu por meio da identificação do grau de concordância em relação aos impactos levantados na fase de entrevistas com especialistas. A razão maior para o uso deste tipo de pesquisa é que se permite que os dados coletados em etapa qualitativa tenham maior consistência a fim de traçar conclusões para a análise multidimensional de tecnologia.

Este tipo de pesquisa, também chamada de *survey*, segundo Bryman (1989), possui caráter essencialmente quantitativo. A técnica de *survey* foi empregada sobre os membros pesquisadores da rede de Nanobiotecnologia, que constituiu a primeira iniciativa de pesquisa em nanotecnologia em larga escala patrocinada pelo CNPq. Esta abordagem teve por objetivo confirmar o levantamento dos impactos da nanotecnologia realizados na abordagem qualitativa em uma amostra maior de especialistas, porém com um foco em nanobiotecnologia.

Assim, caracteriza-se por dados de frequência de respostas, apresentados em formas de tabela, cumprindo com o objetivo de generalizar os resultados da amostra para a população-alvo (MALHOTRA, 1993).

A rede de Nanobiotecnologia operou entre os anos de 2003 e 2005, abrangendo centros tecnológicos e universidade de 8 estados brasileiros. A escolha dessa rede ocorreu pelas seguintes razões:

1) as descobertas científicas obedecem a um campo de aplicação mais restrito, constituído pela indústria farmacêutica e cosmética, facilitando o foco do conhecimento em nanotecnologia;

2) devido à significativa quantidade de resultados produzidos, existe maior chance de certezas quanto ao delineamento dos impactos potenciais da nanotecnologia. Os números de produção desta Rede, somente para o período entre 2003 e 2004, estão dispostos nos seguintes itens (NANOBIOTEC, 2005):

• Anais completos em congressos	253
• Publicações em revistas nacionais, internacionais e capítulos de livros	408
• Alunos de pós-doutorado, doutorado, mestrado e iniciação científica	340
• Patentes ou produtos	38

3) e, finalmente, pelos principais grupos de pesquisas da rede estarem mais próximos do contato com o autor desta tese.

As seções seguintes mostrarão a população e a amostra, as técnicas de coleta de dados, as formas de análise dos dados, e as limitações desta pesquisa descritiva.

5.4.1 População e Amostra da Pesquisa Descritiva

Na *survey*, a população se constituiu em todos os pesquisadores da rede de Nanobiotecnologia (CNPq) com pelo menos o doutorado como titulação acadêmica. Este último critério foi utilizado porque possuem maior grau de conhecimento sobre o tema da nanotecnologia. O número total, em 2005, era de 92 professores doutores.

A amostra esperada para responder ao questionário da *survey* abrangeu toda a população da rede de Nanobiotecnologia, pois o acesso aos respondentes era relativamente fácil e contava com a simpatia do trabalho porque um membro importante da Rede fazia parte do estudo científico mencionado na seção 5.2.

Assim a amostra esperada seria o tamanho da população total de pesquisadores com o número de 92 doutores.

No primeiro contato com os membros da Rede, o retorno dos respondentes foi de 56% da amostra. Um novo contato foi realizado para estimular o retorno de mais questionários, aonde se atingiu 64% da amostra esperada. Essa amostra foi considerada satisfatória, visto que dois terços do público-alvo responderam ao questionário.

Foram 59 professores doutores, de uma população total de 92 (ou seja, 64%), que retornaram o questionário respondido. A figura 21 identifica os respondentes, a instituição de pesquisa a qual pertencem e o estado da instituição de pesquisa. A maior parte dos respondentes da amostra, pela ordem decrescente, pertencem aos estados de São Paulo (23 respondentes), Minas Gerais (11 respondentes), Distrito Federal (8 respondentes) e Rio Grande do Sul (7 respondentes).

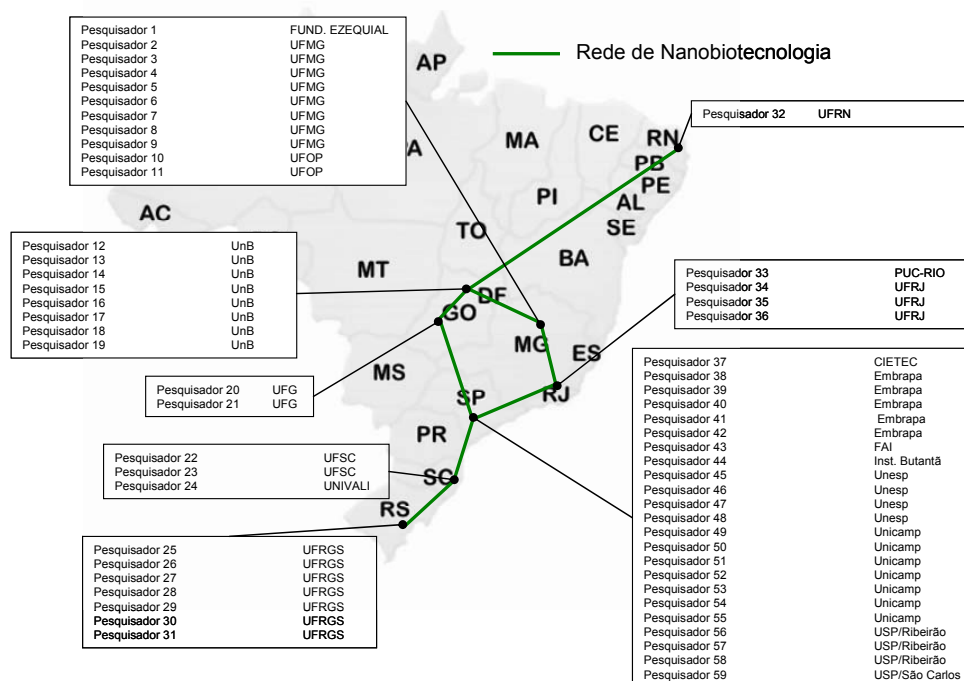


Figura 21 -Mapeamento da Rede de Nanobiotecnologia (2003-2005)

Fonte: Zawislak et al. (2007).

O perfil da amostra diz que aproximadamente 93,2% dos professores doutores estão majoritariamente ligados a instituições públicas, sendo que o restante 6,8% ligados a instituições privadas.

Em relação ao tipo de instituição que os professores doutores têm vinculação, 86,4% são universidades, 11,9% são centros tecnológicos e 1,7% fundações.

Quanto ao gênero dos pesquisadores, 59% são homens e 41% são mulheres.

A pesquisa também identificou por meio de consulta ao currículo Lattes-Cnpq de cada pesquisador a área de conhecimento que contribui com maior peso para as descobertas em nanotecnologia (LATTES, 2006). Desta forma, os pesquisadores que possuem maior domínio em Física constituem 25,4% dos respondentes, em Química 22%, em Biologia 33,9%, e em Farmácia 18,6%. Com intuito de agrupar melhor a amostra, professores com maior domínio em Bioquímica e Engenharia de Materiais foram classificados na área de Química.

5.4.2 Técnicas de Coleta da Pesquisa Descritiva

As questões desenvolvidas para a *survey* foram de caráter afirmativo, onde corresponderam aos impactos identificados na abordagem qualitativa. As respostas a essas questões refletiram o grau de concordância do entrevistado da rede de

Nanobiotecnologia com as sentenças de impactos formuladas (MARQUES et al., 2006).

As sentenças afirmativas obedeceram à ordem do modelo multidimensional, onde primeiro vem a dimensão tecnológica, seguida da dimensão econômica, e depois, podendo ser tanto a dimensão social quanto a dimensão ambiental.

Segue-se a identificação dos principais elementos dos impactos confirmados pelos membros do ator universidade e centro tecnológico.

A respeito da dimensão tecnológica, buscou-se aferir os impactos em relação aos avanços do grau de conhecimento em nanotecnologia, à diversidade das aplicações tecnológicas, ao estabelecimento do necessário grau de qualificação dos profissionais envolvidos, à classificação do estágio atual de descobertas científicas e os traços de cenários futuros para a trajetória da nanotecnologia e de suas principais vertentes biotecnológicas.

Quanto às possíveis variáveis do impacto econômico nos agentes da nanotecnologia está o nível de desenvolvimento econômico, o patamar de lucratividade médio, o grau de otimização do aproveitamento dos insumos, os preços médios dos novos produtos em relação a uma geração tecnológica anterior, nível de mão-de-obra necessária ao estabelecimento do novo paradigma, o custo de vida e distribuição de renda.

Na esfera social, os impactos referentes ao nível de emprego por setor econômico beneficiado pela nanotecnologia, o grau de bem-estar proporcionado, e os avanços em aspectos da saúde humana.

Por fim, as alterações relacionadas à dimensão ambiental podem acontecer com o grau de poluição do meio-ambiente, ao grau de contaminação e extermínio do bioma animal e vegetal e à preservação dos recursos naturais.

O quadro 6 (na página 112) mostra para cada dimensão do modelo multidimensional, quais foram os temas relacionados para a constituição do questionário da *survey*, assim como as fontes utilizadas para a confecção de cada sentença afirmativa do questionário. Estas fontes vieram da literatura e, principalmente, da opinião dos especialistas entrevistados na pesquisa exploratória. O quadro apresenta os autores da literatura que sustentam as sentenças e também o número de especialistas que afirmou o tema que gera cada uma das sentenças.

A distribuição das sentenças afirmativas de impacto tem a seguinte proporção no questionário (apêndice B):

- Dimensão Tecnológica: 6 sentenças;
- Dimensão Econômica: 12 sentenças;
- Dimensão Social: 4 sentenças;
- Dimensão Ambiental: 3 sentenças.

Existem duas razões para esta distribuição: 1) a opinião dos especialistas convergiu para as dimensões tecnológica e econômica, levantando mais temas que formariam as sentenças do questionário da *survey* (isto mostra que o pensamento dos especialistas ainda se encontra preso na relação bidimensional tecnologia e economia); e 2) por conveniência da equipe que conduzia o estudo do CNPq, mencionado na seção 5.2, as sentenças foram limitadas a um máximo de 25 em virtude do tempo de resposta não poder exceder a 20 minutos por parte de cada respondente. O quadro 7 (nas páginas 114 e 115) também ilustra o sentido de cada impacto afirmado, estabelecendo uma proporção de 13 impactos positivos e 12 impactos negativos. Esta distribuição foi propositadamente construída para que o respondente pudesse imaginar a nanotecnologia deslocada de seu ponto de vista original, em algumas sentenças.

DIMENSÃO	EFEITOS DOS IMPACTOS	
	Positivo	Negativo
Tecnológico		
1. A nanotecnologia oferece soluções ilimitadas para resolver muitos dos problemas da sociedade.	X	
2. A nanotecnologia oportuniza a integração tecnológica em nível não antes imaginado.	X	
3. A nanotecnologia possibilita que a pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento.	X	
4. A nanotecnologia exige a criação de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos.		X
5. A nanotecnologia é o caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria.	X	
6. A nanotecnologia poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto.	X	
Econômico	Positivo	Negativo
1. A nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias.	X	
2. A nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia.	X	
3. A nanotecnologia exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados.		X
4. A nanotecnologia poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas.		X
5. A nanotecnologia poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção a problemas ocasionados por nanoresíduos.		X
6. A nanotecnologia poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria.		X
7. A nanotecnologia oferece a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo.		X
8. A nanotecnologia obriga o aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento por parte das empresas	X	
9. A nanotecnologia poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde.	X	
10. As despesas com o tratamento de resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras tecnologias.		X
11. Os produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos.		X
12. A nanotecnologia será fator de exclusão para a população de baixa renda.		X
Social	Positivo	Negativo
1. A nanotecnologia poderá melhorar a qualidade de vida da população.	X	
2. Atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população		X
3. A nanotecnologia poderá prolongar a vida humana.	X	
4. A nanotecnologia poderá causar danos à saúde humana.		X
Meio-ambiente	Positivo	Negativo
1. A nanotecnologia auxiliará na diminuição da poluição em geral.	X	
2. A nanotecnologia é poluente para o homem e para o meio-ambiente		X
3. A nanotecnologia aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores.	X	

Quadro 6 - Contagem dos impactos quanto aos seus efeitos

Fonte: dados da pesquisa

Além disso, questionou-se a importância relativa entre os principais atores do cenário de desenvolvimento da nanotecnologia, entre eles: universidade e centro tecnológico, empresas, Estado, consumidores, indivíduos e organizações não-governamentais.

Um outro conjunto específico de sentenças afirmativas procurou identificar o grau de concordância do respondente com temas ligados à regulação (no sentido corrente de marco regulatório), que no modelo multidimensional de análise de impactos de nova tecnologia é designado como modo de regulação. Então, procurou-se saber se os respondentes concordavam quanto ao papel da ação de leis e normas na prevenção de impactos negativos da nanotecnologia, à relação entre regulação (modo de regulação) e investimento econômico, à normatização da relação dos membros dos atores que originam as pesquisas e descobertas de aplicações nanotecnológicas e os respectivos alcances de propósitos de uso das mesmas, e também em relação às normas de conduta e segurança em campo de pesquisa nanotecnológica. Este conjunto de questões serve para identificar o grau de importância de um modo de regulação específica para este paradigma tecnológico com potencial de instalação.

O grau de concordância quanto ao impacto da nanotecnologia ser negativo para cada um dos atores também foi medido com o intuito de identificar em qual ator recai maior ameaça relativa sobre seu papel no cenário de desenvolvimento da nanotecnologia.

Por último, procurou-se medir o grau de importância relativa atribuído pelos representantes do ator universidade e centro tecnológico para as dimensões do modelo multidimensional. Como são os principais originadores das descobertas científicas que levam à realidade das aplicações nanotecnológicas, considerou-se relevante conhecer a prioridade que se impõe no momento de criação da tecnologia.

Dimensão	Tema	Fonte		Sentença Afirmativa para Avaliar Concordância do Impacto	Sentido do Impacto	
		Literatura	Especialista (Quantidade e Porcentagem relativa)		Positivo	Negativo
Tecnológica	diversidade das aplicações tecnológicas	European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Nanoforum (2004)	16 (100%)	A nanotecnologia oferece soluções ilimitadas para resolver muitos dos problemas da sociedade.	X	
				A nanotecnologia oportuniza a integração tecnológica em nível não antes imaginado.	X	
	avanço do conhecimento	European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004)	16 (100%)	A nanotecnologia possibilita que a pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento.	X	
	necessário grau de qualificação dos profissionais	European Commission (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004)	5 (31%)	A nanotecnologia exige a criação de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos.		X
	traços de cenários futuros	European Commission (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Wood, Jones and Geldart (2003)	10 (63%)	A nanotecnologia é o caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria.	X	
A nanotecnologia poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto.				X		
Econômica	nível de desenvolvimento econômico	European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Nanoforum (2004)	16 (100%)	A nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias.	X	
				A nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia.	X	
				A nanotecnologia poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas.		X
	mão-de-obra necessária	European Commission (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); ETC Group (2004)	3 (19%)	A nanotecnologia exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados.		X
	patamar de lucratividade médio	European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004)	8 (50%)	A nanotecnologia poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção a problemas ocasionados por nanoresíduos.		X
				A nanotecnologia obriga o aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento por parte das empresas		X
				As despesas com o tratamento de resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras tecnologias.		X
	otimização do aproveitamento dos insumos	European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Wood, Jones and Geldart (2003);	7 (44%)	A nanotecnologia poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria.	X	
				A nanotecnologia oferece a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo.	X	
	custo de vida	Greenpeace Environmental Trust (2003)	3 (19%)	A nanotecnologia poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde.		X
preços médios dos novos produtos	European Commission (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004)	4 (25%)	Os produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos.		X	
distribuição de renda	Greenpeace Environmental Trust (2003); Wood, Jones and Geldart (2003); ETC Group (2004); Anton, Silbergliitt and Schneider (2001)	3 (19%)	A nanotecnologia será fator de exclusão para a população de baixa renda.		X	

Quadro 7 - Relação Dimensão, Tema da Dimensão, Tipos de Fonte, Sentenças Afirmativa do Questionário da Survey e Sentidos dos Impactos

Dimensão	Tema	Fonte		Sentença Afirmativa para Avaliar Concordância do Impacto	Sentido do Impacto	
		Literatura	Especialista (<i>Quantidade e Porcentagem relativa</i>)		Positivo	Negativo
Social	bem-estar	European Commission (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Wood, Jones and Geldart (2003); Anton, Silbergliitt and Schneider (2001)	12 (75%)	A nanotecnologia poderá melhorar a qualidade de vida da população.	X	
				Atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população		X
	saúde humana	European Commission (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Wood, Jones and Geldart (2003); ETC Group (2004); Anton, Silbergliitt and Schneider (2001)	16 (100%)	A nanotecnologia poderá prolongar a vida humana.	X	
				A nanotecnologia poderá causar danos à saúde humana.		X
Ambiental	poluição	European Commission (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Wood, Jones and Geldart (2003); Anton, Silbergliitt and Schneider (2001)	10 (63%)	A nanotecnologia auxiliará na diminuição da poluição em geral.	X	
				A nanotecnologia é poluente para o homem e para o meio-ambiente		X
				A nanotecnologia aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores.	X	

O quadro 8 seguir mostra a explicação de cada sentença afirmativa que espelha um impacto identificado;

	Impactos	Descrição	
Dimensão	Tecnológica	A nanotecnologia oferece soluções ilimitadas para resolver muitos dos problemas da sociedade.	O fato de pertencer aos domínios do átomo e das moléculas faz com que a nanotecnologia apresente uma miríade de possibilidades com potencial de se tornarem aplicações úteis.
		A nanotecnologia oportuniza a integração tecnológica em nível não antes imaginado.	A nanotecnologia trabalha em dimensão que permite a convergência de muitas disciplinas do conhecimento e disso resultar em aplicações que se convirjam das novidades tecnológicas novas e existentes.
		A nanotecnologia possibilita que a pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento.	Neste domínio, as pesquisas estendem sua fronteira de conhecimento em ritmo exponencial.
		A nanotecnologia exige a criação de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos.	A dimensão nanométrica exige equipamento e técnicas de manipulação com precisões nunca antes alcançadas e que exclusivamente devem lidar com esta nova realidade.
		A nanotecnologia é o caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria.	A nanotecnologia estenderá exponencialmente as possibilidades de descobertas de novos materiais que se transformarão em novas matérias-primas para o sistema produtivo.
		A nanotecnologia poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto.	A manipulação atômica e a mudança de princípios construtivos, por meio de abordagens <i>bottom-up</i> permitirão que o tempo entre a concepção de um produto e o seu lançamento seja encurtado.
	Econômica	A nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias.	Com a miríade de possibilidades tecnológicas de alto potencial de transformação em novos produtos é possível o surgimento de novos setores industriais.
		A nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia.	O surgimento de novos setores industriais demanda novas funções ocupacionais em setores como produção e pesquisa e desenvolvimento
		A nanotecnologia poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas.	A velocidade de mudança da nanotecnologia poderá ser tão intensa, que setores despreparados poderão ser relegados a um segundo plano de competição que, no limite, levaria à extinção.
		A nanotecnologia exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados.	Os novos princípios fenomenológicos da nanotecnologia e a profundidade do nível de conhecimento exigido para compreender seus princípios exigirão mão-de-obra mais qualificada nos setores que estiverem envolvidos com esta tecnologia
		A nanotecnologia poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção a problemas ocasionados por nanoresíduos.	Em função do domínio dimensional da nanotecnologia ser significativamente permeável para diversos materiais, existem riscos significativos de contaminação em tecidos vivos e sistemas ambientais, fazendo como que haja movimentos sociais para impor um refreamento legal, com punições civis e criminais e sanções econômicas, ou iniciativas espontâneas de prevenção ao risco. Tudo isto eleva gasto.
		A nanotecnologia obriga o aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento por parte das empresas.	Novo patamar de conhecimento, novas exigências científicas, de mão-de-obra e maquinário, obrigarão às empresas a aumentarem suas verbas de Pesquisa e Desenvolvimento para a nanotecnologia.
		As despesas com o tratamento de resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras tecnologias.	A permeabilidade da nanotecnologia na matéria leva a riscos potenciais maiores do que as tecnologias existentes ou anteriores.
		A nanotecnologia poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria.	A produção em escala nanométrica, mudando o paradigma de produção, de extração de recursos naturais, poderá levar à oferta de materiais de forma quase ilimitada, o que diminuiria o seu custo.
		A nanotecnologia oferece a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo.	Com a matéria-prima mais barata e de potencial quase ilimitada, resultando em uma gama muito ampla de potencialidades para novos produtos, leva a produção de produtos a uma capacidade quase que ilimitada.
		A nanotecnologia poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde.	Novas tecnologias possuem patamares de preço maiores na entrada de mercado do que tecnologias vigentes. Esta situação poderá persistir no caso da nanotecnologia, o que levaria à incorporação deste custo no sistema de saúde servido para a população, atingindo do sistema particular ao público.
		Os produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos.	Em função de uma série de gastos adjacentes (prevenções, investimento em P&D, qualificação, etc), os produtos nanotecnológicos poderão ter um patamar de preços mais altos do que a média histórica de produtos com tecnologias anteriores.
		A nanotecnologia será fator de exclusão para a população de baixa renda.	A população que possui baixo nível de renda poderá enfrentar dificuldades de acesso à aquisição de produtos nanotecnológicos por conta de custos mais altos.
		Social	A nanotecnologia poderá melhorar a qualidade de vida da população.
	Atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população		A nanotecnologia pode enfrentar um movimento de atores contrários a sua utilização em função de mitos e de riscos não previstos ou mal cuidados.
	A nanotecnologia poderá prolongar a vida humana.		Em função do aumento de qualidade de vida, a nanotecnologia poderá prolongar a vida humana. E as aplicações na saúde poderão deter doenças, remover obstáculos do envelhecimento e até mesmo reconstruir a vida a partir do átomo.
	A nanotecnologia poderá causar danos à saúde humana.		Os nanoresíduos ou o próprio uso de produtos nanotecnológicos, se mau previstos em seus riscos, poderão afetar em significativa intensidade a saúde humana.
	Ambiental	A nanotecnologia auxiliará na diminuição da poluição em geral.	As aplicações nanotecnológicas poderão ser direcionadas para a diminuição da poluição geral (em todos os meios como ar, terra, água e sistemas vivos).
		A nanotecnologia é poluente para o homem e para o meio-ambiente	Nanoresíduos poderão ser poluentes ao homem e ao meio-ambiente
		A nanotecnologia aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores.	Novas experiências de desenvolvimento tecnológico oriundas de experiências tecnológicas anteriores mal sucedidas poderão aumentar a consciência ética e ambiental dos pesquisadores da nanotecnologia

Quadro 8 - Quadro explicativo de cada impacto que forma as sentenças afirmativas do questionário da pesquisa descritiva.

Fonte: dados da pesquisa.

Deste modo, nesta etapa da pesquisa de campo, cientistas ligados à pesquisa em nanotecnologia, sob a rede de Nanobiotecnologia, responderam a um questionário contendo questões de impactos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais, além de questões sobre implicações regulatórias e sobre a importância relativa dos principais atores.

O questionário era fechado e estruturado com uma escala de quatro medidas, onde o grau de concordância do respondente variou de um limite inferior, simbolizado pelo algarismo 1, significando “discordo totalmente”, até um limite superior, simbolizado pelo algarismo 4, significando “concordo totalmente”. A mesma lógica de montagem da escala foi seguida para as questões que mediam a importância relativa das quatro dimensões do modelo multidimensional, que variou de um limite inferior, simbolizado pelo algarismo 1, significando “nada importante”, até um limite superior, simbolizado pelo algarismo 4, significando “muito importante”.

A utilização da escala par se justificou para obrigar o posicionamento do pesquisador sobre determinado aspecto do assunto. Isto foi decidido de comum acordo com os membros do estudo científico do CNPq, comentado na seção 5.2.

Os meios de contato empregados para realização da *survey* junto aos 92 pesquisadores-doutores da rede foi o telefone e o e-mail. Existem duas justificativas para o uso de tais meios: 1) abreviação do tempo da pesquisa; e 2) menor dispêndio de recursos financeiros em viagens, visto que a amostra de representantes da Rede de Nanobiotecnologia se encontrava dispersa em 20 institutos distintos de oito estados brasileiros.

5.4.3 Análise de Dados da Pesquisa Descritiva

Para todas as questões afirmativas de concordância sobre os impactos da nanotecnologia que foram formuladas, utilizou-se a estatística descritiva com os dados de frequência, média e desvio-padrão. A média é uma medida que captura a tendência central das opiniões dos entrevistados e desvio-padrão é uma medida que mostra a dispersão em torno da média das opiniões dos entrevistados.

Nenhum questionário foi descartado, visto que não ocorreram vieses nas respostas para todos os respondentes.

A apresentação dos resultados ocorreu por meio de tabelas com frequências em porcentagem.

Também foi utilizado um conjunto de testes estatísticos para cruzamento dos dados. O primeiro conjunto de testes estatísticos utilizado teve por objetivo verificar se a amostra obedecia a uma distribuição normal. Assim, o teste de homogeneidade e o teste de Kolgomorov-Smirnov mostraram que em todas as questões de pesquisa as respostas não apresentaram distribuição normal. Dessa forma, partiu-se para os testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis, pois são técnicas estatísticas mais adequadas para amostras pequenas com ausência de distribuição normal (MENDENHALL, 1990).

O teste de Kruskal-Wallis teve como objetivo mostrar a existência de diferenças estatísticas significativas nas respostas das diversas questões entre as áreas de conhecimento dos pesquisadores.

O resultado do teste mostrou que todas as questões obtiveram respostas de pouca significância estatística ($p > 0,01$), concluindo que não existem divergências nas respostas entre as áreas de conhecimento pesquisadas em todas as dimensões.

Desta forma, a comunidade acadêmica investigada opina de forma homogênea quanto aos potenciais impactos da nanotecnologia em todas as dimensões analisadas.

5.4.4 Limitações da Pesquisa Descritiva

Como principal limitação da pesquisa descritiva se apresenta o viés otimista da comunidade científica, a qual faz parte todos os respondentes. A orientação de oferecer um grande avanço no conhecimento e/ou uma aplicação científica que poderia ser útil à humanidade e, disso, resultar em reconhecimento entre os pares, é um processo que leva a um posicionamento ideológico muito favorável a qualquer nova tecnologia promissora, como é o caso da nanotecnologia.

Desta forma, acredita-se que os resultados que se relacionam com as dimensões social e ambiental, principalmente, possam ter sua consistência diminuída ou contaminados com uma visão restrita. Esta limitação, que gera uma dificuldade para o tema desta tese, está no limiar de um paradoxo: como extrair dados e informações consistentes de um público que domina a nova tecnologia, mas não domina outras perspectivas de análise? E, ao mesmo tempo, como extrair dados e informações de um outro público, que não domina a nova tecnologia, mas compreende a extensão de análise para outras dimensões?

Este é paradoxo que vigora no embate de visões entre os próprios representantes do ator universidade e centro tecnológico quando um grupo se encontra nas Ciências “Puras” e o outro grupo nas Ciências Sociais Aplicadas.

Outra limitação, de lógica também difícil de ser contornada, é o fato de que a história influencia neste tipo de pesquisa. Neste contexto, a pesquisa descritiva foi conduzida antes da completa instalação do potencial paradigma tecnológico da nanotecnologia, sendo mais uma tentativa de prospectiva para referendar um modelo multidimensional de análise de impactos tecnológicos. Assim, a pesquisa descritiva de impactos serve como confirmatória da visão dos especialistas entrevistados na pesquisa exploratória.

A próxima seção apresenta os métodos utilizados na apresentação dos resultados nos capítulos seis e sete.

5.5 MÉTODOS DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os métodos que foram utilizados na síntese dos resultados da pesquisa de campo e nas análises estruturadas segundo o modelo multidimensional de análise de impactos de uma nova tecnologia.

5.5.1 Matriz de impactos

Para compor os resultados das entrevistas com o público da primeira pesquisa exploratória, utilizou-se de uma matriz de impactos. Como a nanotecnologia pode gerar impactos de efeitos positivos e/ou negativos, sustentados na literatura e pelo especialistas da primeira pesquisa exploratória, a matriz de impactos é uma tentativa de verificar como estes afetam os atores. A partir disso, os atores também podem gerar a ação para outros impactos.

Nas linhas da primeira coluna da matriz (ver esquema no quadro 9) estão listados os principais impactos, em linhas gerais, listados pelos especialistas. E a partir da segunda coluna da primeira linha da matriz, estão listados os atores do atual cenário de desenvolvimento da nanotecnologia. Recapitulando os atores identificados foram: universidade e centro tecnológico, empresas, Estado, consumidor, indivíduo e ONG's.

Para cada ator, foram identificados os efeitos positivos ou negativos de cada impacto. Assim se correlacionou os impactos com os atores de forma a mostrar que

os impactos podem gerar ao mesmo tempo efeitos contrários sobre os atores, ou mesmo, efeitos em apenas um sentido.

Impacto	Atores					
	Ator1		Ator2		Ator3	
	+	-	+	-	+	-
Impacto1	Efeito positivo do impacto no ator 1	Efeito negativo do impacto no ator 1	Efeito positivo do impacto no ator 2	Efeito negativo do impacto no ator 2	Efeito positivo do impacto no ator 3	Efeito negativo do impacto no ator 3
Impacto2	Efeito positivo do impacto no ator 1	Efeito negativo do impacto no ator 1	Efeito positivo do impacto no ator 2	Efeito negativo do impacto no ator 2	Efeito positivo do impacto no ator 3	Efeito negativo do impacto no ator 13
Impacto3	Efeito positivo do impacto no ator 1	Efeito negativo do impacto no ator 1	Efeito positivo do impacto no ator 2	Efeito negativo do impacto no ator 2	Efeito positivo do impacto no ator 3	Efeito negativo do impacto no ator 3

Quadro 9- Esquema de preenchimento da matriz de impactos versus atores

Esta análise é uma forma de mostrar o relacionamento dos impactos com os atores do modelo multidimensional proposto.

5.5.2 Síntese dos Impactos da Nanotecnologia

A pesquisa de campo resultou de entrevistas conduzidas durante a pesquisa exploratória e a pesquisa descritiva. Os impactos da nanotecnologia foram identificados na primeira pesquisa exploratória com representantes de quatro atores, na condição de especialistas, que depois foram confirmados na pesquisa descritiva, nas entrevistas com representantes do ator universidade e centro tecnológico. Na segunda pesquisa exploratória não se pôde confirmar os impactos, pois a amostra para representantes do ator empresa era muito pequena, mas apenas identificar a freqüência de menção sobre os impactos da nanotecnologia.

Dos três públicos entrevistados, dois deles representam puramente seus respectivos atores, ou seja, membros ligados somente ao ator universidade e centro tecnológico e membros ligados somente ao ator empresa. Já o público da primeira pesquisa exploratória, na condição de especialistas, pertence a uma mistura de quatro atores.

Para o ator universidade e centro tecnológico foi possível realizar generalizações das opiniões a respeito dos impactos da nanotecnologia, porque os membros da Rede de Nanobiotecnologia podem ser considerados uma amostra representativa em todo o universo de pesquisadores em nanotecnologia no Brasil. No caso dos representantes do ator empresa, generalizações não são possíveis porque a amostra não é representativa. Da mesma forma que a opinião dos quatro atores juntos na condição de especialistas.

Tais análises comparativas mostraram o nível de compreensão dos impactos da nanotecnologia nas dimensões tecnológica, econômica, social, e ambiental do modelo multidimensional. Implicitamente, pode-se compreender a amplitude de como visualizam a nanotecnologia e o seu potencial de aplicação.

A síntese destes resultados partiu de uma conjugação dos impactos da nanotecnologia identificados na literatura (o que se sabe até aqui) e dos impactos na visão dos três públicos entrevistados, com as devidas limitações posicionadas, que culminou com dados que indicam o grau de conhecimento e concordância dos atores investigados quanto ao potencial dos impactos da nanotecnologia.

Para a síntese da visão dos atores universidade e centro tecnológico e empresas sobre os impactos, uma escala de classificação para os 25 impactos identificados para as quatro dimensões do modelo foi utilizada. A simbologia desta escala é indicada no quadro 10 a seguir.

Escala de Representação	Descrição da Escala
M	Mencionado por mais de 50% dos respondentes
m	Mencionado por menos de 50% dos respondentes
-	Não mencionou este impacto/Não sabe

Quadro 10- Escala de representação da opinião dos entrevistados

Esta escala mede a quantidades de menções que cada grupo de ator realizou a respeito dos impactos identificados na literatura e pelos especialistas. Os limites da escala consideram que:

- 1) Impactos são reconhecidos pelo ator: quando ocorre mais de 50% (igual incluído) de menções sobre o impacto;
- 2) Impactos não são totalmente reconhecido pelo ator: quando existem menos de 50% de menções sobre o impacto (antes de 1%);
- 3) Impactos não são reconhecidos pelo ator: quando o ator não menciona ou não sabe sobre o impacto.

Para o ator universidade e centro tecnológico, o critério acima se ajustou ao grau de concordância sobre o impacto no mesmo ponto de corte de 50% (ou seja, o impacto que tiver mais de 50% de concordância foi reconhecido pelo ator).

Assim, o objetivo desta análise foi verificar quanto cada um dos atores pesquisados compreende sobre os impactos da nanotecnologia em relação às quatro dimensões de análise do modelo multidimensional proposto. Pode-se também

verificar qual é a extensão da ação do ator sobre cada dimensão do modelo, mostrando que podem existir atores com efeitos mais evidentes sobre dimensões mais específicas. Um exemplo disso seria constatar que o ator universidade e centro tecnológico possui maior ação sobre a dimensão tecnológica, se o reconhecimento dos impactos fosse maior

Um outro método de apresentação de resultados foi utilizado neste trabalho, como será visto a seguir.

5.5.3 Topografia e Dinâmica dos Relacionamentos Dimensionais dos Impactos

No modelo proposto, os impactos da nanotecnologia foram classificados nas quatro dimensões, ou seja, em impactos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais. Ainda se estabeleceu no modelo multidimensional que as relações entre as dimensões ocorreriam via impactos, acionados pelos atores, e que poderiam ocorrer todas as combinações possíveis de relacionamento entre as quatro dimensões. No entanto, sabe-se que certa lógica de relacionamento existe nos relacionamentos entre as dimensões, onde a mais provada pela literatura é a ligação tecnologia-economia-sociedade-meio-ambiente. Esta lógica poderá ser comprovada ao se permitir visualizar as relações entre estas dimensões por meio da interação dos impactos, também chamada de **relacionamento interdimensional**. Outros caminhos dos relacionamentos podem ser descartados por não ocorrerem interações entre os impactos. Ou alguns caminhos de relacionamentos podem ser previstos, com lógica não muito nítida ao primeiro momento, como a relação meio-ambiente-tecnologia-economia-sociedade, a fim de subsidiar o analista da nova tecnologia de que é possível a dinâmica do desenvolvimento econômico ser iniciada diferente ou percorrer caminhos diferentes.

As dimensões também podem ter seus impactos analisados quanto à interação dos impactos entre si. Esta interação interna, também chamada de **relacionamento intradimensional**, mostra quanto existe de propagação de efeitos dos impactos dentro da própria dimensão, que pode atingir ou não, de forma favorável ou não, os próprios atores que agiram para iniciar um determinado impacto.

Deste modo, para cada dimensão do modelo, os impactos foram analisados intradimensionalmente (dentro de cada dimensão) e interdimensionalmente (entre as dimensões). O objetivo disso foi identificar o grau de interação entre as dimensões do modelo de análise da nanotecnologia.

Uma das técnicas para realizar análises multidimensionais de forma consistente e resguardada de todas as combinações possíveis é a análise morfológica, criada pelo físico suíço Fritz Zwicky, da Caltech (já falecido) (RITCHEY, 1998). Esta análise serve para lidar com problemas no cenário complexo ao estabelecer dimensões de análise, onde para cada uma das dimensões existem parâmetros que a desdobram, e que depois são combinados para identificação de todos os possíveis relacionamentos entre tais dimensões (RITCHEY, 2004). O problema desta técnica estruturada é o grande esforço computacional que deve ser desempenhado para que se tenha a amplitude de relacionamentos entre as dimensões. Deste modo, aproveitou-se somente a lógica da análise morfológica para fundamentar o método de análise dos relacionamentos dos impactos nas dimensões de análise do modelo multidimensional proposto.

Mas para simplificar o estabelecimento dos relacionamentos dos impactos em todas as dimensões de análise e permitir certa parametrização dos mesmos, adaptou-se a técnica de Quality Function Deployment (QFD), de AKAO (1990), que relaciona características de qualidade por meio de matrizes.

Para estabelecer os tipos de relacionamentos intradimensionais e interdimensionais foram propostos 3 escalas de correlacionamento, onde segue descrição:

- a) Relacionamentos de correlacionamento positivo: este relacionamento demonstra efeito de um impacto sobre o impacto seguinte com correlação positiva;
- b) Relacionamentos de correlacionamento negativo: este relacionamento demonstra efeito de um impacto sobre o impacto seguinte com correlação negativa;
- c) Relacionamento inexistente: não existe correlacionamento entre os impactos.

Os impactos foram relacionados todos contra todos e disto resultou em avaliações que mostram a freqüência em grupos de relacionamentos intradimensionais e interdimensionais. Depois de realizada a matriz, buscou-se isolar os resultados por tipos de relacionamentos identificados e realizar a contagem deste relacionamento em relação a cada dimensão. Esta contagem permitiu que se traçasse um mapa de intensidade de impactos por dimensão, o que corrobora com a

lógica da técnica de análise morfológica e dá uma perspectiva da complexidade que um modelo multidimensional de análise de impactos de uma nova tecnologia pode tratar.

Para tornar mais evidente o encadeamento dos relacionamentos entre e dentro das dimensões, traçou-se um esquema gráfico que mostra cada uma das interações entre impactos, em que seu conjunto caracteriza a intensidade do relacionamento. A figura 22 mostra a configuração do esquema de análise utilizado.

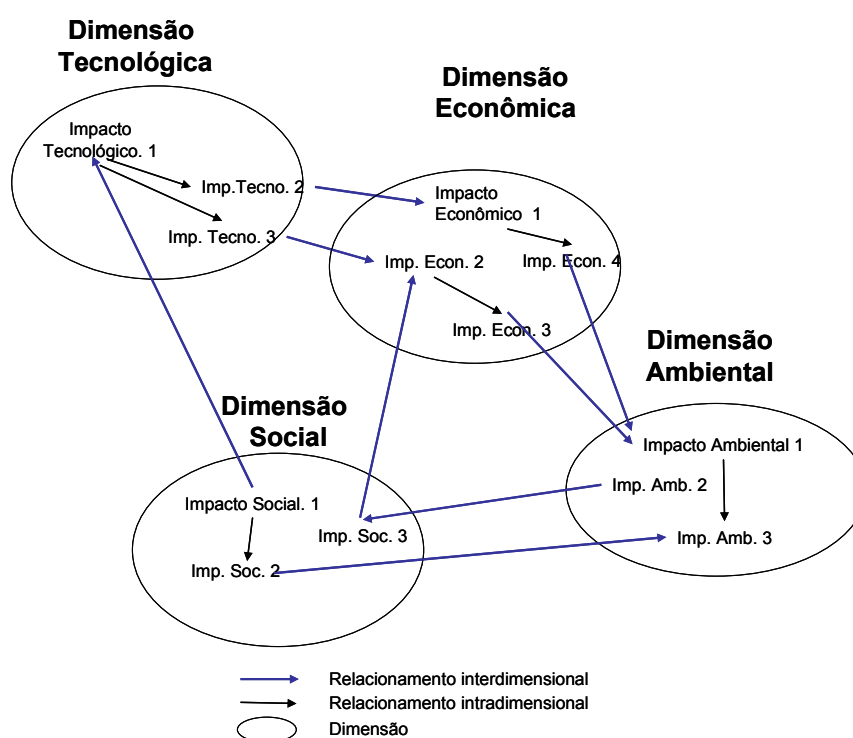


Figura 22 - Esquema de relacionamento das dimensões do modelo multidimensional quanto aos impactos de uma nova tecnologia

Neste esquema, as dimensões são representadas por círculos fechados, onde em seu interior constam os impactos identificados pelos entrevistados, que seriam gerados pelos atores dentro da dimensão ou provocados por atores de outras dimensões. Setas azuis representam os relacionamentos interdimensionais e setas pretas representam os relacionamentos intradimensionais. Observa-se que o esquema permite que todas as combinações possíveis possam ser esquematizadas.

O capítulo seguinte apresenta os resultados da pesquisa de campo.

6 RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados da pesquisa de campo, tanto das duas pesquisas exploratórias quanto da pesquisa descritiva. A descrição acontecerá na seguinte ordem:

- primeiramente, as pesquisas exploratória, iniciando com as entrevistas em profundidade com quatro atores, e depois com as entrevistas em profundidade com representantes do ator;
- em segundo lugar, a pesquisa descritiva com os resultados de confirmação dos impactos dos representantes do ator universidade e centro tecnológico.

Para fechar o capítulo, uma síntese com os principais impactos e a mensuração de suas frequências de citação pelos atores universidade e centro tecnológico e empresa.

6.1 RESULTADOS DAS ENTREVISTAS EM PROFUNDIDADE DA PESQUISA EXPLORATÓRIA

Nesta pesquisa exploratória, será discutida a definição de nanotecnologia na visão de quatro atores (universidade e centro tecnológico, empresa, Estado e ONG's), considerados especialistas no assunto nanotecnologia, assim como serão apresentadas discussões sobre cada um dos quatro impactos do modelo (tecnológico, econômico, social e ambiental), e, por fim, os principais impactos identificados serão confrontados contra os seis atores (além dos quatro atores citados acima, os atores indivíduo e consumidor também fazem parte desta análise) do cenário de desenvolvimento da nanotecnologia por meio de uma matriz de impactos.

6.1.1 Definição de Nanotecnologia

Inicialmente, foi questionada a definição do conceito de nanotecnologia para os entrevistados. Isto serve para mostrar as diferenças de compreensão entre especialistas de diferentes áreas quanto à delimitação da dimensão espacial que tecnologias em nível nanométrico estão envolvidas.

Para os respondentes ligados à Física, Química e determinadas Engenharias, a nanotecnologia está limitada entre 1 e 100 nanômetros (nm), faixa que se

assemelha às proporções do estado primário da matéria que é o átomo e suas composições moleculares mais simples (NIST, 1999)..Uma das definições mais aceita é que “nanotecnologia é a compreensão e o controle da matéria em dimensões entre 1 e 100 nanômetros, onde fenômenos únicos habilitam novidades tecnológica” USPTO (2008).

Esta orientação de visão restringe o termo nanotecnologia às propriedades físicas e químicas que acontecem somente nesta faixa dimensional e que aplicações úteis ao ser humano somente poderão ser designadas de nanotecnologia se conter os benefícios de tais propriedades.

Em oposição a esta visão, encontram-se os respondentes ligados às Ciências Biológicas, como a Farmácia, Bioquímica e determinadas Engenharias. Neste caso, a nanotecnologia possui uma faixa dimensional entre 1 e 300 nm. O trecho a seguir, extraído da entrevista com um respondente da área da Farmácia, mostra o tom da divergência entre as duas visões: “a gente já trabalha com 200, 300 nanômetros [...]. Então, por outro lado, os físicos dizem que isso não é nanotecnologia, mas é claro que é.” Mais adiante o mesmo respondente pondera que: “Então, eu só vou comentar como tem uma indefinição desde o conceito”.

Fica nítido que a divergência é alimentada pelo fato de que a nanotecnologia não reuniu ainda forças entre os atores acadêmicos para o estabelecimento de um consenso quanto à definição da amplitude dimensional. E se o consenso sobre a definição da nanotecnologia houver, existe ainda um conjunto de diferentes atores que pode interpretar o conceito de acordo com seus interesses. Um exemplo disso é a comercialização de produtos com rótulo mencionando componentes nanotecnológicos, que quando medidos não passam da dimensão micrométrica (1000 vezes maior). Para compreender as possibilidade de divergências de opiniões e interesses, foi questionado aos entrevistados quem são os atores envolvidos na nanotecnologia.

6.1.2 Atores envolvidos com a Nanotecnologia

Os principais atores identificados com o cenário de desenvolvimento da nanotecnologia são: universidade e centro tecnológico, empresas, Estado, consumidor, indivíduo e organizações não-governamentais.

Para que a nanotecnologia ganhe proporções cada vez maiores em termos de significado e importância para a sociedade, é necessário que grupos de interesse,

reunidos sob o conceito de atores, reúnam demandas específicas para atuação nos caminhos de desenvolvimento da nova tecnologia. Estas demandas refletem propósitos concernentes aos interesses de cada grupo e podem ou não influenciar a trajetória da nanotecnologia.

Desde o início do século XX, as tecnologias têm surgido com cada vez mais frequência pela responsabilidade direta da comunidade científica que realiza as descobertas dos princípios e leis que regem novas aplicações tecnológicas. Formada por professores, alunos de pós-graduação e técnicos, a comunidade científica está localizada em instituições como universidades públicas e privadas, centros tecnológicos públicos, empresas públicas com fim social (ex: Embrapa).

Em passo com essa responsabilidade, a maioria dos entrevistados confirma a universidade e o centro tecnológico como o ator mais importante no início da trajetória de desenvolvimento da nanotecnologia, detendo o conhecimento dos conceitos e das técnicas que permitem dominar e controlar potenciais novas utilidades.

Para montar experimentos, realizar medições, e construir protótipos com materiais e elementos nanotecnológicos, a universidade e centro tecnológico recebem auxílio direto do Estado brasileiro, por meio de órgãos, agências e entidades de fomento dos governos federal e estadual. Estas ações são admitidas pelos entrevistados que recebem auxílio do governo federal. Em consequência, o Estado forma um ator representativo no cenário da nanotecnologia ao representar governos que estão envolvidos no incentivo ao desenvolvimento tecnológico. O objetivo primário deste incentivo, segundo entrevistados do governo federal, é estimular o desenvolvimento econômico do país por meio do domínio tecnológico.

Outro papel importante do ator Estado é sedimentar a ponte entre a geração do conhecimento pelo ator universidade e centro tecnológico e a aplicação comercial da tecnologia. Isto acontece por meio de financiamentos ou subsídios públicos. No Brasil, o governo federal investiu três milhões de dólares em programas de pesquisa em nanotecnologia nos últimos cinco anos. O repasse da verba ocorre diretamente para o representante da universidade e centro tecnológico, ou seja, um cientista de uma determinada universidade, por exemplo, que é responsável pela gestão dos recursos e pelo progresso do projeto (caso de dois entrevistados que compõem uma rede nacional de pesquisa em um ramo da nanotecnologia).

Do outro lado da ponte, encontram-se os representantes do ator empresa, que são formados por pessoas jurídicas com ou sem fim lucrativo, portadoras de tamanhos diversos, inseridas em mercados com diferentes propósitos comerciais e econômicos, além de entidades representativas de classe, que representam as primeiras.

De acordo com a primeira fase da teoria schumpeteriana, a destruição criativa responsável pela inovação provém dos empreendedores, que são representativos do ator empresa.

Na segunda fase da teoria schumpeteriana, as grandes corporações assumem esta responsabilidade (SCHUMPETER, 1934). Não distinguindo tais formas organizacionais, mas buscando o fator explicativo primordial para as ações do ator empresa, os keynesianos sustentam que o “espírito animal” é o elemento motor da busca pelo acúmulo de capital, o qual pode ser conseguido também pela inserção de inovações tecnológicas. Mas o desenvolvimento de novas tecnologias muitas vezes não é levado a contento por representantes deste ator, pois embute um risco percebido muito alto. Isto é declarado por um dos entrevistados: “O empresariado nacional só investe quando ele tem a certeza de que o risco é mínimo”. Peculiarmente, o “espírito animal” é amansado se existe uma ameaça à continuidade do lucro ao investir em tecnologias com caminhos duvidosos, que só será novamente estimulado se certezas forem asseguradas por outros atores. Neste caso, o ator Estado assume esta responsabilidade, fazendo com que o ator empresa ganhe condições e confiança em estabelecer o contato com ator universidade e centro tecnológico para a construção do caminho do desenvolvimento tecnológico. A nanotecnologia, no Brasil, segue exatamente esta triangulação, que será facilitada com a nova lei da Inovação³⁵.

³⁵ A Lei da Inovação foi promulgada no dia 2 de dezembro de 2004, sob o número 10.973, pela Presidência da República do Brasil, com intuito de estimular a relação entre Instituições de Pesquisa e Empresas e a relação entre Estado e Empresas. Isto pode ser visto no artigo oitavo da Lei: “Art. 8º É facultado à ICT prestar a instituições públicas ou privadas serviços compatíveis com os objetivos desta Lei, nas atividades voltadas à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo.”, e também no artigo décimo nono: “Art. 19. A União, as ICT e as agências de fomento promoverão e incentivarão o desenvolvimento de produtos e processos inovadores em empresas nacionais e nas entidades nacionais de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa, mediante a concessão de recursos financeiros, humanos, materiais ou de infra-estrutura, a serem ajustados em convênios ou contratos específicos, destinados a apoiar atividades de pesquisa e desenvolvimento, para atender às prioridades da política industrial e tecnológica nacional” (BRASIL, 2004)

Mas de qualquer forma, sem a presença do ator empresa a adoção de uma tecnologia é quase inviabilizada e os seus benefícios não são estendidos a uma gama maior de outros atores. Um entrevistado, representante do ator universidade e centro tecnológico, acredita que as grandes empresas são um dos atores mais significativos no cenário da nanotecnologia. Todos os demais entrevistados corroboram esta visão, porém com igualdade de importância com outros atores.

A adoção da tecnologia fecha o ciclo da inovação tecnológica permitindo que as novas utilidades satisfaçam necessidades e desejos. Todavia, a quem pertence essas necessidades e desejos? Geralmente, em modelos econômicos tradicionais, o elo final de um circuito econômico é o mercado. Uma entidade composta de consumidores (ou clientes) que apenas recebem o direito de uso de um produto trocado por um valor financeiro.

Neste ciclo, o consumidor detém um papel passivo, quase que inerte na reivindicação de novos direitos de uso, esperando que o ator empresa constantemente os provenha.

No cenário da nanotecnologia, segundo o entrevistado representante do poder legislativo, o “*consumidor hoje é um assunto no mundo inteiro, [...]mas em níveis muito incipientes...*”. Ou seja, o consumidor é um ator a ser considerado no cenário de desenvolvimento de uma tecnologia, também na nanotecnologia, contudo não existe propensão a atribuir um papel ativo nas decisões do cenário de desenvolvimento. Para um outro entrevistado, a discussão pode ser traduzida quanto ao grau de liberdade de uma sociedade, pois se esta permite a participação de representantes de quaisquer atores nas decisões de desenvolvimento tecnológico quando envolve estrutura pública, como é o caso da definição do interesse de Estado e a verba pública, pode ser considerada suficientemente livre, e assim o ator consumidor, com características difusas no circuito econômico, pode moldar ativamente o caminho da tecnologia.

Com o mesmo perfil passivo que o ator consumidor, o ator Indivíduo faz parte do cenário de desenvolvimento da nanotecnologia, sendo citado por apenas dois entrevistados. Podendo ou não ser consumidor, o indivíduo é o elemento formador da sociedade, detentor de direitos fundamentais como o bem-estar social e econômico, saúde, educação, segurança, entre outros.

Nos modelos econômicos tradicionais, este ator não é considerado em seus plenos direitos, sendo ignorado em muitas ocasiões. Um exemplo nítido de reversão

(ou suspensão) de direitos do Indivíduo é o uso de novas tecnologias sem comprovação consistente de segurança para a saúde (independentemente de ser consumidor, visto que pode receber efeitos indiretos), como é caso do uso de telefones celulares que emitem radiação para o usuário, podendo causar neoplasias agudas (conhecido como câncer) ou a adição de ciclamato sódico em bebidas refrigerantes para efeito adoçante, que também pode causar a mesma doença³⁶.

Uma outra discussão que diz respeito ao ator indivíduo, mas que não detém papel ativo, é a depredação do meio-ambiente, que tem seus meios acelerados pelo uso de novas tecnologias criadas com propósitos econômicos tradicionais pelos atores empresariais, como é o exemplo, já antigo, de uma serra motorizada, ou mais moderno, do uso de veículos motorizados do tipo Sport Utility Vehicle (SUV), que poluem mais, com menor eficiência energética, consumindo mais recursos por unidade produzida que um veículo padrão, além de ocupar espaço maior em vias de trânsito do que um veículo comum.

Os danos ao meio-ambiente e à saúde humana desses exemplos foram estabelecidos sem que se houvesse um debate sobre o caminho de tais tecnologias que envolvessem os atores consumidor e indivíduo. Desta forma, constata-se uma preocupação dos participantes do desenvolvimento da nanotecnologia de que esses atores façam parte do rol de decisões, como é o exemplo de iniciativas no Reino Unido (ELSI, 2005). No Brasil, segundo um entrevistado, o debate é: *“restrito a um pequeno grupo, é um debate de especialistas e eu acho que o debate na sociedade ele ainda não existe, na própria mídia, na minha opinião, ainda não existe”*.

O último ator citado a fazer parte do cenário da nanotecnologia é o conjunto de Organizações Não Governamentais (ONG's), que teve a importância ressaltada ao ser inserido em uma tendência irreversível para as próximas décadas, de acordo com um entrevistado, representante da comunidade científica. As ONG's são entidades sem fins lucrativos, com propósito social e ambiental, dispersas em uma miríade de segmentos. Difusas em sua definição, as ONG's fazem parte da sociedade moderna ao reunirem de modo organizado opiniões e pleitos definidos, muitas vezes contrários aos interesses de outros atores, e obviamente interferindo

³⁶ O ciclamato sódico teve o uso abolido pelo Food and Drug Administration, órgão do governo federal dos Estados Unidos, em todo o território americano há 39 anos. No Brasil, o uso deste elemento tecnológico tem a chancela da Agência de Vigilância Sanitária do governo federal do Brasil (Valor Econômico, 2008).

no cenário de desenvolvimento de novas tecnologias, como é o caso da nanotecnologia. De acordo com uma pesquisadora entrevistada, as ONG's participam do debate a respeito dos impactos da nanotecnologia com uma opinião enviesada por conta do desconhecimento dos processos tecnológicos. Do lado oposto, um representante de uma ONG reconhecida por estudos dedicados ao tema da nanotecnologia defende o objetivo de identificar todos os potenciais riscos da nanotecnologia e, com isso, pleitear a suspensão preventiva de lançamentos comerciais de produtos que tragam nanotecnologia sem garantia à saúde e ao meio-ambiente. Esta ação é conhecida como princípio da precaução, o qual recebe a simpatia de pequena parcela da comunidade científica de alguns países europeus. Para que esse princípio, de acordo com o entrevistado, o papel da ONG como ator ativo no cenário da nanotecnologia é fundamental.

Em suma, no cenário de desenvolvimento da nanotecnologia, os atores mais ativos são a universidade e centro tecnológico, a empresa, o Estado e as ONG's, e os atores mais passivos são o consumidor e o indivíduo. Todos podem possuir expectativas divergentes quanto aos benefícios e malefícios da nanotecnologia, oscilando entre o ceticismo mais puro até a defesa apaixonada. O que pode explicar esta divergência é o nível de desconhecimento da nanotecnologia por parte de alguns atores, como atestado por um dos entrevistados que confirma a ignorância sobre o tema por mais de 80% da população do Reino Unido.

Assim, para que as potencialidades da nanotecnologia fiquem mais claras, há a necessidade de que se compreenda o ponto que separa esta nova tecnologia das demais, antigas ou emergentes.

6.1.3 Diferenças para outras tecnologias

O papel da nanotecnologia na geração de impactos que justifique a alcunha de revolucionária passa pela compreensão das diferenças em relação a tecnologias antigas e outras emergentes. Muitos estudos preconizam uma série de vantagens da nanotecnologia que estão baseadas em sua capacidade de oferecer melhorias de parâmetros de desempenho funcionais a partir de propriedades físico-químicas que são inerentes à diminuta dimensão, muito em razão de estar presente em tudo o que contenha átomos e moléculas, ou seja, em todas as coisas materiais. Isto significa que a nanotecnologia contém na sua concepção vantagens em relação às tecnologias que foram geradas em escala macroscópica, o que engloba as

tecnologias antigas e emergentes. Portanto, a vantagem da nanotecnologia é clara, intransferível e permanente, bastando apenas que as condições técnicas sejam oferecidas para o usufruto do benefício, de acordo com um entrevistado que sustenta:

que o comportamento, reações e interações muda muito em relação ao mundo macro. A questão é que o material em escala nano terá propriedades, condutividade elétrica, cor, densidade aparente, diferente daquelas que se tem na escala macro. Isto está em fase de conhecimento da técnica. Os parâmetros ainda estão sendo definidos (dados da pesquisa).

Estas mudanças de parâmetros permitem a construção de aplicações com desempenho superior, que, do ponto de vista econômico, pode justificar toda a gama de expectativas positivas. Neste sentido, um entrevistado apresenta dois pressupostos que foram identificados no discurso do atual desenvolvimento da nanotecnologia: o primeiro deles promete “fazer as mesmas coisas usando menos energia”, e o segundo pressuposto promete “fazer as mesmas coisas usando menos recursos”.

Por outro lado, a nanotecnologia pode exacerbar os patamares de desempenho de produtos, o que poderia ter o efeito inverso, de acordo com dois entrevistados, podendo causar efeitos poluentes pelo aumento de consumo, o descontrole das possibilidades de aplicação como, por exemplo, o aumento da artificialidade em substituição de funções vitais por motivos supérfluos (eugenia e outros fenômenos derivados do uso intensivo da tecnologia). Isto mostra que a nanotecnologia pode também se diferenciar de outras tecnologias pelo lado negativo.

A diferença da nanotecnologia para outras tecnologias passa pelos potenciais impactos tecnológicos, econômicos, sociais, e ambientais, que serão descritos a seguir.

6.1.4 Impacto tecnológico

A nanotecnologia carrega a vantagem da dimensionalidade que proporciona propriedades físico-químicas diferenciadas. Por isso, as funcionalidades das aplicações nanotecnológicas obterão maior sintonia no enquadramento de praticamente todas as necessidades básicas e específicas de diversos setores da economia. Todos os entrevistados ressaltam esta perspectiva, com opiniões

referentes ao domínio de conhecimento e de aplicação de cada um, de que a nanotecnologia oferece melhoria substancial nos parâmetros funcionais de produtos atuais e de novos produtos. Um entrevistado exemplifica vários casos do uso da nanotecnologia:

- a) na construção de sensores mais precisos, por serem nanoestruturados, proporcionando maior confiabilidade de valores na qualificação de produtos e processos (é o caso da “língua eletrônica”, desenvolvida por um centro tecnológico brasileiro, que proporciona fidedignidade maior no reconhecimento da qualidade de bebidas como o café e o vinho, podendo identificar até o tipo de solo e a região de origem do cultivo);
- b) outra aplicação é a confecção de embalagens inteligentes, que permitiriam o controle visual da qualidade do produto acondicionado (principalmente, no caso de produtos orgânicos), além de acelerar o processo de auto-degradação a fim de evitar poluição por acúmulo de resíduos sólidos no meio-ambiente (quando não for comestível, pois já existem estudos para tornar a embalagem parte do consumo);
- c) uma aplicação muito importante da nanotecnologia, reforçada pela maioria dos entrevistados, é a capacidade de liberação controlada de substâncias que, envolvidas em membranas nanoestruturadas, lentamente, progressivamente e economicamente seriam canalizadas para o cumprimento do objetivo de uma determinada aplicação, como a liberação de nutrientes no solo, para a melhoria das condições da agricultura (com conseqüente diminuição do fenômeno do lixiviamento – degradação do solo);
- d) outra aplicação mencionada pelo entrevistado foi a descoberta de novos materiais com propriedades mecânicas muito superiores aos atuais materiais mais resistentes e duráveis, como nanofibrilas poliméricas com resistência mecânica 100 vezes maior do o aço carbono (princípio construtivo imitado das teias dos aracnídeos), possibilitando a diminuição da massa e peso de uma máquina ou de uma edificação, além de aumentar o seu tempo de uso com qualidade (durabilidade).

Outra aplicação da nanotecnologia muito empregada é a liberação de princípios ativos farmacológicos no tratamento de doenças e disfunções orgânicas, com conseqüências diretas sobre o bem-estar e o custo do sistema de saúde (ELSI, 2005). Um entrevistado, especialista em Engenharia Química, mostra as vantagens da liberação controlada para os atuais fármacos:

Porque as drogas administradas na forma livre carecem, na maioria delas, de estabilidade físico-química, tanto a estabilidade de armazenamento, estabilidade de prateleira, como estabilidade dentro do organismo. Então, se encapsulamos esses fármacos, nós protegemos, podemos produzir a liberação controlada, o que demanda mais baixas doses, maior eficiência terapêutica e menos efeitos colaterais. E podemos atingir também alvos específicos (dados da pesquisa).

Uma série de impactos tecnológicos é descrito na literatura para a nanotecnologia (outros exemplos desses impactos são citados no capítulo quatro), com abrangência em diferentes áreas de conhecimento, aplicações comerciais e propósitos de usos. Os entrevistados são unânimes em reconhecer na nanotecnologia benefícios sem precedentes em relação a tecnologias anteriores.

Uma questão pertinente ao impacto tecnológico se refere à grandeza de novidade que a nanotecnologia trará em relação aos padrões tecnológicos vigentes. Deste modo, seguindo a classificação de novidade de tecnologias mais aceita pela literatura, e de acordo com as opiniões de especialistas entrevistados (reforçadas pelas publicações sobre o tema), a nanotecnologia poderá tanto se enquadrar em aplicações incrementais de novidade quanto em aplicações revolucionárias. Esta possibilidade de caminhos de desenvolvimento da nanotecnologia permite inferir pelo menos três cenários em relação às atuais tecnologias:

- cenário evolucionário: a contribuição tecnológica da nanotecnologia se daria de modo gradual, substituindo paulatinamente tecnologias ou padrões tecnológicos vigentes, e também com grandes possibilidades de contribuições significativas na dimensão social e ambiental. No entanto, a dimensão econômica poderia limitar o desenvolvimento acelerado de nanotecnologias que não atingirem uma relação custo-benefício aceitável pelo mercado, fazendo com que a tônica das descobertas aconteça pelo lado incremental da novidade;

- cenário revolucionário: a nanotecnologia provocaria a obsolescência acelerada de tecnologias atuais, podendo desencadear efeitos imprevisíveis sobre outras categorias de impactos. Frequentemente, a barreira econômica desacelera ímpetus por altas taxas de novidade, mas em função da expectativa de um patamar muito superior de benefícios das novas aplicações, a adoção de nanotecnologia revolucionária poderia acontecer sem precedentes na história econômica;
- cenário misto: a nanotecnologia poderia tanto proporcionar patamares evolucionários de novidades de aplicações – convivendo com as tecnologias atuais, quanto patamares revolucionários – substituindo completamente tecnologias atuais. Neste cenário, sob a perspectiva temporal, os dois caminhos da nanotecnologia poderiam ocorrer de forma: simultânea, alternada, ou meramente conseqüente (radical depois incremental).

A maioria dos entrevistados acredita que o terceiro cenário é o mais condizente com as potencialidades da nanotecnologia, o que se conclui que não seria nada diferente de cenários de desenvolvimento de tecnologias anteriores. No entanto, um dos entrevistados enquadra o grau de novidade da nanotecnologia em um debate ideológico onde de um lado se tem otimistas, conhecidos pela alcunha de “nanootimistas”, e de outro lado pessimistas, ou “nanopessimistas”. Esta polarização tem o intuito de espelhar um ponto de conflito em torno das potencialidades da nanotecnologia que, de acordo com o entrevistado, poderia se refletir na amplitude de seus impactos negativos (aumento de toxicidade, poluição, efeitos indesejáveis em sistemas naturais e orgânicos, etc), o que serviria a interesses de determinados grupos de atores. Como tais conseqüências são inconclusivas no atual estágio da nanotecnologia, os especialistas ligados às descobertas de aplicações garantem que existe um domínio completo das potencialidades daquilo que já foi descoberto, mas que não podem assegurar as potencialidades daquilo que está porvir³⁷.

³⁷ Existe uma interessante discussão sobre as potencialidades tecnológicas da nanotecnologia que estão porvir em um futuro de poucas décadas, onde entre elas se encontra a manufatura molecular. Este seria um processo de montagem molecular a partir de ações do próprio sistema (o conceito de auto-montagem), que poderia, no limite, criar qualquer matéria a partir das partículas mais simples (algo extremamente revolucionário). Esta visão é defendida por Erich Drexler, nanocientista reconhecido pela comunidade científica mundial (Phoenix, 2003).

Uma das limitações apontadas no capítulo 5 diz respeito da nítida visão otimista de cientistas ligados propriamente às descobertas das aplicações nanotecnológicas. Esta visão não permite que se aponte os impactos negativos do ponto de vista tecnológico, como acontece com a discussão do *gray-goo* de nanorôbos, onde não se sabe a extensão do folclore por trás do conceito. Para auxiliar a entender os limites da visão otimista do atores da universidade e centro tecnológico, foi entrevistado um especialista em Ciências Sociais, com ênfase em novas tecnologias. Este entrevistado sustenta que os cientistas são naturalmente compelidos na direção positiva, como atesta a afirmação seguinte:

Na individualidade ele quer ser uma pessoa que produza coisas que sejam utilizadas pelo bem público. Então ele diz: “Pô, eu tô fazendo nanotecnologia pra melhorar o meio ambiente. Eu tô fazendo porque eu vou lá no hospital e vejo a fila do SUS. Então eu posso tentar produzir alguma coisa no campo da nanotecnologia que tenha haver com isso.” Agora, por outro lado, ele quer que aquilo que ele produz, o conhecimento que ele produz, que é aplicado numa transformação, numa dada tecnologia acaba por ter, para assegurar ele o predomínio disso. Porque se ele não fizer também corre o risco de outros patentear, e aí depois ele ou o país acaba pagando por aquilo que foi produzido aqui, e o que foi produzido por ele acaba sendo patenteado por outros que não tem nada haver (dados da pesquisa).

Este entrevistado entende que as novas aplicações tecnológicas em geral deveriam ser discutidas em âmbito público, a fim de garantir segurança a todos os demais atores, inclusive ao ator empresa que explorará a novidade. Portanto, existem impactos tecnológicos de efeito negativo, mas não são fáceis de serem constatados pelo viés excessivamente otimista do ator criador dos princípios das aplicações tecnológicas.

Impactando positivamente ou negativamente, a nanotecnologia proporciona novas características funcionais que podem ser incorporadas a produtos comercializáveis. Porém, para que o ciclo de inovação conceitualmente se feche são necessários impactos econômicos.

6.1.5 Impacto Econômico

Mediante a certeza de determinados impactos tecnológicos, a nanotecnologia conduz a potencialidade de impactar significativamente na dimensão econômica.

De acordo com os entrevistados, a criação novos produtos, novas formas e fontes de matérias-primas, o surgimento de novos mercados e empresas, a criação de oportunidades de trabalho e o estímulo a novas qualificações, são impactos inerentes à nanotecnologia. Vista do ponto de vista microeconômico, a nanotecnologia oferece uma série de impactos positivos que justificam o investimento crescente em seu desenvolvimento.

Se também for percebida pela perspectiva macroeconômica, a nanotecnologia permite a intensificação do comércio mundial, o ganho de escala global, o desenvolvimento nacional, a integração tecnológica mundial, o incremento da riqueza mundial, o aumento do fluxo de capitais, entre outros impactos.

Entretanto, considerando que a dimensão econômica está sujeita ao lado negativo dos impactos, cinco entrevistados admitem que a nanotecnologia possa causar a dizimação de setores econômicos e, conseqüentemente, de empresas.

Outro aspecto abordado foi o aumento dos custos ao consumidor em paralelo com a redução dos custos de produção, resultando em dois efeitos.

O primeiro efeito advém da incorporação dos custos de pesquisa e desenvolvimento, inscrito em um patamar cada vez mais alto para as nanotecnologias, e da oportunidade da exclusividade de mercado (protegida pelo sistema de patentes industriais).

Já o segundo efeito, contrário ao primeiro, está fundamentado no princípio da substituição de mão-de-obra de operação e manufatura por processos mais modernos, aqui já contando com novidades nanotecnológicas, e a redução do custo de unidade de medida de matéria-prima ou insumo básico por produto fabricado (em função da potencialidade de construção de matérias-primas somente por rearranjos moleculares e atômicos de matérias-primas baratas, além do incremento do poder da reciclagem e reutilização).

Mesmo para poucas empresas - em um primeiro momento, a nanotecnologia poderá aumentar a produtividade da indústria em diversos setores econômicos, pois a quantidade de insumos por unidade de produto poderá diminuir significativamente, como atesta a afirmação de um entrevistado a respeito da economia de insumo na indústria farmacêutica: “usaria por dose menos fármaco porque o aproveitamento é mais eficiente pela ação mais eficaz da nanotecnologia”.

Em relação ao potencial de inovação de produto, as partículas ou estruturas nanométricas podem caracterizar um produto, auxiliar nas funcionalidades de um

produto, ou aprimorar o processo de fabricação de um produto, abrindo a nanotecnologia para uma miríade de possibilidades, como apontam todos os entrevistados³⁸.

Aparentemente, estes três modos de inovação em produto da nanotecnologia poderiam ser considerados apenas impactos positivos na dimensão econômica por conta do aumento do volume e do tipo de oferta, do estímulo à competitividade (o que a visão neoclássica assegura como melhor modelo de desenvolvimento econômico ao acreditar na racionalidade inerente dos agentes), e da criação de riqueza.

De outro lado, encontram-se os efeitos negativos dos impactos econômicos da nanotecnologia. De forma mais genérica, alguns entrevistados acreditam que a nanotecnologia dizimará setores inteiros da economia (eventualmente, substituindo-os por outros), aumentará gastos com saúde, pública e privada, gastos com medidas de prevenção de poluição de nanoresíduos, e que será responsável por aumentar a concentração de renda na economia.

Alguns entrevistados crêem que o aumento substancial da oferta de produtos nanotecnológicos possa causar os seguintes efeitos negativos (não necessariamente em ordem ou relacionados):

- hiperoferta de produtos: existe o risco do fluxo de ofertas seguir um padrão de crescimento exponencial com aumento acelerado do consumo, causando deterioração da lucratividade média, deflação de preços, aumento do endividamento e piora da capacidade de pagamento, resultando em recessão econômica;
- concentração da competitividade: a participação das empresas no mercado de produtos nanotecnológicos pode ser cada vez mais restritiva, ocasionando concentração em organizações de estruturação superior (transnacionais e grandes empresas), o que pode concentrar lucros, mercados, bloquear inovações, aumento da diferença de distribuição de renda na sociedade, aumento do desemprego, e, conseqüente, diminuição do desenvolvimento econômico regional;

³⁸ Particularmente, diante da pergunta sobre a potencialidade para lançamento de novos produtos um entrevistado exclama: “Enorme! Fortíssimo!”. Isto denota o entusiasmo perante a nova tecnologia e potencialidade de criação de novos produtos.

- restrição de consumo: produtos atuais que possuam tecnologia com domínio público poderiam ter sua estrutura rearranjada pela nanotecnologia, resultando no mesmo produto, com nova tecnologia, mas de propriedade intelectual privada. Isto poderia aumentar os preços médios no mercado, restringindo o consumo em determinadas parcelas da população. Além disso, os produtos novos, originalmente concebidos com nanotecnologia, podem ser direcionados apenas ao mercado com poder aquisitivo, restringindo a maior parte da população aos eventuais benefícios.

O mercado estimado para produtos nanotecnológicos em 2015 se aproxima de um trilhão de dólares (ROCO, 2004), mas para que os produtos nanotecnológicos possam ter condições de comercialização o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) deve ter um volume que contemple a superação de dificuldades como a estabilidade dos insumos ao mudar a escala laboratorial para a escala industrial, o aumento das exigências de qualificação para os profissionais de pesquisa e desenvolvimento e dos técnicos que manipulam maquinários de produção e controle de qualidade, a limitação da precisão dos equipamentos e ferramentais de controle dos processos produtivos, além do necessário tempo de aprendizado sobre o produto e as conseqüências na produção e no mercado.

Desta forma, prevêem-se, segundo alguns entrevistados, que os montantes exigidos de investimentos em P&D são superiores aos das atuais tecnologias em escala macro e micro. Uma pesquisadora entrevistada acredita que são poucas as empresas em condições de superar a barreira desse patamar, fator que poderia atrasar a disseminação da nanotecnologia. No entanto, se esta barreira for definitivamente superada, dificilmente o fluxo de investimentos poderá ser interrompido, provocando iniciativas para se contornar as barreiras iniciais e a emergência de cada vez mais novas empresas.

A novidade tecnológica tanto para produto quanto para processo pode não impactar no Brasil da mesma forma positiva do que em relação aos países desenvolvidos.

As conversões da tecnologia em produto e a do produto em valor de troca são muito incertas, como atesta um entrevistado que está no papel de cientista e empresário ao mesmo tempo. Segundo o mesmo, o conceito de inovação ainda não recebe a atenção devida por parte dos desenvolvedores da nanotecnologia, que

acreditam que a futura aplicação, a ser transformada em algum produto benéfico, venderá por si só. Para dar suporte à inovação, a comunidade empresarial é a principal responsável pela materialização do produto no mercado, mas, de acordo com alguns entrevistados, são muito poucas as empresas brasileiras em condições de prover este caminho.

A apropriação da nanotecnologia pelo capital é primária no Brasil, segundo um entrevistado, devendo-se criar as condições para que empresas atuais e novas possam se beneficiar disso. Um exemplo deste estado de letargia do empresariado nacional é a sentença a seguir, dada por um entrevistado especialista em nanotecnologia, representante do ator universidade e centro tecnológico, mas tem também iniciativas como representante do ator empresa:

O empresariado nacional só investe quando ele tem a certeza de que o risco é mínimo. Os produtos que fazemos, que estão em negociação estão em FASE I –Testes Clínicos, com bons resultados. Quando chega nesta fase, os riscos são mínimos e compreendidos. Já passou pelo teste de toxicidade, pela fase pré-clínica. Infelizmente, [...] o empresário precisa chegar antes, na fase pré-clínica, onde vai fazer todos os testes pré-clínicos de maneira adequada e vai começar a produção em escala. O empresário precisa chegar antes e não está chegando. São poucos o que realmente investem. Você tem uma molécula boa e começar o pré-clínico são poucos o que investem. No Brasil, a maioria das empresas é familiar, não querem risco, são muito conservadores (dados da pesquisa).

Essa dificuldade de se fechar o ciclo da inovação forma o argumento para a necessidade de uma política industrial consistente e planejada como esteio do desenvolvimento econômico baseado em novas tecnologias.

Um outro entrevistado, sociólogo, especialista em nanotecnologia, sustenta que somente a existência de uma política industrial planejada e consistente possa estimular o uso racional das novas tecnologias (incluí-se a nanotecnologia) em prol de um verdadeiro desenvolvimento econômico. Isto significa, segundo o mesmo, que a nanotecnologia poderia ter seus efeitos benéficos estendidos a diversos setores da economia brasileira, garantindo a característica de permeabilidade das TPG's (para este conceito ver seção 2.1.3), se o Estado garantir as diretrizes mínimas de competição: com políticas de incentivo ao investimento; com ações regulatórias, para contenção de abusos e atos lesivos aos públicos; com políticas macroeconômicas sustentáveis; e a promoção da isonomia dos benefícios do

desenvolvimento econômico adjacente aos diversos atores envolvidos. Sem isto, o entrevistado acredita que o impacto econômico da nanotecnologia no Brasil seja “insípido”.

A tese da isonomia de distribuição dos benefícios da tecnologia a todos os públicos como condição essencial para se declarar que ocorreu impacto econômico de fato é compartilhada por mais dois entrevistados, embora a crença geral dos entrevistados seja que a nanotecnologia propicie impactos econômicos de alguma forma.

Todavia, como aproveitar os potenciais impactos econômicos da nanotecnologia? Como minimizar os impactos negativos? Estas são questões que envolvem os públicos nos debates a respeito da nanotecnologia (e que já acompanham tecnologias anteriores há algum tempo). Em países desenvolvidos, os Estados patrocinam o investimento em desenvolvimento tecnológico e asseguram uma política industrial definida para setores econômicos que se beneficiam de novas tecnologias, e as respectivas empresas nacionais (ou originárias de transnacionais) também investem montantes significativos em desenvolvimento tecnológico e na construção do caminho da inovação. Esta diferença para o Brasil (e para outros países subdesenvolvidos), segundo alguns entrevistados, propiciará uma diferença significativa de competição no mercado de produtos nanotecnológicos no nível da firma e no nível de países. Esta assimetria de poder competitiva é geralmente visualizada pelos entrevistados por um prisma neoclássico tradicional, que se caracteriza como externalidade – disfunção, e que deveria ser combatida pela política industrial (esta discussão é aprofundada no próximo capítulo). Também poderá assomar o conceito de assimetria de informação³⁹ em grande proporção na

³⁹ Mesmo derivado da Teoria Geral do Equilíbrio, o conceito de assimetria de informação, difundido pelos economistas George Akerlof, Joseph Stiglitz e Michael Spence a respeito do estado que caracteriza a diferença de qualidade de informação entre agentes em uma transação, é aplicável na análise tecnológica. A competição pelo mercado de produtos nanotecnológicos é função da qualidade das informações que estão envolvidas na transformação da aplicação tecnológica em desempenho técnico e econômico de um produto em um mercado específico. Vendedores querem conquistar compradores, mas os compradores não detêm o conjunto de informações para uma aquisição justa (no caso, os impactos negativos da nanotecnologia não são devidamente reconhecidos e provados), causando assimetria de informação visto que somente as vantagens e benefícios permanecem (impactos positivos). A assimetria de informação pode ser aprofundada quando existe distorção flagrante entre agentes de um lado da transação. Por exemplo, empresas (vendedores) competindo em novo mercado possuem diferenças significativas de conhecimento e de níveis de investimento em nova tecnologia, o que diminui as chances dos agentes do outro lado da transação (compradores) de reduzir a assimetria de informação em razão da diminuição da competitividade geral.

arena da nanotecnologia, causando mais impactos econômicos negativos em um primeiro momento.

O debate do desenvolvimento da nanotecnologia quando entra na seara de assimetrias na dimensão econômica pode ganhar argumentos de base ideológica. Um exemplo é a afirmação de um entrevistado a respeito das conseqüências da nanotecnologia: “Concentra riqueza, concentra pobreza, concentra os índices econômicos, concentra as multinacionais que trabalham com isso”. A teoria econômica para analisar a conseqüência do uso de uma nova tecnologia pode não ser bem compreendida por quem afirma tais supostas certezas, tornando difícil a separação do que é argumento fundamentado de mera crença baseada em doutrina política.

Esta afirmação de cunho catastrófico é gerada em função do temor das conseqüências negativas da relação entre oferta e demanda de produtos nanotecnológicos (abordada anteriormente nesta subseção), que poderia provocar desemprego, eliminação de indústrias, aumentos dos custos com saúde, e aumento da poluição e dos custos com o tratamento desta poluição, e a segregação entre agentes de competição como, por exemplo, as empresas.

O temor do desemprego está relacionado à possibilidade de aumento da produtividade da indústria em razão da substituição tecnológica, que elimina postos de trabalho ou os substitui por postos com maior nível qualificação, o que restringiria parcela significativa da população de países subdesenvolvidos. Isto é confirmado tanto por entrevistados de áreas puramente técnicas quanto de áreas mais sociais.

A eliminação *per se* de indústrias é outro temor que está relacionado com o alto grau de novidade que poderá emergir de produtos nanotecnológicos. Na concepção de alguns entrevistados, a inovação radical a ser proporcionada pela nanotecnologia é de alto poder de penetração mercadológica, o que justificaria tal temor. No entanto, para outros entrevistados, a criação de novas indústrias é uma conseqüência inevitável que contrabalançaria a tendência negativa.

O último temor, manifestado por poucos entrevistados, reflete a dificuldade de se investir em nanotecnologia e a dificuldade de transformar aplicações em produtos. Apenas uma parcela de agentes estará apta a concretizar inovações com nanotecnologia.

Sendo assim, os impactos econômicos possuem alta importância relativa aos demais impactos quando analisados no atual estágio de desenvolvimento da

nanotecnologia. Mesmo assim, os impactos econômicos podem se transformar em outros impactos ou em expectativas de transformação, fenômeno que poderia modificar o próprio caminho de desenvolvimento da tecnologia. O impacto social é um dos mais relacionados com a economia, sendo motivo de preocupação de determinados atores do processo de desenvolvimento da nanotecnologia.

6.1.6 Impacto Social

A nanotecnologia é apontada pela maioria dos entrevistados como uma forma de geração de riqueza para a sociedade. Outro aspecto comentado, que uma tecnologia TPG tem mais condições de gerar, é o aumento do bem-estar da sociedade, o qual pode ser traduzido em maior longevidade, conforto e felicidade. De cetero subjetivo, estes aspectos podem ser melhor tangibilizados pela melhoria dos instrumentos e técnicas ligados ao tratamento de problemas de saúde que a nanotecnologia pode oferecer. Para a grande maioria dos entrevistados, as aplicações nanotecnológicas em saúde abreviarão o tempo de recuperação de uma doença, aumentando a sensação de conforto e felicidade, além de possibilitar alterações significativas nas funções orgânicas de modo a prolongar a vida o máximo possível. Estas expectativas estão calcadas em progressos de aplicações nanotecnológicas da indústria farmacêutica, de equipamentos e instrumentos de diagnósticos, de alimentos, de medicina, de engenharia de materiais e química, entre outras.

Em relação aos impactos sociais negativos, os entrevistados aludem ao fato de que viabilizando o aumento do desemprego a tecnologia poderá diminuir a qualidade de vida da população. Este tema é polêmico de ser abordado por entrevistados que estejam envolvidos com a pesquisa aplicada, pois além de não terem a visão da profundidade dos potenciais impactos de uma nova tecnologia, preferem se omitir em função do debate se encontrar em um estado incipiente e frágil para ataques de opiniões contrárias, podendo prejudicar a evolução dos trabalhos.

Todavia, um entrevistado comentou o risco de países que tem suas economias baseadas em commodities, dependentes de exportações de baixo valor agregado e da fixação internacional de preço, que poderiam ter seus produtos minerais substituídos por matérias-primas geradas via nanotecnologia nos países importadores. Isto causaria desemprego em massa com a extinção de setores

inteiros. Por outro lado, existe a ponderação de que a produção em massa de insumos usando nanotecnologia ainda é inviável técnica e economicamente.

Outro aspecto relativo ao bem-estar são as pressões sociais por maior nível de formação educacional que pode debilitar a confiança dos atuais profissionais na tentativa de adaptação ao mercado de trabalho. Os entrevistados das áreas técnicas alegam que o Brasil possui o conteúdo para formar mão-de-obra qualificada para a nanotecnologia, mas não está preparado para a quantidade necessária de profissionais caso o ciclo econômico se acelere. Existe um longo tempo antes que estes fatos estilizados aconteçam, como acreditam a maioria dos entrevistados, embora alguns enfatizem que o Brasil não “deveria perder novamente o bonde da História”.

Existem aspectos que a literatura menciona como o risco contra a privacidade social que a nanotecnologia poderia causar, mas se observa que é tema distante da realidade social brasileiro, não tendo sido abordado por nenhum entrevistado. Nem mesmo um tema corrente em discussões entre pesquisadores de estudos de impactos em países desenvolvidos, que são os riscos das potencialidades de equipagem do setor militar pela nanotecnologia, foi abordado pelos entrevistados.

O acréscimo dos efeitos sobre o meio-ambiente às preocupações da sociedade permite que impactos ambientais tenham relação direta com impactos sociais.

6.1.7 Impacto Ambiental

Os principais aspectos relacionados aos impactos ambientais são a poluição e a degradação ambiental. Vários entrevistados alertaram que não existem dados e informações suficientes para garantir que a nanotecnologia e os seus resíduos não poluam o meio-ambiente ou cause problemas à cadeia biológica dos seres vivos, afetando inclusive o ser humano.

Em relação ao tema da poluição, determinados entrevistados apontam a possibilidade de que partículas metálicas em tamanho nano, ao serem aplicadas nos seres vivos e na natureza, possam iniciar um ciclo de acumulação que constituiria fatores de poluição ambiental. Assim, em função das dificuldades de lidar com a dimensão da partícula, os custos de tratamento da poluição seriam maiores, causando impactos econômicos de outras ordens.

Na esfera positiva dos impactos ambientais, a nanotecnologia poderá prover aplicações que acelerem a recuperação ambiental seja dizimando mais eficazmente

os resíduos poluentes existentes seja possibilitando a contenção da poluição por possibilitar completo aproveitamento de resíduos de produtos de consumo. Novas técnicas de recuperação química e física do meio-ambiente estão em estudo por meio de nanotecnologia, com a promessa de limpeza mais rápida, eficaz, porém mais custoso no princípio.

Já os produtos com nanotecnologia poderão ser projetados para serem quase que completamente reutilizáveis ou reaproveitáveis em função de que será possível a decomposição e o rearranjo atômico.

Em oposição aos benefícios, a nanotecnologia possui, por enquanto, indícios de potencialidade de poluição do meio-ambiente e de cadeias biológicas. Existem estudos que testam a acumulação de nanopartículas metálicas em tecidos vivos, que comprovaram a toxicidade e a deterioração de funções vitais em animais. No meio-ambiente, pode ocorrer a deposição e a acumulação de nanopartículas metálicas causando a poluição do solo, das águas e do ar.

Para tais pontos, a maioria dos entrevistados se identifica inapta a comentar, muito em razão de serem temas fora do alcance de seu domínio de conhecimento e das pesquisas de poluição por resíduos de aplicações nanotecnológicas serem muito incipientes. Todavia, todos asseguram que o controle do experimento, a segurança no uso da nova aplicação e as conseqüências para a saúde e o meio-ambiente são responsabilidades da equipe de pesquisa em questão. E quando os entrevistados pertencem a (ou dirigem) alguma equipe de pesquisa, garantem a imunidade das aplicações nanotecnológicas para a saúde humana e o meio-ambiente. Um entrevistado afirma que: “o pesquisador que está trabalhando com nanotecnologia sabe o que exatamente o que está fazendo...ele tem a obrigação de controlar qualquer problema que tenha contaminação”. Isto demonstra o grau de confiança do cientista no resultado de sua pesquisa, mas que guarda risco com as chances de se provarem tardiamente fora de controle.

6.1.8 Síntese dos principais impactos e a relação com os atores envolvidos

Os resíduos, produtos e efeitos do uso da nanotecnologia podem impactar em duplo sentido os atores envolvidos nesta trajetória. Deste modo, Estado, universidades e centro tecnológico, empresas, consumidores, indivíduos e organizações não-governamentais podem receber tanto benefícios quanto malefícios da nanotecnologia. Para apresentar estas relações, utilizou-se de uma

matriz de impactos (quadro 11, nas páginas 154 e 155), que seguiu a linha de raciocínio das respostas dos entrevistados (vistas nas seções anteriores deste capítulo), e que foi complementada com pontos de revisão da literatura sobre nanotecnologia.

Existem determinados impactos da nanotecnologia que são mais importantes de serem analisados, que serão apresentados em relação a cada um dos atores:

a) **Impacto da automação no emprego**: impacta em duplo sentido os atores Estado e empresas. O sentido negativo para o Estado aconteceria pelo aumento do patamar de desemprego em setores econômicos que utilizassem as inovações nanotecnológicas com intuito de aumentar a produtividade. Já para as empresas, o nível de investimento em tecnologia para manter a competitividade em determinados setores econômicos seria elevado de forma a eliminar do mercado muitos competidores. Por outro lado, este aumento de produtividade pode significar um crescimento da riqueza que provocaria o desenvolvimento econômico de empresas e países.

As universidades e centros tecnológicos podem se beneficiar em mais incentivos para a geração de pesquisas de nanotecnologias de automação. Este ator não teria aparentemente nenhum impacto maléfico por conta da nanotecnologia.

Os consumidores se beneficiariam pelo incremento da qualidade dos produtos fabricados em função do emprego da automação nanotecnológica. Em sentido contrário, os indivíduos poderiam ser afetados pela diminuição de postos de trabalho na economia, afetando o bem-estar e comprometendo as relações sociais.

Para as ONG's, a maior automação do emprego pela nanotecnologia poderia ocasionar a melhoria do desempenho de aspectos operacionais, mas sobretudo reforçar a imagem institucional deste ator como contraponto das pressões dos atores empresariais. Os malefícios per se da nanotecnologia poderiam constituir temas de lutas políticas e ideológicas pelas ONG's, legitimando mais seu papel na composição de decisão na sociedade.

b) **Geração de partículas perigosas**: para os consumidores e os indivíduos os efeitos são negativos em função da alta capacidade de penetração das partículas em sistemas vivos e naturais, ocasionando contaminações, poluições, e degradações de várias ordens. Contudo, tais malefícios ainda não são facilmente

mensuráveis, e nem mesmo previsíveis. Isto acontece tanto pelas formas e vias de ocorrência, quanto pela intensidade do impacto.

O Estado poderá se beneficiar ao captar os efeitos positivos (impostos, emprego, desenvolvimento econômico) dos setores econômicos geradores dos resíduos e da cadeia de empresas que criarão soluções para a redução destes mesmos resíduos. Por outro lado, o Estado também poderá ter um aumento nos gastos sociais em função dos efeitos das partículas perigosas na saúde da população e nas despesas com a recuperação ambiental.

As universidades e centros tecnológicos poderão se beneficiar com mais incentivos para a produção de pesquisas que minimizem efeitos maléficos de nanopartículas e que criem tecnologias sem a geração da nanopartículas. Na condução dessas pesquisas em universidades e centros tecnológicos, poderá ocorrer a contaminação de funcionários com nanopartículas, podendo causar seqüelas físicas aos mesmos e danos à imagem institucional deste ator.

As empresas poderão aproveitar o malefício das nanopartículas perigosas para a criação de oportunidades de negócios como, por exemplo, a inserção de soluções de logística reversa. Além disso, existirá o óbvio benefício econômico por parte das empresas que geram as partículas nanotecnológicas com nível de periculosidade significativo em exploração comercial. Isto acontecerá até o limite de imposição de penalidades e interrupções deste processo por parte da sociedade.

Novamente, o ator ONG se beneficiaria pelo reforço da imagem institucional como importante elemento de contraponto às empresas nas decisões em sociedade.

c) **Integração e substituição da tecnologia**: a nanotecnologia proporcionará uma série de tecnologias com aplicações específicas e também tecnologias de aplicações gerais. Essas formas de aplicação da nanotecnologia poderão ser integradas a princípios tecnológicos atuais, reforçando a competitividade de diversos setores econômicos. No caso de um alto grau de novidade, a nanotecnologia propiciaria uma ampla substituição tecnológica tornando obsoletos determinados setores da economia e fomentando a criação de novos setores. Para as universidades e centros tecnológicos, este impacto da nanotecnologia teria um direcionamento positivo ao ampliar as alternativas de pesquisa, com aporte de novas fontes de investimento, pela possibilidade de maior integração com empresas

privadas. No sentido contrário, não existe perspectiva de que este impacto gere barreiras ou dificuldades.

O Estado poderá ser beneficiado com a integração tecnológica por meio do desenvolvimento econômico resultante das aplicações nanotecnológicas em diversos setores econômicos. O efeito riqueza da tecnologia gera maior arrecadação de impostos, maior oferta de empregos, aumento da renda da sociedade, entre outros benefícios. Em sentido contrário, a decadência de setores econômicos afetados pela obsolescência de produtos causada pela substituição abrupta de tecnologia poderia trazer prejuízos ao Estado como, por exemplo, a redução de impostos e o aumento do desemprego.

Com a integração tecnológica, o processo produtivo das empresas poderia ter um aumento de eficiência, qualidade e velocidade. Estes parâmetros de desempenho poderiam refletir maior produtividade nos setores econômicos mais competitivos, implicando em lucratividade para as empresas. Por outro lado, as empresas menos competitivas sofreriam restrições de entrada na adoção de nanotecnologias, puras ou integradas com outras tecnologias, em virtude dos crescentes patamares de investimento em pesquisa e desenvolvimento. Restariam a elas as opções de mudar de setor econômico, desaparecer por completo, ou aguardar o momento adequado para entrarem na competição.

O indivíduo que possuir maior grau de qualificação educacional e profissional poderá ser beneficiado em função da necessidade de novos postos de trabalho em setores econômicos que incorporarem as novas tecnologias. Já os malefícios deste impacto podem causar ao indivíduo o efeito do desemprego em setores econômicos decadentes e a exposição da saúde aos riscos da utilização de nanotecnologia produtoras de resíduos nocivos.

Os consumidores poderão ser beneficiados com a oferta de produtos mais eficientes, trazendo bem-estar e felicidade. Mas a mesma tecnologia, embutida em novos produtos, poderá trazer riscos à saúde do consumidor.

As ONG's não possuem, aparentemente, malefícios resultantes deste impacto e se apropriariam dos benefícios do reforço de imagem institucional, conforme os efeitos dos impactos anteriores.

d) **Mudanças no modo de produção de produtos comuns**: este impacto poderá resultar em novos processos de produção, com patamares muito elevados

de produtividade, o que por um lado implicaria em significativos benefícios para o grupo de agentes adotantes da nova tecnologia e, por outro lado, amplas possibilidades de exclusão para o grupo de agentes à margem da nova tecnologia. Este impacto modula a concentração de poder e a segregação entre empresas e, sob uma perspectiva mais ampla, entre os países. É um impacto que pode consolidar a nanotecnologia como uma tecnologia revolucionária com potencial de mudança paradigmática.

Deste modo, as universidades e centro tecnológicos poderiam ser amplamente beneficiados pelo maior interesse em pesquisa aplicada, angariando maior interesse pelos próprios membros da comunidade científica e por parte de outros atores como as empresas. No sentido negativo, este ator não sofreria pelo efeito deste impacto.

O Estado seria beneficiado pelo desenvolvimento econômico e seus efeitos sobre a sociedade. No entanto, com a possibilidade de concentração de posse da nanotecnologia em determinados grupos de empresas e entre outros atores, existe o risco de barreiras à disseminação da riqueza gerada para toda a sociedade, acarretando em pressão sobre os sistemas de serviços públicos do Estado. Circunscrito a este risco se encontra a possibilidade de maior assimetria de poder entre os países, que poderia prejudicar as sociedades menos favorecidas⁴⁰.

O ator empresa poderia ser beneficiado com este impacto ao usufruírem do aumento de produtividade e competitividade pela adoção de nanotecnologias. Seriam prejudicadas as empresas que ficarem à margem do efeito de aprimoramento do processo produtivo.

Os consumidores poderiam comprar produtos mais eficientes e mais baratos. No entanto, em função dos elevados custos de desenvolvimento e a retenção do domínio da tecnologia por meio do reclame da propriedade intelectual, os produtos ofertados ao consumidor poderão ter um patamar elevado de preço, causando a exclusão de grupos de consumidores.

O indivíduo poderia receber o benefício de vagas de emprego em setores econômicos que usufruam da expansão de produtividade pelo uso da tecnologia.

⁴⁰ A realidade da elevação dos preços das commodities agrícolas e minerais até pouco tempo atrás tem trazido a perspectiva de desenvolvimento mais intensivo para países historicamente menos favorecidos. Com isso, existe a possibilidade de maior pareamento de poder entre os países. Mas o advento de novas tecnologias poderá manter a assimetria de poder histórica ou reforçá-la.

Todavia, este mesmo emprego poderia ser eliminado das empresas que não acompanhassem o ritmo da competição.

As ONG's permanecem com o benefício dos impactos anteriores.

e) **Impactos nos sistemas de saúde**: este impacto provoca efeito positivo em cada ator considerado, demonstrando o valor da nanotecnologia para a saúde humana e a melhoria da qualidade de vida. Ao mesmo tempo, contribuindo negativamente para a criação de novos riscos à saúde e aumento dos custos de manutenção da vida.

Deste modo, para as universidades e centros tecnológicos o tema da saúde expande a fronteira de potenciais descobertas para a nanotecnologia, tanto no aspecto de aumentar as aplicações em busca de terapias e curas quanto no desenvolvimento de técnicas de prevenção de riscos da própria nanotecnologia. Em sentido contrário, este ator teria que aumentar os investimentos em prevenção de riscos nas atividades operacionais de pesquisas a fim de proteger as equipes de trabalho.

O Estado seria beneficiado pela nanotecnologia na diminuição das despesas de serviço de saúde pública, propiciando direcionamento de verbas para investimento em infra-estrutura da saúde ou para outros fins, além de colher os efeitos indiretos do bem-estar da população que estaria apta mais constantemente para a vida produtiva. No sentido negativo, o Estado poderia ter que investir mais em preparação dos profissionais da saúde, em função do aumento da complexidade dos princípios de aplicações nanotecnológicas, e também na aquisição de equipamentos, técnicas e drogas nanotecnológicas.

As empresas podem ser beneficiadas pelas aplicações nanotecnológicas em saúde pela possibilidade de diminuição do tempo de reabilitação dos funcionários em tratamento e, com isso, a garantia de maior estabilidade nos processos produtivos desempenhados por tais profissionais. O aspecto negativo deste impacto para as empresas poderia ocorrer no aumento dos custos de tratamento de saúde, embora apresente benefícios de qualidade de vida e produtividade, ao contratar sistemas privados que repassem os custos das novas nanotecnologias. As empresas que participam da indústria da saúde poderia ter a imagem institucional prejudicada se os preços cobrados para os demais atores fossem muito além do padrão da tecnologia vigente.

Os indivíduos poderão usufruir dos benefícios na saúde pelo aumento da qualidade de tratamento e velocidade de recuperação, além de prevenção e cura de doenças, repercutindo em outros aspectos da vida pessoal e profissional. O prolongamento da vida é um efeito que poderia ocorrer com o uso das nanotecnologias, interessando a toda sociedade. O lado negativo para o indivíduo poderá ser a exclusão do uso dos novos tratamentos com nanotecnologia, visto que podem ser muito mais caros que os tratamentos convencionais. E outro aspecto negativo é a contaminação por nanopartículas que poderiam ocasionar doenças crônicas ou efeitos cumulativos no organismo, de conseqüências imprevisíveis.

Em função da maior eficácia dos tratamentos de saúde com aplicações nanotecnológicas, o ator consumidor, que utiliza o sistema de saúde privado, pode ter mais qualidade no serviço em função da redução relativa da demanda. Já o aspecto negativo para o consumidor pode ocorrer no aumento dos custos de tratamento da saúde pelo sistema privado.

As ONG's, novamente, teriam o benefício de reforço de imagem institucional. Mas aquelas com motivação na assistência social e de saúde poderiam ser beneficiadas em ganhos operacionais pelas nanotecnologias.

f) **Extração de matéria-prima**: para substituir um determinado paradigma tecno-econômico, a nova tecnologia precisa aprimorar o desempenho dos insumos do modo de produção vigente. A nanotecnologia possui potencial para substituir os atuais insumos dos processos produtivos de diversos setores da economia, com aumento significativo de produtividade. Os princípios físicos que regem a dimensão nanométrica permitem a criação da matéria a partir de processos de sínteses que aflorariam do mundo atômico para o mundo macro. Tal qualidade de aplicação em escala industrial permitiria que as matérias-primas tradicionais tivessem suas fontes naturais substituídas por um processo construtivo artificial, característico da era capitalista. Quando isto acontecesse, praticamente toda a cadeia de valor estaria sob o domínio do poder de ação do homem e sem a dependência do berço da natureza.

Neste contexto, os entrevistados acreditam que as empresas que utilizarem tal nível de nanotecnologia seriam beneficiadas ao deter a fonte de alimentação do processo produtivo, assim evitando parcela dos custos de matéria-prima, de logística de suprimentos, e outros custos de transação, transferindo cada vez mais a

competição para o domínio da demanda. A aceleração da produtividade desde a sua fonte permitirá o crescimento de determinados setores econômicos, mas poderá ao mesmo tempo trazer uma assimetria na competição. O domínio da nanotecnologia extrativa (ou geradora) de matéria-prima poderá ser o fator de desigualdade da competição, alijando muitas empresas das chances de sobreviver no mercado.

Para os consumidores poderá ocorrer a diminuição dos custos de aquisição de produtos e maior prontidão da oferta, pelo encurtamento e melhoria do processo produtivo das empresas. Mas, em momento posterior, se confirmada a tendência de assimetria de competição entre as empresas, o consumidor poderá sofrer a elevação dos custos de aquisição.

Os indivíduos receberiam o benefício da diminuição ou do estancamento dos danos ambientais em locais de extração de matérias-primas para a produção. Isto aconteceria em virtude de que tanto as novas nanotecnologias permitiriam maior eficácia e eficiência na extração de matérias-primas tradicionais, quanto criariam as matérias-primas tradicionais ou novas matérias-primas. Se os processos de extração e geração de matérias-primas nanotecnológicos permitissem a contaminação por resíduos contaminantes e poluentes, o saldo do benefício deste impacto poderia diminuir, ou mesmo inverter.

O Estado receberia os benefícios de maior desenvolvimento econômico das cadeias produtivas que aumentassem o nível de produtividade por meio de nanotecnologias em extração e geração de matérias-primas. Por outro lado, este ator poderia custear a recuperação de eventuais danos ambientais causados pelo aumento da produtividade.

As universidades e centros tecnológicos se beneficiariam pela oportunidade de pesquisas aplicadas na área de extração e geração de insumos. Aparentemente, para este ator, não haveria nenhum malefício.

g) **Novos negócios e produtos**: a razão fundamental para uma empresa desenvolver novas tecnologias é aumentar a capacidade de lançamento de produtos e negócios. Este impacto pode tanto estimular o desenvolvimento econômico quanto ocasionar degradação ambiental.

As universidades e centros tecnológicos seriam positivamente impactados pelos novos negócios e produtos advindos da nanotecnologia ao estimular novas necessidades de pesquisa e desenvolvimento neste mesmo domínio tecnológico. De

outro lado, o aumento da necessidade de fiscalização dos procedimentos laboratoriais e de experimentos poderia ser visto como impacto negativo da nanotecnologia.

As empresas seriam beneficiadas pelo aumento de potencial de lançamento de produtos, aumentando com isso a lucratividade e a competitividade. Para as empresas que buscarem o uso da nanotecnologia, os patamares de investimento em pesquisa e desenvolvimento serão mais elevados que o padrão da maioria dos setores. Isto poderá alijar da competição empresas que tiverem menor porte ou capacidade de investimento.

Os consumidores receberão os benefícios do uso de novos produtos, com maiores vantagens em preço, qualidade e confiabilidade. As novas aplicações dos produtos poderão estimular demasiadamente o consumo, ocasionando recessões por expansão da demanda. O consumidor também poderá ser exposto às partículas nanotecnológicas que detém o potencial de contaminação da saúde e meio-ambiente.

Os indivíduos poderão usufruir de maior oferta de emprego nas cadeias produtivas que aplicarem nanotecnologias em seus novos produtos, além de todos os efeitos positivos da expansão econômica. O sentido inverso deste impacto é a exposição dos cidadãos aos riscos à saúde e ao meio-ambiente.

O Estado recebe os mesmos efeitos, positivos e negativos do item anterior, assim como o ator ONG.

* * *

Embora os resultados apresentem a corroboração de opiniões de especialistas no tema da nanotecnologia, em conjunto com a validação dada por fontes de pesquisa secundária, maior grau de certeza acontecerá durante o avanço mais concreto das trajetórias das nanotecnologias, seja ao garantir maior segurança dos riscos seja ao conhecer o completo uso das aplicações e usos dos produtos derivados.

O relacionamento entre os efeitos positivos e negativos dos impactos para cada um dos atores mostra a complexidade do cenário onde a nanotecnologia se encontra, o que reforça o requisito de considerar dimensões de análise além da tecnológica e econômica.

IMPACTOS	Estado		Laboratórios e Universidades		Empresas	
	+	-	+	-	+	-
Automação de funções - impacto no emprego	Crescimento e Desenvolvimento Economico	Desemprego	Aumento do investimento em pesquisa e de funções técnicas	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Aumento de escala e redução de custos com pessoal e matéria prima	Aumento de investimento em tecnologia
Geração de nanoresíduos (maléficos)	Geração de novas cadeias que tratarão dos resíduos	Aumento de despesas sociais e ambientais	Possibilidade de inovação ilimitada a partir de um problema que necessita de solução	Imagem negativa frente a sociedade; impactos à saúde do cientista	Criação de empresas que trabalharão com a logística reversa e aproveitamento em novas soluções	Custos com gerenciamento dos resíduos e Imagem negativa frente a sociedade
Substituição de e/ou integração com outras tecnológicas	Desenvolvimento econômico, geração de novas cadeias produtivas e de novos empregos	Desaparecimento de cadeias produtivas consolidadas	Oportunidade de integração tecnológica e de inovações	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Oportunidade de diminuir custos de produção e alcançar maiores índices de lucratividade	Investimento pesado para adotar a tecnologia
Mudança no modo de construção, fabricação e montagem de produtos existentes	Desenvolvimento econômico, geração de novas cadeias produtivas e de novos empregos	Concentração de renda, aumento de desemprego, redução de setores; Aumento da fiscalização e regulação; aumento da lacuna entre países adotantes e não adotantes	Novas necessidades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Novos tipos de arranjos produtivos, expansão de mercado e aumento de lucratividade	Alijamento do mercado daquelas que não se adequarem a nova estrutura produtiva; Aumento dos patamares iniciais de investimento (em estrutura e mão-de-obra)
Impactos para a Saúde Pública	Melhorias nos diagnósticos, em soluções de prevenção e tratamento (fármacos, cirurgias, etc); Diminuição com gastos públicos	Aumento de investimento (infra-estrutura e qualificação de profissionais públicos)	Novas necessidades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia	Maior necessidade de investimento em fiscalização dos procedimentos utilizados	Trabalhadores ficam menos tempo afastados por doenças e problemas de saúde	Imagem, por ter sido uma possível causadora dos problemas; investimento para a correção de problemas; aumento de custos com planos de saúde
Extração de Matéria-Prima	Desenvolvimento de novas cadeias produtivas e consequentemente, aumento de emprego; maior preservação de diversas áreas ambientalmente importantes	Danos irreversíveis ao meio-ambiente	Possibilidade de desenvolvimento de novas tecnologias de extração	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Maior eficiência na extração e aquisição insumos, impactando em menores preços de produtos finais e/ou maior lucratividade	Imagem denegrida, por adotarem procedimentos que causem danos irreversíveis ao meio-ambiente
Lançamento de Novos Produtos	Crescimento e Desenvolvimento Economico	Danos irreversíveis ao meio-ambiente	Novas necessidades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia	Maior necessidade de investimento em fiscalização dos procedimentos utilizados	Novos tipos de arranjos produtivos, expansão de mercado e aumento de lucratividade	Investimento pesado para adotar a tecnologia

Quadro 11 - Matriz de Impactos

IMPACTOS	Indivíduo		Consumidores		ONGs	
	+	-	+	-	+	-
Automação de funções - impacto no emprego	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Diminuição de relações pessoais no trabalho e desemprego	Maior oferta e qualidade dos produtos	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Garantia de sua sobrevivência	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>
Geração de nanoresíduos (maléficos)	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Impactos para sua saúde	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Danos à saúde	Garantia de sua sobrevivência	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>
Substituição de e/ou integração com outras tecnológicas	Oportunidades de emprego para trabalhadores qualificados	Perda de vagas em áreas cujo desenvolvimento tecnológico não é tão avançado; malefícios para a saúde	Produtos mais eficientes	Contato somente com produtos com base tecnológica em nano, o que pode trazer malefícios para a saúde	Garantia de sua sobrevivência	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>
Mudança no modo de construção, fabricação e montagem de produtos existentes	Novas vagas de emprego que surgirão nas novas cadeias produtivas	Diminuição do emprego caso a nano leve para a automação.	Produtos mais eficientes	Possibilidade de menor ciclo de vida do produto e diminuição do poder de compra	Garantia de sua sobrevivência	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>
Impactos para a Saúde Pública	Prolongamento da vida	Desenvolver doenças crônicas ou sem cura; potencial exclusão do sistema de saúde	Diminuição do tempo de espera para diagnósticos e tratamentos	Aumento de custos pelo encarecimento dos tratamentos	Garantia de sua sobrevivência	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>
Extração de Matéria-Prima	Maior preservação do meio-ambiente e de sua comunidade	Danos ambientais em sua comunidade	Menores preços de produtos	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>	Garantia de sua sobrevivência	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>
Lançamento de Novos Produtos	Novas vagas de emprego que surgirão nas novas cadeias produtivas	Danos ambientais e danos à saúde	Produtos mais eficientes	Contato somente com produtos com base tecnológica em nano, o que pode trazer malefícios para a saúde	Garantia de sua sobrevivência	<i>Aparentemente, desprovido de impacto relevante</i>

Fonte: dados da pesquisa.

6.2 IMPACTOS SEGUNDO ATOR EMPRESA

As indústrias de países desenvolvidos, como os Estados Unidos e os europeus da zona do Euro, vem intensificando investimentos em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia a montantes cada vez mais significativos. Um exemplo disso são as grandes empresas da indústria farmacêutica que passaram a direcionar mais de 30% do orçamento de P&D para aplicações nanotecnológicas, tais como: a descoberta de novos princípios, novas formas de encapsulamento de medicamentos, novos processos de diagnósticos, novos processos de liberação controlada de drogas, novas linhas terapêuticas, entre outras aplicações. Países asiáticos como Japão, Coreia do Sul e China buscam alcançar patamares semelhantes em setores de tecnologia intensiva.

No Brasil, o número de empresas que iniciou o investimento em P&D para nanotecnologia é ainda muito reduzido em face do estágio de investimento alcançado por empresas em países desenvolvidos. Levantamento realizado em 2008 mostra que no Brasil não passa de 150 empresas a constituírem ações para desenvolvimento ou incorporação de nanotecnologias.

Muitas empresas deste rol pertencem a indústrias que são muito dependentes de tecnologias emergentes como acontecem com os setores farmacêutico e cosmético. E como a nanotecnologia é uma tecnologia emergente e estes setores tomam iniciativas nesta seara, todas as entrevistas realizadas para identificar a opinião de membros da comunidade empresarial sobre os impactos da nanotecnologia foram com participantes desses setores.

Em geral, os cinco representantes das empresas entrevistados conheciam profundamente as potencialidades de aplicações da nanotecnologia, todavia circunscritas apenas ao domínio de atuação profissional que estava vinculado à empresa e ao limite de conhecimento com outras disciplinas que envolvem a nanotecnologia. Por exemplo, um técnico especialista que foi entrevistado demonstrou conhecimento sobre as aplicações da nanotecnologia no aperfeiçoamento do desempenho do processo de liberação de drogas em organismos vivos, mas teve mais cuidados ao abordar técnicas de diagnósticos por meio de nanopartículas metálicas.

Isto demonstra, até certo ponto, que as inovações com nanotecnologia acontecerão de forma fragmentada em virtude da necessidade de conhecimento muito especializado.

Mesmo com a limitada amostra de representantes do ator empresa, as linhas gerais de impactos da nanotecnologia identificadas nestas entrevistas correspondem com as expectativas identificadas entre os especialistas entrevistados na etapa anterior desta pesquisa.

6.2.1 Impacto tecnológico visto por representantes do ator empresa

Os impactos tecnológicos da nanotecnologia são (e serão) significativos na em vários setores industriais, particularmente, na indústria farmacêutica, como atestam os quatro entrevistados deste setor.

As empresas do setor farmacêutico possuem elevado índice de lucratividade, mas apresentam ao mesmo tempo um elevado índice de risco na difusão de produtos com determinado grau de novidade. Isto acontece porque de cada 10 mil moléculas pesquisados apenas duas ou três podem ser consideradas princípios ativos válidos e com eficácia de mercado. O ciclo médio de desenvolvimento é de 10 anos. Então, a elevada lucratividade é frequentemente revertida em elevados gastos em pesquisa e desenvolvimento a fim de manter um funil constante de desenvolvimento. Estudos mostram que o gasto médio para um novo medicamento, de grande potencial de venda, fica em torno de US\$ 500 milhões para as grandes empresas (FINEP, 2003).

A nanotecnologia poderá diminuir os riscos de desenvolvimento de produto ao auxiliar a mudança do paradigma da indústria farmacêutica de um processo de tentativa e erro para um processo planejado e focado em usos específicos do novo princípio ativo. A particularização do tratamento, ao enquadrar o medicamento cada vez mais em ações específicas e sem efeitos colaterais, e a sua personalização, ao permitir que as constituições genéticas e fisiológicas de cada paciente sejam devidamente consideradas, são benefícios esperados da nanotecnologia que motivam a pesquisa nesta indústria.

As pesquisas podem ser divididas em dois tipos: as científicas e as tecnológicas. As científicas buscam novos compostos, sejam eles sintéticos, vegetais ou animais, que consigam gerar novas drogas. Mesmo com o enorme avanço da biotecnologia, a

química fina, que trabalha as técnicas tradicionais – estudo, desenvolvimento e síntese de substâncias a partir de moléculas – continua sendo um campo farto e inesgotável para a descoberta de princípios ativos. Com a nanotecnologia, o processo de sintetização molecular poderá ganhar maior disponibilidade de arranjos, maior precisão, e maior velocidade de comprovação de ação em estudos pré-clínicos.

As pesquisas tecnológicas vêm buscando novas formas de administração e absorção, e maior tempo de ação do fármaco no organismo, procurando formas que potencializem e restrinjam a ação do medicamento em um exato ponto do organismo, para aumentar as chances de ação efetiva e reduzir os efeitos colaterais. As primeiras descobertas da nanotecnologia vêm ocorrendo dentro das pesquisas tecnológicas.

Neste setor, as aplicações se desdobram nas categorias de controle de processo de ação medicamentosa, na amplitude da terapêutica por meio de drogas sintéticas, no aprimoramento de sistemas ativos de cura e desinfecção, na amplitude e eficácia de diagnósticos externos (equipamentos e técnicas) e internos (*in vivo*), em novos processos de síntese de produção, em novas técnicas de controle dimensional de processo produtivo, entre outros.

Já o setor cosmético, no Brasil, apresenta apenas duas empresas em condições de estruturar a nanotecnologia para ser incorporada em novos produtos. Uma representante dessas empresas atestou na pesquisa que a nanotecnologia oferece uma série de benefícios tecnológicos como: o aumento da produtividade do processo de liberação do princípio ativo cosmético sobre a epiderme humana, o aumento da eficácia dos efeitos cosméticos sobre a superfície da epiderme humana, o aumento da desaceleração do envelhecimento da epiderme humana, o aumento de eficiência e eficácia da proteção solar dada pela ação cosmética, a combinação de propriedades funcionais no produto cosmético (além da manutenção da qualidade da epiderme, o cosmético poderá alterar a própria cor de acordo com alterações de indicadores do meio-ambiente como a temperatura), entre outros impactos.

Além dos impactos tecnológicos específicos dessas indústrias, impactos de maior amplitude foram indiretamente mencionados, tais como: soluções ilimitadas; integração tecnológica; novos procedimentos; criação de novas matérias-primas; e diminuição do tempo de desenvolvimento de produto.

6.2.2 Impacto econômico visto por representantes do ator empresa

Assim como os impactos tecnológicos, os impactos econômicos da nanotecnologia identificados por representantes dos setores cosmético e farmacêutico corroboram as expectativas de especialistas da etapa anterior da pesquisa. Para ambos os setores industriais, os entrevistados vislumbram que a nanotecnologia trará uma perspectiva de economia de princípio ativo por unidade de produto, possibilitará o desenvolvimento mais rápido e eficiente de novos produtos, permitirá a criação de postos de trabalho para profissionais com nível elevado de formação educacional (doutores e mestres), aumentará a concorrência entre as empresas dos respectivos setores, elevará os patamares do montante de investimento inicial para Pesquisa e Desenvolvimento, poderá eliminar algumas empresas do setor por incapacidade ou restrições na incorporação da nanotecnologia, novos processos poderão ser desenvolvidos visando aumento de produtividade, entre outros impactos.

6.2.3 Impactos social e ambiental vistos por representantes do ator empresa

Estes impactos foram unidos nesta seção em virtude de que nenhum dos entrevistados identificou impacto social ou ambiental para o caso da nanotecnologia, tanto no sentido positivo quanto no sentido negativo. As razões apontadas pelos entrevistados para isso foram: desconhecimento sobre o assunto, a impossibilidade de antecipar eventos providos de excessiva incerteza (visto que, à época das entrevistas, todos os potenciais produtos se encontravam em estágios iniciais ou intermediários de desenvolvimento), e receio de emitir opinião que pudesse comprometer a trajetória de inovação da empresa.

Ao contrário dos especialistas da etapa anterior da pesquisa, os entrevistados destes setores industriais não possuem opinião constituída sobre impactos nas dimensões social e ambiental ou não possuem ainda condições de emití-las. Em geral, a incorporação de preocupações ambientais e sociais no desenvolvimento de novas tecnologias é relativamente recente nos processos das empresas nacionais, o que resulta em exclusão desses impactos na trajetória de inovação dos novos produtos.

A mais plausível conclusão até este ponto é que os investimentos iniciais em nanotecnologia, estimados por essas empresas, poderão ter os seus valores

significativamente modificados para cima em razão da exclusão dos impactos sociais e ambientais. Outros tipos de interessados (atores como sindicatos, ONG's, entre outros) em projetos de inovação tecnológica, além dos tradicionais (funcionários, clientes, fornecedores, e governo), possuem papel cada vez mais relevantes na influência sobre decisões empresariais. Isto leva à incorporação de pontos de checagem mais robustos ao longo do processo de desenvolvimento de uma nova tecnologia ou produto.

6.3 IMPACTOS DA NANOTECNOLOGIA SEGUNDO A REDE DE NANOBIOTECNOLOGIA

Nesta seção, são apresentados os resultados da pesquisa descritiva colhida entre respondentes do ator universidade e centro tecnológico que pertencem à rede de Nanobiotecnologia.

Os resultados são apresentados de acordo com as seguintes dimensões do modelo multidimensional: tecnológica, econômica, social e ambiental. Além disso, são apresentados os resultados que confirmam linhas gerais para a estruturação de um modo de regulação para a nanotecnologia. Também são apresentadas os impactos sobre os atores e a importância relativa entre as dimensões do modelo.

O grau de concordância dos respondentes para com as afirmativas do questionário da pesquisa descritiva foi descrito pelas análises das médias (μ) e dos desvios-padrões⁴¹ (σ) das respostas de todas as variáveis das dimensões de impacto da nanotecnologia. Isto resultou em graus distintos de concordância entre variáveis da mesma dimensão de impacto e entre as dimensões do modelo.

6.3.1 Dimensão tecnológica

A tecnologia representa a dimensão mais diretamente relacionada com a descoberta científica em nanotecnologia, visto que a ciência aplicada transforma idéias em novas técnicas, procedimentos e parâmetros de desempenho (tabela 2).

⁴¹ O desvio-padrão é uma medida estatística de dispersão que reflete quanto os resultados se aproximam da média. A referência adequada para um desvio-padrão satisfatório é um valor menor ou igual a 1 (Malhotra, 1993).

Deste modo, tem-se que 63,8% dos pesquisadores da amostra da rede de Nanobiotecnologia concordam de alguma maneira que a nanotecnologia possa oferecer soluções ilimitadas para resolver muitos problemas da sociedade ($u = 2,60$; $s = 0,89$)⁴².

Aproximadamente 90% dos entrevistados acreditam que a nanotecnologia oportuniza a integração tecnológica em nível nunca antes imaginado ($u = 3,50$; $s = 0,68$), e que 100% acreditam que a pesquisa em nanotecnologia abra novas fronteiras do conhecimento ($u = 3,90$; $s = 0,31$). Este resultado reflete o entusiasmo do ator acadêmico com a potencialidade revolucionária da nanotecnologia.

Em relação à estrutura de trabalho de pesquisadores que trabalham e trabalharão com nanotecnologia, 91% dos entrevistados acreditam na necessidade de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos ($u = 3,36$; $s = 0,70$). Isto reflete a mudança significativa da precisão instrumental em função da brusca mudança do patamar dimensional desta nova tecnologia.

Aproximadamente 93% dos entrevistados acreditam que a nanotecnologia é caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria ($u = 3,19$; $s = 0,61$), confirmando a potencialidade dessa tecnologia influenciar as relações econômicas de muitos setores industriais, diminuindo a dependência de produtores de matérias-primas minerais e naturais (petróleo).

A nanotecnologia poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto ($u = 2,93$; $s = 0,70$) para 75,4% dos entrevistados, condição que possibilita o surgimento de um fluxo de inovações cada vez mais acelerado, modificando com isso a realidade econômica, social e ambiental da sociedade.

⁴² O símbolo μ representa a média das respostas e o símbolo s representa o desvio-padrão das respostas.

Tabela 2-Freqüência das Respostas sobre Impacto Tecnológico da Nanotecnologia

Impactos	<i>discordo totalmente</i>	<i>discordo</i>	<i>concordo</i>	<i>concordo totalmente</i>
	Percentual Válido (%)			
Oferece soluções ilimitadas para resolver muitos dos problemas da sociedade.	15,5	20,7	51,7	12,1
Oportuniza a integração tecnológica em nível não antes imaginado	0	10,5	28,1	61,4
Possibilita que a pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento	0	0	10,5	89,5
Exige a criação de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos	1,8	7,1	44,6	46,4
Caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria	1,8	5,4	64,3	28,6
Poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto	1,8	22,8	56,1	19,3

Fonte: dados da pesquisa.

Ao considerar que existe uma parcela de quase 35% dos pesquisadores que discorda de alguma maneira sobre as potencialidades ilimitadas da nanotecnologia, pode-se considerar que existe uma clivagem quanto ao aspecto somente revolucionário da mesma e que o otimismo que permeia a comunidade científica não é tão unilateral.

Outro aspecto relevante da nanotecnologia confirmado por quase 90% dos respondentes é a alta capacidade de integração com outras tecnologias, demonstrando a expectativa de incorporar-se a uma alta parcela de produtos a serem lançados no futuro. No mesmo sentido 100% dos pesquisadores concordam com a possibilidade de novas descobertas científicas acontecerem em novas áreas por conta do conhecimento e aplicações gerados com a nanotecnologia.

Em relação ao impacto da nanotecnologia sobre o processo de desenvolvimento de produtos, aproximadamente 24% dos pesquisadores acreditam que o tempo de lançamento não será encurtado. Isto demonstra um leve grau de incerteza de como a transformação das aplicações tecnológicas se dará para o formato de produtos.

Já a análise do desvio-padrão mostra que existe uma dispersão leve nos valores das respostas para a maioria das questões da dimensão tecnológica, o que evidencia certo consenso na comunidade acadêmica quanto às potencialidades da nanotecnologia. Observa-se que a menor dispersão ocorreu por conta do potencial da nanotecnologia para abrir novas fronteiras do conhecimento, o que corrobora a elevada expectativa da comunidade científica ($s=0,31$).

O quadro 12, a seguir, sumariza os impactos tecnológicos e o grau de concordância das respostas dos atores universidade e centro tecnológico. O símbolo X

significa que o impacto está vinculado à coluna do critério (por exemplo, o impacto de que a nanotecnologia oferece soluções ilimitadas para resolver muitos problemas da sociedade tem concordância acima de 50% das respostas).

Nesta dimensão, a pesquisa descritiva confirma que o ator universidade e centro tecnológico concordam em mais de 50% com as sentenças afirmativas em todos os tipos de impacto tecnológico.

Impacto Tecnológico	Resumo de confirmação da afirmação	
	Concordância com mais de 50% das respostas	Concordância com menos de 50% das resposta
1. A nanotecnologia oferece soluções ilimitadas para resolver muitos dos problemas da sociedade.	X	-
2. A nanotecnologia oportuniza a integração tecnológica em nível não antes imaginado.	X	-
3. A nanotecnologia possibilita que a pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento.	X	-
4. A nanotecnologia exige a criação de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos.	X	-
5. A nanotecnologia é o caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria.	X	-
7. A nanotecnologia poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto.	X	-

Quadro 12 – Sumário de concordância dos impactos tecnológicos

Fonte: dados da pesquisa.

6.3.2 Dimensão Econômica

Não necessariamente o impacto econômico sucede o impacto tecnológico quando surge uma tecnologia que revoluciona o paradigma tecno-econômico reinante, mas nos estudos dos últimos cinco ciclos essa tem sido a tônica. E, geralmente, a comunidade científica compreende os impactos econômicos com certa significância, porém com menor robustez que os impactos tecnológicos (tabela 3).

Aproximadamente 98% dos pesquisadores concordam que a nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias ($u=3,64$; $s=0,51$), o que denota uma importância relativa muito alta da nanotecnologia em ocasionar impactos econômicos significativos na própria dimensão econômica e também em outras dimensões.

A nanotecnologia exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados ($u=3,67$; $s=0,47$) para 100% dos entrevistados, demonstrando a

necessidade de conhecimentos mais específicos em relação ao tema e uma maior dependência dos atores econômicos por mão-de-obra mais qualificada. Em entrevistas qualitativas, a referida mão-de-obra é de cunho técnico e não operacional, ou seja, os funcionários que cuidam do processo produtivo em atividades rotineiras não serão afetados, mas as funções técnicas deverão necessariamente deter o conhecimento em nanotecnologia.

O item seguinte apura a necessidade de aumento de investimentos em pesquisa e desenvolvimento por parte das empresas ($u=3,65$; $s=0,51$) e aproximadamente 98% dos entrevistados concordam com isso. Tais investimentos estão relacionados às novas exigências de mão-de-obra e de novos equipamentos e instrumentos de precisão.

A maioria dos entrevistados, 80%, concorda que a nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia ($u=3$; $s=0,63$). A crença de que uma nova tecnologia vem incondicionalmente para auxiliar a humanidade é muito forte entre os atores da comunidade acadêmica, o que permite vincular a expectativa de criação de emprego pelo surgimento da nanotecnologia. A produtividade é uma medida de eficiência econômica, cuja orientação prescreve a redução dos valores do denominador da sua equação, que por sua vez agrega o fator de produção mão-de-obra. Deste modo, o ator empresarial tem justificado ao longo das últimas décadas o emprego da tecnologia no sentido de reduzir cada vez mais os valores do composto de fatores de produção do índice de produtividade. E a mão-de-obra é um deles. Então, se conclui que não necessariamente uma nova tecnologia vem trazer aumento emprego. Ao contrário, possibilita sua redução. A parcela de 20% dos entrevistados não concorda que a nanotecnologia trará aumento do índice de emprego (não se pode inferir por esta afirmativa se trará redução ou estabilizará o índice de emprego).

Com menor grau de certeza relativo às questões anteriores, 63,7% dos pesquisadores acreditam que a nanotecnologia poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria ($u=2,78$; $s=0,78$). Isto mostra que a relação dos atores da dimensão tecnológica com os atores econômicos vem se estreitando em vista da percepção de que as pesquisas em nanotecnologia buscam matérias-primas de menor custo.

A substituição de insumos é uma das fortes características da instalação de um novo paradigma tecno-econômico, o que poderá acontecer com a nanotecnologia, porém a escala ilimitada de produção é considerada improvável para 61,8% dos entrevistados.

Apenas 42,6% dos entrevistados concordam que a nanotecnologia poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção de problemas ocasionados por nanoresíduos ($u=2,48$; $s=0,81$).

A minoria dos entrevistados, 38,2%, concordam que a nanotecnologia oferecerá a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo ($u=2,27$; $s=0,85$).

Tabela 3 - Frequência das Respostas do Impacto Econômico da Nanotecnologia

Impactos	<i>discordo totalmente</i>	<i>discordo</i>	<i>concordo</i>	<i>concordo totalmente</i>
	Percentual Válido (%)			
Proporcionará o surgimento de novas indústrias.	0	1,8	31,6	66,7
Poderá aumentar o nível de emprego na economia.	0	20	60	20
Exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados.	0	0	32,8	67,2
Poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas .	34,5	41,4	22,4	1,7
Poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção a problemas ocasionados por nanoresíduos.	7,4	50	29,6	13
Poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria.	3,6	32,7	45,5	18,2
Oferece a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo.	18,2	43,6	30,9	7,3
Obriga o aumento de investimentos em pesquisa e desenvolvimento por parte das empresas	0	1,7	31	67,2
Poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde.	29,1	49,1	16,4	5,5
As despesas com o tratamento de resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras	28,3	50,9	18,9	1,9
Os produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos.	14,8	53,7	27,8	3,7
Será fator de exclusão para a população de baixa renda.	35,2	48,1	13	3,7

Fonte: dados da pesquisa.

Dos pesquisadores entrevistados, 83,3% discordam que a nanotecnologia será fator de exclusão para a população de baixa renda ($u=1,85$; $s=0,79$). Isto é, a maioria dos pesquisadores considera que a nanotecnologia é uma tecnologia puramente benéfica, sem efeitos negativos sobre as dimensões econômica e social. Observa-se nisto um viés positivo por parte da comunidade acadêmica.

Os produtos nanotecnológicos não serão mais caros do que outros produtos ($u=2,20$; $s=0,73$) para 68,5% dos entrevistados.

Dos entrevistados, 75,9% discordam que a nanotecnologia poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas ($u=1,91$; $s=0,80$).

Além disso, 57,4% dos entrevistados discordam que as despesas com o tratamento de prevenção a resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras tecnologias ($u=1,94$; $s=0,74$). Neste sentido também, a recuperação de ambientes contaminados por resíduos nanotecnológicos não apresentará gastos maiores do que a recuperação pela contaminação dos atuais resíduos, como acreditam 80% dos pesquisadores. Isto demonstra uma certeza que o poder poluente da nanotecnologia terá o mesmo patamar que as atuais tecnologias envolvidas nos resíduos. Pode-se concluir que existe uma tendência positiva com a nanotecnologia por parte da comunidade científica em relação ao seu potencial poluente, tendo em vista que ainda não se está consolidado o conhecimento sobre o poder contaminante da nanotecnologia e os custos e o escopo de atuação das atuais técnicas de recuperação de resíduos nanotecnológicos.

Em relação à economia da saúde, 78,2% discordam que a nanotecnologia poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde ($u=1,98$; $s=0,83$). No entanto, remédios contendo alta tecnologia e diagnósticos mais sofisticados possuem normalmente patamares mais altos de preços, impactando tanto na saúde pública quanto no aparato médico privado.

O quadro 13, a seguir, sumariza os impactos econômicos e o grau de concordância das respostas dos atores universidade e centro tecnológico.

Nesta dimensão, a pesquisa descritiva confirma que o ator universidade e centro tecnológico concordam em mais de 50% com as sentenças afirmativas de 5 dos impactos econômicos e concordam com menos de 50% com as sentenças afirmativas de 7 dos impactos econômicos.

Impacto Econômico	Resumo de confirmação da afirmação	
	Concordância com mais de 50% das respostas	Concordância com menos de 50% das respostas
1. A nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias.	X	-
2. A nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia.	X	-
3. A nanotecnologia exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados.	X	-
4. A nanotecnologia poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas.	-	X
5. A nanotecnologia poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção a problemas ocasionados por nanoresíduos.	-	X
6. A nanotecnologia poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria.	X	-
7. A nanotecnologia oferece a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo.	-	X
8. A nanotecnologia obriga o aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento por parte das empresas.	X	-
9. A nanotecnologia poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde.	-	X
10. As despesas com o tratamento de resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras tecnologias.	-	X
11. Os produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos.	-	X
12. A nanotecnologia será fator de exclusão para a população de baixa renda.	-	X

Quadro 13 - Sumário de concordância dos impactos econômicos

Fonte: dados da pesquisa.

6.3.3 Dimensão Ambiental

O desenvolvimento econômico proporcionado pela nanotecnologia poderá implicar em impactos severos ao meio-ambiente, muito em função dos riscos envolvidos com lançamento de novos produtos, que podem ser testados da mesma forma que produtos com tecnologia anteriores sem a garantia de que seus resíduos tenham uma assimilação inócua pelas cadeias biológicas (tabela 4).

Contudo, a nanotecnologia poderá alterar esta condição, pois sob um ponto de vista positivo a média dos pesquisadores acreditam que a mesma poderá auxiliar na diminuição da poluição em geral ($u=2,88$; $s=0,74$). Além disso, 82,2% dos entrevistados discordam que a nanotecnologia seja poluente para o homem e para o meio-ambiente ($u=1,79$; $s=0,73$).

Dos entrevistados, 60,7% discordam que a nanotecnologia aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores ($u=2,25$; $s=0,88$). Isto acontece muito em função de que a nanotecnologia se escora em aspectos benéficos e, por isso, não ocasiona qualquer dilema moral à consciência ética dos pesquisadores.

Tabela 4 - Frequência das Respostas sobre Impactos Ambientais da Nanotecnologia

Impactos	<i>discordo totalmente</i>	<i>discordo</i>	<i>concordo</i>	<i>concordo totalmente</i>
	Percentual Válido (%)			
Auxiliará na diminuição da poluição em geral.	3,6	23,2	55,4	17,9
É poluente para o homem e para o meio-ambiente	39,3	42,9	17,9	0
Aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores	21,4	39,3	32,1	7,1

Fonte: dados da pesquisa.

Mesmo assim, a nanotecnologia é vista como instrumento para redução da poluição atmosférica, das águas e da terra, como concordam aproximadamente 74% dos pesquisadores.

O quadro 14, a seguir, sumariza os impactos ambientais e o grau de concordância das respostas dos atores universidade e centro tecnológico.

Nesta dimensão, a pesquisa descritiva confirma que o ator universidade e centro tecnológico concordam em mais de 50% com as sentenças afirmativas de 1 dos impactos ambientais e concordam com menos de 50% com as sentenças afirmativas de 2 dos impactos ambientais.

Impacto Ambiental	Resumo de confirmação da afirmação	
	Concordância com mais de 50% das respostas	Concordância com menos de 50% das respostas
1. A nanotecnologia auxiliará na diminuição da poluição em geral.	X	-
2. A nanotecnologia é poluente para o homem e para o meio-ambiente	-	X
3. A nanotecnologia aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores.	-	X

Quadro 14 - Sumário de concordância dos impactos ambientais

Fonte: dados da pesquisa.

6.3.4 Dimensão Social

O impacto social recebe influências dos demais impactos, tanto sob a forma negativa quanto da forma positiva (tabela 5). Assim os pesquisadores da amostra acreditam em média que a nanotecnologia poderá melhorar a qualidade de vida da população ($u=3,58$; $s=0,56$) e que poderá prolongar a vida humana ($u=3,13$; $s=0,69$).

Mas 83,6% discordam que, atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população ($u=1,69$; $s=0,89$). E ainda 76,3% discordam que a nanotecnologia poderá causar danos à saúde humana ($u=2,02$; $s=0,68$), ignorando potenciais riscos dos nanoresíduos.

Tabela 5 - Frequências das Respostas sobre Impactos Sociais da Nanotecnologia

Impactos	<i>discordo totalmente</i>	<i>discordo</i>	<i>concordo</i>	<i>concordo totalmente</i>
	Percentual Válido (%)			
Poderá melhorar a qualidade de vida da população.	0	3,5	35,1	61,4
Atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população	50,9	32,7	12,7	3,6
Poderá prolongar a vida humana.	0	18,2	50,9	30,9
Poderá causar danos à saúde humana.	21,8	54,5	23,6	0

Fonte: dados da pesquisa.

A certeza de que a nanotecnologia trará claros benefícios à população é confirmada pela alta média das respostas e pelo desvio-padrão pouco disperso ($s=0,56$). Os pesquisadores depositam um alto grau de expectativa na revolução nanotecnológica, refletindo o papel transformador das descobertas científicas na sociedade.

Isto é confirmado por quase 97% dos respondentes acreditarem que a nanotecnologia aprimorará os meios de vida da população e que aproximadamente 84% concordarem que a vida humana será estendida em função dos benefícios das aplicações nanotecnológicas.

O quadro 15, a seguir, sumariza os impactos sociais e o grau de concordância das respostas dos atores universidade e centro tecnológico.

Nesta dimensão, a pesquisa descritiva confirma que o ator universidade e centro tecnológico concordam em mais de 50% com as sentenças afirmativas de 2 dos

impactos sociais e concordam com menos de 50% com as sentenças afirmativas de 2 dos impactos sociais.

Impacto Social	Resumo de confirmação da afirmação	
	Concordância com mais de 50% das respostas	Concordância com menos de 50% das resposta
1. A nanotecnologia poderá melhorar a qualidade de vida da população.	X	-
2. Atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população	-	X
3. A nanotecnologia poderá prolongar a vida humana.	X	
4. A nanotecnologia poderá causar danos à saúde humana.		X

Quadro 15 - Sumário de concordância dos impactos sociais

Fonte: dados da pesquisa.

6.3.5 Diretrizes para um marco regulatório

A conjunção dos efeitos dos impactos das demais dimensões poderá constituir modos de regulação, portando um caráter limitante na trajetória de desenvolvimento da nova tecnologia por meio de leis e normas. A tabela 6 apresenta os resultados.

Assim, 96,5% dos pesquisadores concordam que as leis e normas devem prevenir potenciais impactos negativos da nanotecnologia ($u=3,37$; $s=0,85$). E 81,8% dos entrevistados concordam que a normatização de conduta ética dos pesquisadores deve ser mais rigorosa com a nanotecnologia. ($u=2,54$; $s=1,00$). Isto pode expressar o receio da comunidade acadêmico quanto ao mau uso das enormes potencialidades da nanotecnologia.

No entanto, 76,3% discordam que a normatização de procedimentos laboratoriais e de cuidado com a saúde dos pesquisadores deva ser mais rigorosa com a nanotecnologia. ($u=2,66$; $s=0,95$). No outro extremo se tem que 23,7% dos respondentes concordam com maior rigor de controle sobre a nanotecnologia durante a manipulação por parte de funcionários de laboratórios em razão de prevenir impactos na saúde. Isto demonstra certa preocupação com a capacidade de contaminação da nanotecnologia, sendo semelhante proporção dos que concordam que a

nanotecnologia poderia poluir a cadeia biológica (17,9%) e causar danos à saúde humana (23,6%).

Quanto ao efeito da regulação sobre a dimensão econômica da nanotecnologia, 83,6% dos entrevistados discordam que uma regulação específica poderá frear investimentos privados em nanotecnologia. ($u=2,43$; $s=0,91$).

Tabela 6 - Frequências das Respostas sobre Regulação em Nanotecnologia

Impactos	<i>discordo totalmente</i>	<i>discordo</i>	<i>concordo</i>	<i>concordo totalmente</i>
	Percentual Válido (%)			
As leis e normas devem prevenir potenciais impactos negativos da nanotecnologia.	0	3,5	35,1	61,4
A regulação específica poderá frear investimentos privados em nanotecnologia.	50,9	32,7	12,7	3,6
A normatização de conduta ética dos pesquisadores deve ser mais rigorosa com a nanotecnologia.	0	18,2	50,9	30,9
A normatização de procedimentos laboratoriais e de cuidado com a saúde dos pesquisadores deve ser mais rigorosa com a nanotecnologia.	21,8	54,5	23,6	0

Fonte: dados da pesquisa.

6.3.6 Impacto sobre os atores

Durante o processo de instalação de um novo paradigma tecno-econômico, vários atores exercem e recebem influências do processo de inovação tecnológica (tabela 7). Questionados se a nanotecnologia impactará negativamente sobre tais atores, a média dos pesquisadores discorda fortemente que isso ocorra para a comunidade científica ($u=1,12$, $s=0,37$), a indústria e suas empresas ($u=1,26$; $s=0,57$), a população ($u=1,19$; $s=0,40$), os consumidores ($u=1,19$; $s=0,40$), os governos ($u=1,20$; $s=0,40$) e as organizações não-governamentais (ONG's) ($u=1,50$; $s=0,77$).

Tabela 7 - Frequências dos Impactos sobre os Atores da Nanotecnologia

Impactos	<i>discordo totalmente</i>	<i>discordo</i>	<i>concordo</i>	<i>concordo totalmente</i>
	Percentual Válido (%)			
Impactará negativamente sobre a comunidade científica	89,7	8,6	1,7	0
Impactará negativamente sobre a indústria e suas empresas.	79,3	17,2	1,7	1,7
Impactará negativamente sobre a população.	81	19	0	0
Impactará negativamente sobre os consumidores.	80,7	19,3	0	0
Impactará negativamente sobre os governos do que positivamente.	80,4	19,6	0	0
Impactará negativamente sobre as organizações não-governamentais	64,8	22,2	11,1	1,9

Fonte: dados da pesquisa.

Em quase todas as questões a respeito de impactos sobre os atores existe uma concordância média de aproximadamente 97% de que a nanotecnologia não impactará negativamente todos os atores relacionados para o cenário de desenvolvimento da nanotecnologia. Isto reflete uma noção positiva da nanotecnologia por parte da comunidade científica.

O ator que suscitou maior concordância quanto a ser impactado negativamente pela nanotecnologia foram as Organizações Não-Governamentais com 13% das respostas. Isto pode refletir certo temor da comunidade científica quanto a ações de grupos heterogêneos como as ONG's em razão de experiências de desenvolvimento tecnológicos anteriores como foi a repercussão com os Alimentos Geneticamente Modificados.

6.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO

A nanotecnologia poderá se enquadrar na definição de tecnologia de propósito geral porque carrega a potencialidade de permear diversos setores econômicos, causando impactos em pelo menos quatro dimensões de análise, segundo os entrevistados nas três fases da pesquisa.

No entanto, como a nanotecnologia está em fase incipiente de desenvolvimento para a maioria das indústrias, existe o risco de um revés para esta previsão. Mesmo assim, a capacidade de transformação da nanotecnologia é tão significativa da perspectiva de alteração das propriedades físico-químicas dos materiais que o coletivo dos benefícios esperados a torna elemento fundamental e inexorável de mudanças na sociedade atual.

O quadro 16, a seguir, sintetiza os resultados das fases anteriores da pesquisa mostrando a aderência de opinião dos entrevistados para cada potencial impacto da nanotecnologia.

Dimensões do Modelo	Temas dos impactos	Fonte(o que já se sabe na literatura)	Codificação do impacto	PESQUISA DE CAMPO			ANÁLISE		
				Impacto	PESQUISA EXPLORATÓRIA E DESCRITIVA		RESULTADOS EM PORCENTAGEM POR DIMENSÃO		Síntese dos Resultados das Dimensões na Visão de 2 Atores
					Empresas	Universidade e Centro Tecnológico	Empresas	Universidade e Centro Tecnológico	
Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> diversidade das aplicações tecnológicas avanço do conhecimento necessário grau de qualificação dos profissionais traços de cenários futuros 	<ul style="list-style-type: none"> European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Nanoforum (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Wood, Jones and Geldart (2003) 	1	nanotecnologia possa oferecer soluções ilimitadas	M	M	100% dos impactos reconhecidos com mais de 50% das respostas	100% dos impactos reconhecidos com mais de 50% das respostas	Existe unanimidade quanto aos impactos da nanotecnologia
			2	oportuniza a integração tecnológica em nível nunca antes imaginado	M	M			
			3	necessidade de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de	M	M			
			4	pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento	M	M			
			5	criação de novas matérias-primas para a indústria	M	M			
			6	poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto	M	M			
Econômica	<ul style="list-style-type: none"> nível de desenvolvimento econômico mão-de-obra necessária patamar de lucratividade médio otimização do aproveitamento dos insumos custo de vida preços médios dos novos produtos distribuição de renda 	<ul style="list-style-type: none"> European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Nanoforum (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); Wood, Jones and Geldart (2003) ETC Group (2004) Anton, Silbergliitt and Schneider (2001) 	1	nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias	M	M	<ul style="list-style-type: none"> 17% dos impactos são reconhecidos com mais de 50% das respostas 17% dos impactos são reconhecidos com menos de 50% das respostas 67% dos impactos não são reconhecidos nas respostas 	<ul style="list-style-type: none"> 58% dos impactos são reconhecidos com mais de 50% das respostas 42% dos impactos são reconhecidos com menos de 50% das respostas 0% dos impactos não são reconhecidos nas respostas 	O ator empresa reconhece menos do que o ator universidade e centro tecnológico os impactos da dimensão econômica;
			2	nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia	-	M			
			3	exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados	M	M			
			4	causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas	-	m			
			5	aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção de problemas ocasionados por	-	m			
			6	oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria	-	M			
			7	oferecerá a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo	-	m			
			8	aumento de investimentos em pesquisa e desenvolvimento por parte das empresas	m	M			
			9	aumentar os gastos da população com planos de saúde	-	m			
			10	as despesas com o tratamento de prevenção a resíduos nanotecnológicos serão maiores	-	m			
			11	produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos	m	m			
			12	fator de exclusão para a população de baixa renda	-	m			
Ambiental	poluição	<ul style="list-style-type: none"> European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Greenpeace Environmental 	1	auxiliar na diminuição da poluição em geral	-	M	100% dos impactos não são reconhecidos nas respostas	reconhecidos com mais de 50% das respostas	O ator empresa não reconhece os impactos da dimensão ambiental, enquanto o ator universidade e centro tecnológico os
			2	nanotecnologia seja poluente para o homem e para o meio-ambiente	-	m			
			3	aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores	-	m			
Social	<ul style="list-style-type: none"> bem-estar saúde humana 	<ul style="list-style-type: none"> European Commission (2004); Meridian Institute (2005); Royal Society/Royal Academy of Engineering (2004); Nanoforum (2004); Greenpeace Environmental Trust (2003); 	1	poderá melhorar a qualidade de vida da população	-	M	100% dos impactos não são reconhecidos nas respostas	50% dos impactos são reconhecidos com mais de 50% das respostas	O ator empresa não reconhece os impactos da dimensão ambiental, enquanto o ator universidade e centro tecnológico os reconhecem significativamente.
			2	possui uma imagem negativa pela população	-	m			
			3	vida humana será estendida	-	M			
			4	poderá causar danos à saúde humana	-	m			

Quadro 16 - Síntese dos resultados dos impactos nas quatro dimensões na visão dos atores universidade e centro tecnológico e empresa

Fonte: dados da pesquisa

Considerando os 25 potenciais impactos da nanotecnologia das quatro dimensões de análise, ocorreu maior taxa de reconhecimento dos impactos das dimensões tecnológica e econômica por parte dos atores universidade e centro tecnológico e empresa, demonstrando um “apego” a um paradigma tecno-econômico de uma nova tecnologia, principalmente do primeiro ator.

Para os impactos das dimensões social e ambiental, o ator empresa não reconhece nenhum impacto, enquanto o ator universidade e centro tecnológico reconhecem parcelas de tais impactos.

Existe forte equivalência de opiniões entre os dois atores para impactos nas dimensões tecnológicas. Na dimensão econômica, a equivalência de opiniões entre os atores é parcial. E nas dimensões social e ambiental não existe qualquer equivalência de opinião entre os atores.

Entretanto, vale ressaltar que o tipo de pesquisa de campo influencia nos resultados, visto que se usou um tipo de pesquisa para cada tipo de ator. Além disso, valem duas limitações, mencionadas anteriormente no método: 1) os representantes do ator universidade e centro tecnológico são demasiadamente otimistas quanto ao desempenho das aplicações nanotecnológicas; e 2) que a amostra do ator empresa não é significativa a ponto de se traçar generalizações e comparações consistentes.

Mesmo com tais limitações, os resultados mostram que os impactos identificados nas pesquisas de campo estão em consonância com as observações da literatura em relação à nanotecnologia. Isto contribui para que o modelo multidimensional de análise de impacto de uma nova tecnologia trace um cenário do momento inicial de desenvolvimento de tal tecnologia. Funcional como uma estrutura prospectiva, de significado objetivo.

Para aproveitar melhor os resultados da pesquisa, o próximo capítulo apresenta as análises por trás do modelo multidimensional de análise de impacto de uma nova tecnologia que foi proposto no capítulo 3.

7 ANÁLISE

Este capítulo analisa os resultados da pesquisa de campo à luz dos elementos do modelo multidimensional de análise de impacto de uma nova tecnologia para o caso da nanotecnologia.

Discute-se a adequação do caso aos pressupostos do modelo, às dimensões do modelo, os relacionamentos entre as dimensões e internamente em cada dimensão, e a dinâmica por trás do modelo.

7.1 PRESSUPOSTOS DO MODELO

Os pressupostos serão analisados parágrafo a parágrafo de acordo com os itens da seção 3.1.

O caso da nanotecnologia se encontra em um período de instalação do paradigma tecnológico, visto os sinais de certos indicadores na seção 4.6. Isto significa que a perspectiva de análise atual para a nanotecnologia é *ex-ante* para o modelo, o que denota uma tentativa de descrição de potenciais relacionamentos de impactos.

Em relação ao momento de desenvolvimento econômico, o período atual, ano de 2008, encontra-se em um processo de crise do sistema de capitalista mundial, não necessariamente comprovado por estudiosos, mas com fortes indícios de queda econômica. Há dois anos, a conclusão inversa era verdadeira, o que demonstra um verdadeiro caráter cíclico para o desenvolvimento econômico, que impõe cada vez mais severas condições a uma nova tecnologia. Para o caso da nanotecnologia, as mudanças atuais podem afetar a expectativa de investimento em P&D por parte das grandes corporações.

Na trajetória de uma tecnologia como meio do desenvolvimento econômico, os atores aprendem com experiências de desenvolvimentos tecnológicos anteriores, situação que acaba incorporando as irregularidades e disfunções da realidade. No caso da nanotecnologia, o aprendizado acontece por conta da experiência com os alimentos geneticamente modificados e com a experiência com células-tronco. Estas experiências resultaram em iniciativas de estudos de impacto em outras esferas além da econômica (veja ELSI, 2005, por exemplo), e preocupações com modos de regulação em diversos países.

Tais preocupações e iniciativas levam a crer em uma mudança de perspectiva de parcela dos representantes dos atores mais ativos no cenário de desenvolvimento da nanotecnologia. Esta mudança incorpora cada vez mais a dimensão social e ambiental, embora não tenha sido possível evidenciar na pesquisa de campo.

Como qualquer nova tecnologia, a nanotecnologia também necessita de atores para que se materialize o conjunto de esforços, e isto foi possível evidenciar na pesquisa de campo.

As motivações principais para estes esforços partem da perspectiva de geração de valor por parte do ator empresa e secundariamente pela geração de valor acadêmico pelos atores da universidade e centro tecnológico.

Tendo todos os pressupostos do modelo cumpridos, é necessária a compreensão das dimensões que compõem o conjunto de impactos e que são os pontos de contato com os atores.

7.2 DIMENSÕES

As principais dimensões de análise em teoria para a composição de um modelo de análise de impactos de uma nova tecnologia são: tecnológica, econômica, social e ambiental.

O caso da nanotecnologia tem potencial de impactar em todas as dimensões, vide a lista de impactos no quadro 17 (página seguinte)

Os 25 impactos identificados nas quatro dimensões podem ser vistos na figura 23 (página 178), onde cada um deles é representado por um código seguindo a ordem da listagem.

O tamanho do desenho dos círculos representativos das dimensões não significa o grau de importância entre dimensões, mas a quantidade de impactos identificados.

A dimensão tecnológica possui 6 impactos, a dimensão econômica possui 12 impactos, a dimensão social 4 impactos, e a dimensão ambiental 3 impactos, para o caso da nanotecnologia.

Dimensão	Código de Identificação para a Análise	Impactos
Tecnológica	Tec1	A nanotecnologia oferece soluções ilimitadas para resolver muitos dos problemas da sociedade.
	Tec2	A nanotecnologia oportuniza a integração tecnológica em nível não antes imaginado.
	Tec3	A nanotecnologia possibilita que a pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento.
	Tec4	A nanotecnologia exige a criação de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos.
	Tec5	A nanotecnologia é o caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria.
	Tec6	A nanotecnologia poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto.
Econômica	Eco1	A nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias.
	Eco2	A nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia.
	Eco3	A nanotecnologia poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas .
	Eco4	A nanotecnologia exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados.
	Eco5	A nanotecnologia poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção a problemas ocasionados por nanoresíduos.
	Eco6	A nanotecnologia obriga o aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento por parte das empresas
	Eco7	As despesas com o tratamento de resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras tecnologias.
	Eco8	A nanotecnologia poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria.
	Eco9	A nanotecnologia oferece a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo.
	Eco10	A nanotecnologia poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde.
	Eco11	Os produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos.
	Eco12	A nanotecnologia será fator de exclusão para a população de baixa renda.
Social	Soc1	A nanotecnologia poderá melhorar a qualidade de vida da população.
	Soc2	Atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população
	Soc3	A nanotecnologia poderá prolongar a vida humana.
	Soc4	A nanotecnologia poderá causar danos à saúde humana.
Ambiental	Amb1	A nanotecnologia auxiliará na diminuição da poluição em geral.
	Amb2	A nanotecnologia é poluente para o homem e para o meio-ambiente
	Amb3	A nanotecnologia aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores.

Quadro 17- Lista de impactos identificados para a nanotecnologia

Fonte: dados da pesquisa

Contexto de Análise Multidimensional da Nanotecnologia

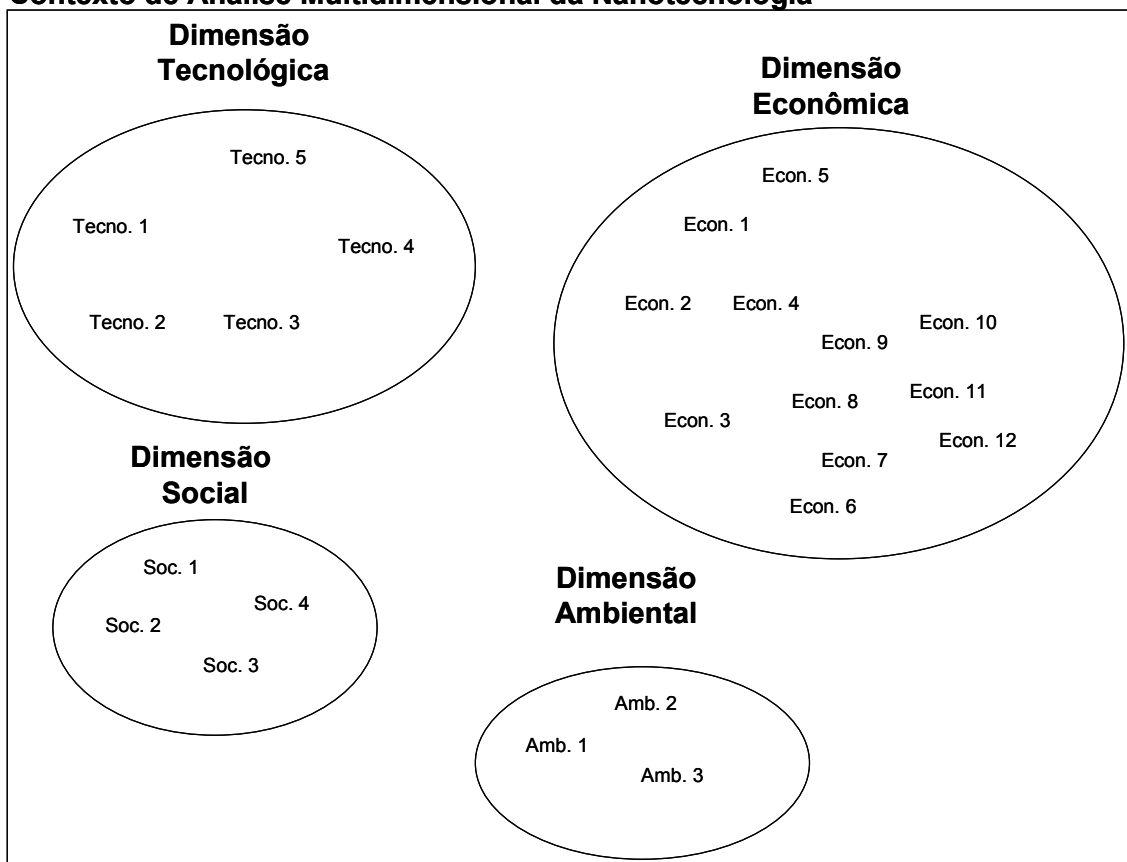


Figura 23 - Dimensões do modelo multidimensional e a quantidade de impactos identificados
 Fonte: dados da pesquisa

Cada impacto tem a capacidade de gerar ou contribuir com novos impactos na própria dimensão ou na dimensão vizinha. No caso da nanotecnologia, a preponderância de impactos ocorre na dimensão econômica, seguida da dimensão tecnológica, depois as dimensões social e ambiental, pela ordem. A preponderância denota um viés por parte dos atores em relação ao modelo tecno-econômico de desenvolvimento econômico, embora exista a preocupação com uma perspectiva mais ampla.

Para analisar o potencial de relacionamento entre as dimensões do caso da nanotecnologia, por meio dos impactos identificados, a seção seguinte se utiliza de uma metodologia matricial de relacionamento.

7.3 RELACIONAMENTOS ENTRE DIMENSÕES E INTRADIMENSÕES

As análises de impactos da nanotecnologia seguem a lógica proposta na seção 4.3 do capítulo 4, que depois foi descrita metodologicamente na seção 5.3.2 do capítulo 5.

7.3.1 Análises Intradimensionais

Estas são as análises dos impactos que ocorrem dentro de cada dimensão. A seguir, tem-se a ordem das análises da dimensão tecnológica, econômica, ambiental e social.

7.3.1.1 Dimensão Tecnológica

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto internas à dimensão tecnológica (figura 24).

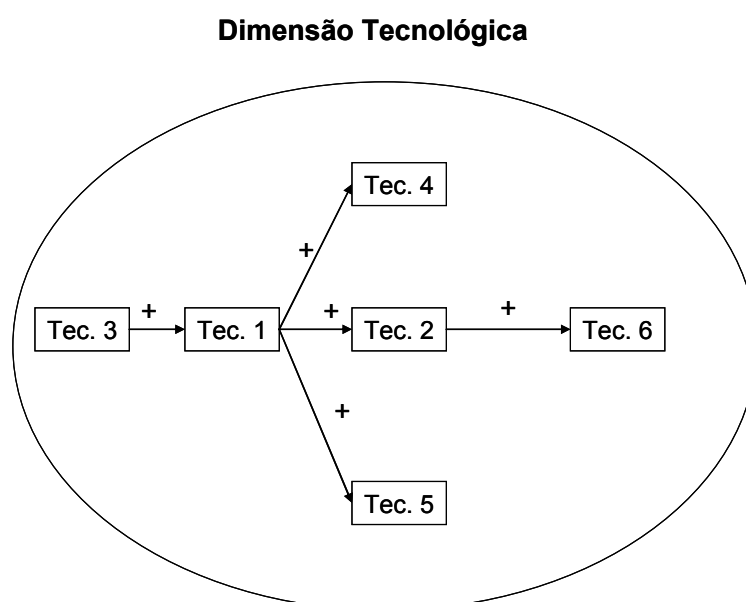


Figura 24 - Estudos de Impacto Intradimensional Tecnológico
Fonte: dados da pesquisa

TEC3 -> TEC1: a nanotecnologia expande a fronteira do conhecimento e permite que as pesquisas de novas aplicações tecnológicas ofereçam soluções ilimitadas de utilidades à sociedade. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC1 -> TEC4: as soluções ilimitadas de utilidades que a nanotecnologia poderá oferecer à sociedade auxiliam na criação de novos procedimentos e instrumentos para a manipulação de experimentos. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC1 -> TEC2: novas utilidades da nanotecnologia permitem que tecnologias vigentes ou novas sejam incorporadas, podendo ser em virtude de integração de suas respectivas áreas de conhecimento ou da necessidade de complementariedade de função. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC1 -> TEC5: exponenciais soluções da nanotecnologia permitem a criação de novas matérias-primas. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC2 -> TEC6: a integração da nanotecnologia com tecnologias vigentes ou em desenvolvimento permite que o tempo de desenvolvimento de produto diminua em função da eliminação de dificuldades de interfaceamento entre tecnologias e de maior facilidade para que as funções dos novos produtos sejam ajustadas às necessidades do originador da demanda. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.1.2 Dimensão Econômica

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto internas à dimensão econômica (figura 25).

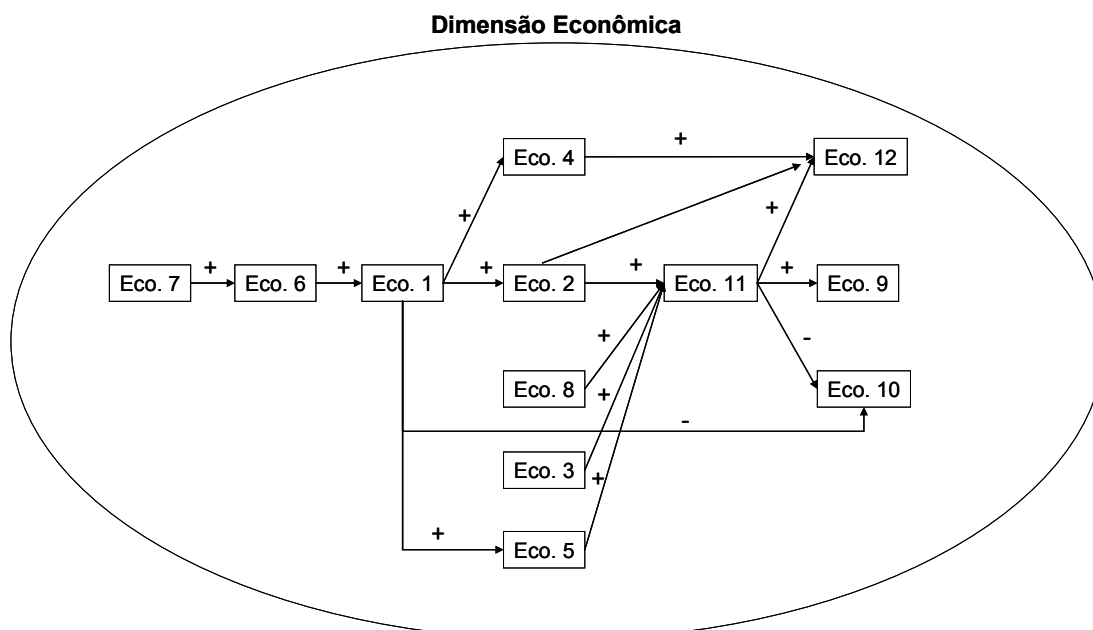


Figura 25 -Estudos de Impacto Intradimensional Econômica
 Fonte: dados da pesquisa

ECO7 -> ECO6: a nanotecnologia traz a possibilidade de escala ilimitada de produção, por meio da montagem de matérias-primas a partir de átomos e moléculas, implica em redução de seus custos das mesmas. A oferta de matérias-primas se torna um processo de posse e controle do agente de produção. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO6 -> ECO1: com a diversificação e o menor custo das matérias-prima, novas indústrias poderão surgir em diferentes horizontes de tempo, impactando em diversos aspectos a dimensão econômica. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO1 -> ECO4: novas indústrias com base em nanotecnologia poderão provocar o desaparecimento de indústrias que não utilizarem a nova tecnologia ou que não adaptarem suas tecnologias vigentes ao padrão de competição de produtos com nanotecnologia. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO1 -> ECO2: novas indústrias com base em nanotecnologia demandarão novas funções operacionais, o que caracterizaria mais emprego. Uma grande parcela de funções atuais no sistema de produção será mantida, o que também caracteriza emprego. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO1 -> ECO10: novas indústrias com base em nanotecnologia produzirão resíduos em sua produção que, por ser em dimensão nano, poderá embutir um custo maior de tratamento. Além disso, o resultado do uso de novos produtos, quando o consumidor fizer o seu descarte, poderia repercutir em gastos com o tratamento de nanoresíduos pela indústria produtora. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO1 -> ECO5: ao longo do tempo, com o surgimento de novas indústrias de base em nanotecnologia, as emissões de resíduos provocarão medidas de punição ou de orientação punitiva, de aspectos legais e/ou econômicos, que aumentariam os gastos de prevenção aos problemas causados por nanoresíduos por parte dessas indústrias. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO4 -> ECO2: o desaparecimento de indústrias que não utilizam nanotecnologia diminuirá o nível de emprego na economia. Isto será plenamente confirmado se as novas indústrias não tiverem a capacidade de absorver toda esta mão-de-obra. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO2 -> ECO12: ao proporcionar maior nível de emprego na economia, com o surgimento de novas indústrias com base nanotecnológica, a população de baixa renda poderá ter condições mais favoráveis de emprego, o que diminuiria as chances de sua exclusão da sociedade por conta de fatores econômicos. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO8 -> ECO11: a exigência de maior taxa de investimento em pesquisa e desenvolvimento por conta da nanotecnologia poderá implicar em produtos mais caros em razão dos aumentos de custos. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO3 -> ECO11: a exigência de investimentos mais altos em qualificação profissional para futuros empregados dos setores econômicos envolvidos com nanotecnologia poderá implicar em repasse de custos para os produtos, o que os tornaria mais caros do que os produtos atuais. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO5 -> ECO11: o eventual aumento de gastos com medidas de prevenção de problemas com nanoresíduos deverá ser repassado aos produtos, o que poderia torná-

los mais caros em relação aos produtos atuais. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO11 -> ECO12: se os produtos com nanotecnologia ficarem em média mais caros que os produtos atuais, este patamar de preços poderá excluir o consumidor de baixa renda. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO11 -> ECO9: se os produtos com nanotecnologia ficarem em média mais caros que os produtos atuais, este patamar de preços poderá implicar em equipamentos tecnológicos e serviços de saúde mais caros, encarecendo todo o sistema de saúde, seja privado seja público, implicando em aumento de gastos em saúde pela população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO11 -> ECO10: se os produtos com nanotecnologia ficarem em média mais caros que os produtos atuais, o consumo médio previsto poderá diminuir ou ser mantido em patamares parecidos aos produtos atuais, o que, no longo prazo, poderá ter uma despesa de tratamento de nanoresíduo mais baixa do que se houvesse explosão de consumo de produtos nanotecnológicos. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO4 -> ECO12: indústrias que não utilizam nanotecnologia implicam em redução do emprego. Se a taxa de ocupação das novas indústrias com base nanotecnológica ser inferior à taxa de desemprego nestas condições, a população de baixa renda poderá ser excluída com mais facilidade da sociedade por aspectos econômicos. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.1.3 Dimensão Ambiental

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto internas à dimensão ambiental (figura 26).

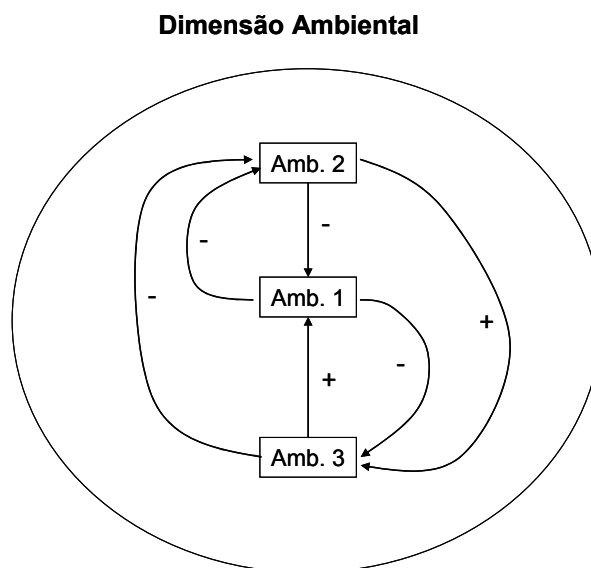


Figura 26 - Estudos de Impacto Intradimensional Ambiental

Fonte: dados da pesquisa

AMB2-> AMB1: a nanotecnologia como poluente ao homem e ao meio-ambiente, por meio de contaminação com nanoresíduos, implica em aumento da poluição em geral. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

AMB2-> AMB3: a nanotecnologia como poluente ao homem e ao meio-ambiente, por meio de contaminação com nanoresíduos, poderá implicar em aumento da consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

AMB1- > AMB2: a diminuição da poluição geral, por conta de soluções nanotecnológicas de despoluição ou por projetos de produtos “verdes”, poderá atenuar a contaminação de nanoresíduos no homem e no meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

AMB1 -> AMB3: a diminuição da poluição geral, por conta de soluções nanotecnológicas de despoluição ou por projetos de produtos “verdes”, poderá implicar em aumento da consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

AMB3 -> AMB1: o aumento da consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia poderá trazer cada vez mais a atenção dos criadores de nanotecnologia para soluções de mínimo impacto poluidor. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

AMB3 -> AMB2: o aumento da consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia poderá trazer cada vez mais a atenção dos criadores de nanotecnologia para soluções de mínimo impacto poluidor, o que implica em nanoresíduos menos poluente ou inertes em futuras pesquisas. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

7.3.1.4 Dimensão Social

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto internas à dimensão ambiental (figura 27).

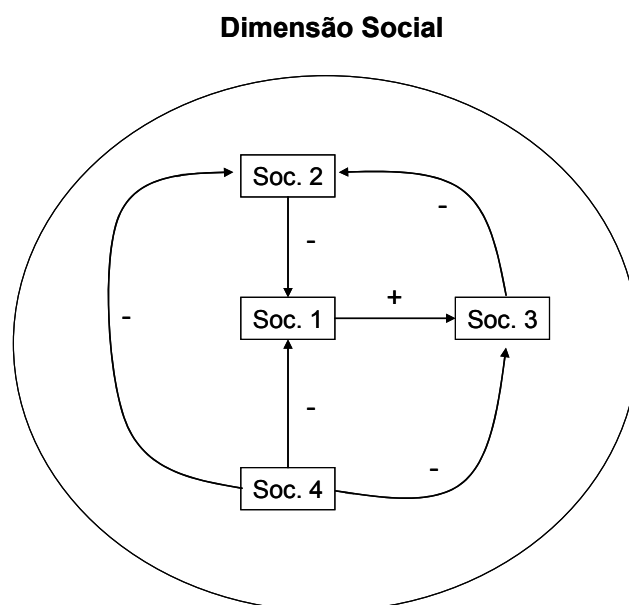


Figura 27 - Estudos de Impacto Intradimensional Social
Fonte: dados da pesquisa

SOC2 - >SOC1: a imagem negativa da nanotecnologia por parte da população poderá trazer uma percepção de que esta tecnologia não traz qualidade de vida. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

SOC1 - >SOC3 : o aumento de qualidade vida por conta do uso de soluções nanotecnológicas pela população poderá implicar em aumento da idade média da mesma população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

SOC4 - >SOC3 : o aumento dos danos à saúde da população, por conta de poluição por nanoresíduos, poderá diminuir o tempo médio de vida da sociedade. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

SOC4 - >SOC1 : o aumento dos danos à saúde da população, por conta de poluição por nanoresíduos, poderá diminuir a qualidade de vida da sociedade. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

SOC3 - >SOC2: a extensão da vida da população por influência direta ou indireta da nanotecnologia poderá implicar em melhoria da imagem da nanotecnologia por parte da população. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

SOC4 - >SOC2: o aumento dos danos à saúde da população, por conta de poluição por nanoresíduos, poderá piorar a imagem da nanotecnologia por parte da população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2 Análises Interdimensionais

Estas são as análises dos impactos que ocorrem entre cada uma das quatro dimensões do modelo.

7.3.2.1 Relação DT-DE

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões tecnológica e econômica (figura 28).

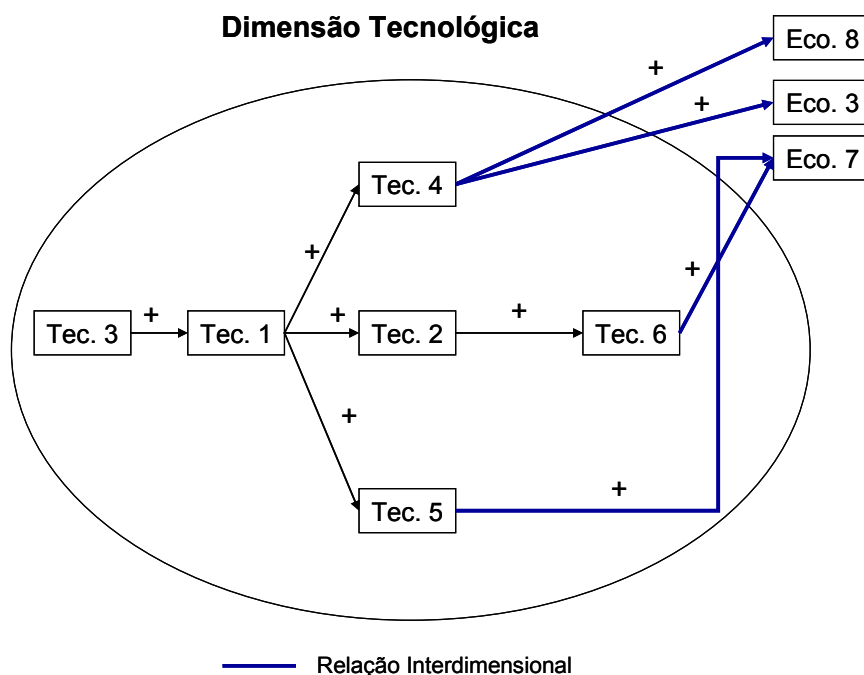


Figura 28 - Análises de impacto entre as dimensões tecnológica e econômica
 Fonte: dados de pesquisa.

TEC4 - > ECO8: a criação de novos procedimentos e instrumentos para a manipulação de experimentos com nanotecnologia poderá implicar em aumento dos gastos em pesquisa e desenvolvimento por parte das empresas. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC4-> ECO3: a criação de novos procedimentos e instrumentos para a manipulação de experimentos com nanotecnologia exigirá o aumento de investimentos em qualificação profissional por conta de novas exigências de conhecimento. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC6 - > ECO 7: a diminuição do tempo de desenvolvimento de novos produtos, por conta da nanotecnologia, poderá oferecer uma escala ilimitada de produção. Esta relação pode acelerar significativamente o lançamento do produto e a conseqüente oferta de produção. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC5 - > ECO 7: novas matérias-primas nanotecnológicas podem aumentar a escala de produção de forma permanente e desprovida da dificuldade da escassez de recursos. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2.2 Relação DT-DA

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões tecnológica e ambiental (figura 29).

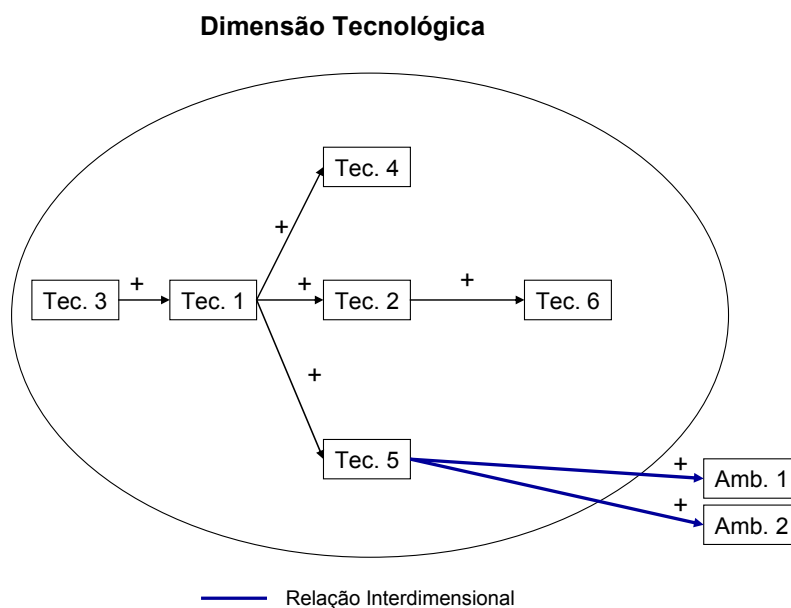


Figura 29 -Análises de impacto entre as dimensões tecnológica e ambiental
Fonte: dados da pesquisa.

TEC5 - > AMB 1: novas matérias-primas nanotecnológicas, menos poluentes, podem contribuir com a diminuição da poluição em geral. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

TEC5 - > AMB 2: novas matérias-primas nanotecnológicas, ao propiciar materiais menos poluentes, podem implicar na diminuição dos poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2.3 Relação DE-DS

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões econômica e social (figura 30).

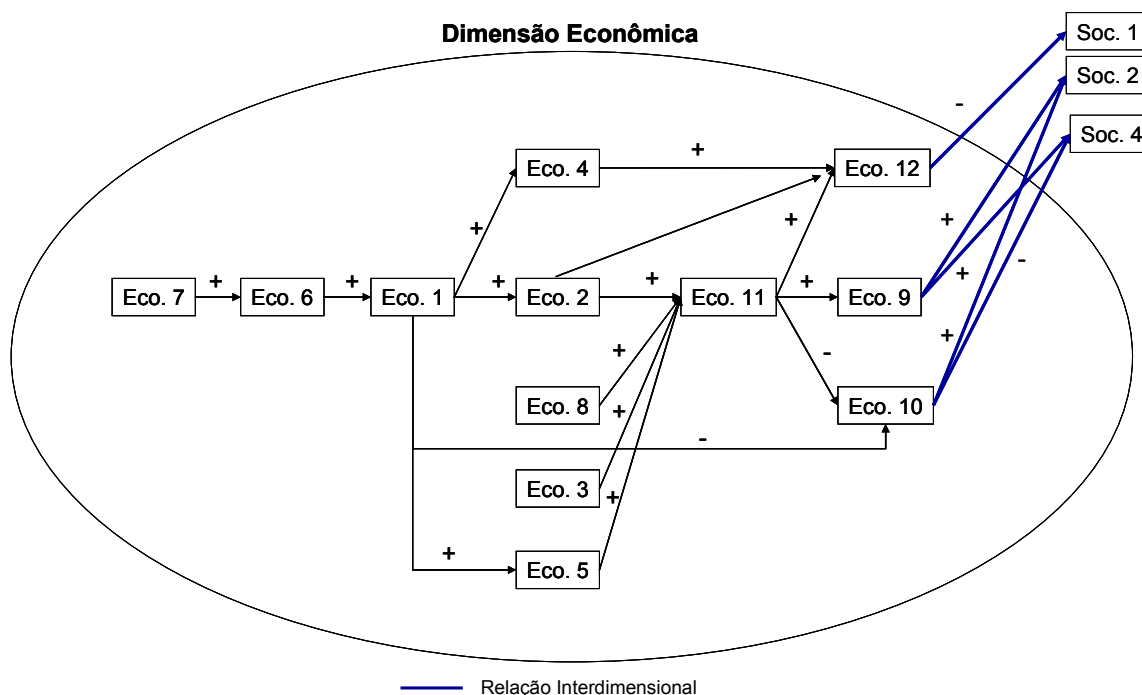


Figura 30 - Análises de impacto entre as dimensões econômica e social
 Fonte: dados da pesquisa.

ECO10 - > SOC4: o aumento de despesas com tratamento de nanoresíduos poderá implicar em melhoria – diminuição - dos danos à saúde provocados pelos mesmos nanoresíduos. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO12- > SOC1: ser responsável pela exclusão da população de baixa renda implica que a nanotecnologia poderá diminuir a qualidade de vida da sociedade. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO9 - > SOC4: o aumento de gastos em saúde, por conta de um sistema de saúde mais dispendioso em razão da nanotecnologia, poderá aumentar os danos à saúde da população. Estes danos resultariam de problemas de saúde correntes desassistidos. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO10 - > SOC2: o aumento de despesas com tratamento em nanoresíduos é um indicador que evidenciaria que a nanotecnologia possui um lado negativo, o que implicaria em aumento da imagem negativa pela população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO9 - > SOC2: o aumento de gastos em saúde, por conta de um sistema de saúde mais dispendioso em razão da nanotecnologia, poderia implicar em aumento da imagem negativa pela população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2.4 Relação DE-DA

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões econômica e ambiental (figura 31).

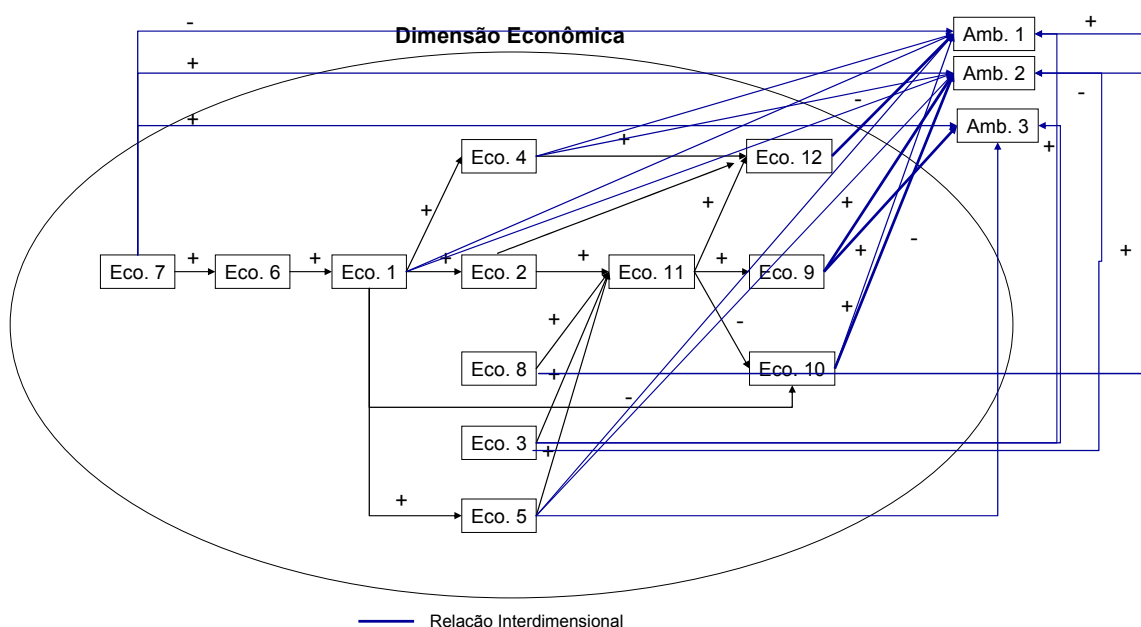


Figura 31- Análises de impacto entre as dimensões econômica e ambiental

Fonte: dados da pesquisa.

ECO4- > AMB2: o desaparecimento de indústrias atuais, por conta da não utilização de nanotecnologia, poderia contribuir com a diminuição da contaminação de nanoresíduos no homem e no meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO4- > AMB1: o desaparecimento de indústrias atuais, por conta da não utilização de nanotecnologia, poderia contribuir com a diminuição da poluição em geral, ao desativar processos produtivos poluentes. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO10 - > AMB2: o aumento de despesas com tratamento de nanoresíduos poderá contribuir com a diminuição da contaminação de nanoresíduos no homem e no meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO10- > AMB1: o aumento de despesas com tratamento de nanoresíduos poderá contribuir com a diminuição da poluição em geral. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO1- > AMB2: novas indústrias com base em nanotecnologia poderão aumentar os poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO1- > AMB1: novas indústrias com base em nanotecnologia poderão aumentar a poluição em geral. Estes dois impactos possuem correlação negativa. Aqui se poderia discutir se as novas indústrias já não viriam com soluções nanotecnológica para diminuição da poluição em geral, contudo acredita-se que em um primeiro momento isto não aconteceria.

ECO5- > AMB1: o aumento dos gastos de prevenção aos problemas causados por nanoresíduos poderia diminuir a poluição em geral. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO5- > AMB2: o aumento dos gastos de prevenção aos problemas causados por nanoresíduos poderia diminuir os poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO5- > AMB3: o aumento dos gastos de prevenção aos problemas causados por nanoresíduos poderia aumentar a consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO8- > AMB1: a exigência de maior taxa de investimento em pesquisa e desenvolvimento por conta da nanotecnologia poderia diminuir a poluição em geral, por conta de novas tecnologias antipoluidoras. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO8- > AMB2: a exigência de maior taxa de investimento em pesquisa e desenvolvimento por conta da nanotecnologia poderia diminuir os poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO7- > AMB2: a escala ilimitada de produção poderá contribuir para o aumento de poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO7- > AMB1: a escala ilimitada de produção, por conta da nanotecnologia, poderá contribuir com o aumento da poluição em geral. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO7- > AMB3: a escala ilimitada de produção, por conta da nanotecnologia poderia aumentar a consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO9- > AMB3: o aumento de gastos em saúde, por conta de um sistema de saúde mais dispendioso em razão da nanotecnologia poderia aumentar a consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO3- > AMB2: a exigência de investimentos mais altos em qualificação profissional para futuros empregados dos setores econômicos envolvidos com nanotecnologia poderia diminuir os poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

ECO3- > AMB1: a exigência de investimentos mais altos em qualificação profissional para futuros empregados dos setores econômicos envolvidos com nanotecnologia poderia diminuir a poluição em geral, por conta de novas tecnologias antipoluidoras. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO3- > AMB3: a exigência de investimentos mais altos em qualificação profissional para futuros empregados dos setores econômicos envolvidos com nanotecnologia poderia aumentar a consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2.5 Relação DS-DA

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões social e ambiental (figura 32).

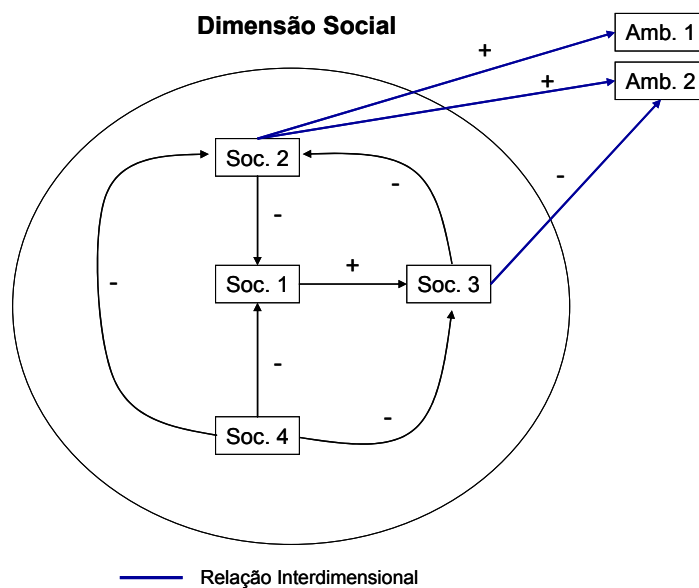


Figura 32 -Análises de impacto entre as dimensões social e ambiental
 Fonte: dados da pesquisa.

SOC2->AMB2: a imagem negativa da nanotecnologia pela população poderia implicar na diminuição os poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente, via pressão no ator Estado, que imporá sanções econômicas ou legais para mitigar os riscos deste tipo de poluição. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

SOC2->AMB1: a imagem negativa da nanotecnologia pela população poderia implicar na diminuição da poluição em geral, também via pressão no ator Estado, que imporá sanções econômicas ou legais para mitigar os riscos de poluição. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

SOC3->AMB1: a extensão da vida da população por influência direta ou indireta da nanotecnologia poderá implicar em aumento da poluição em geral, pois o prolongamento do período de consumo médio de um indivíduo pode aumentar o descarte de resíduos no meio-ambiente. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

7.3.2.6 Relação DA-DS

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões ambiental e social (figura 33).

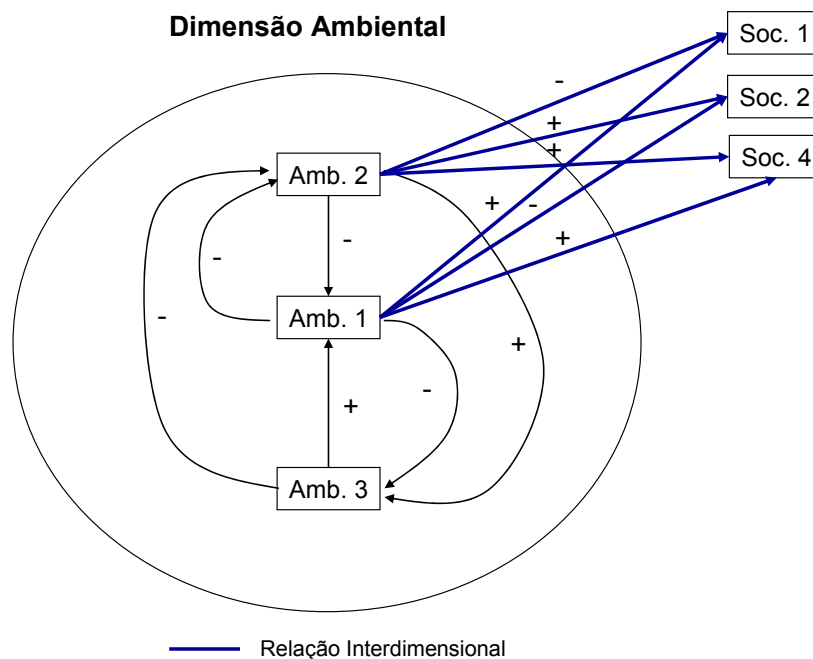


Figura 33 - Análises de impacto entre as dimensões ambiental e social
Fonte: dados da pesquisa.

AMB2 - > SOC2: o aumento de poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente pode contribuir com a piora da imagem da nanotecnologia pela sociedade. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

AMB2 - > SOC1: o aumento de poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente pode contribuir com a piora da qualidade de vida da população. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

AMB2 - > SOC4: o aumento de poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente pode contribuir com o aumento de danos à saúde da população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

AMB1 - > SOC2: a diminuição da poluição em geral, por conta de soluções nanotecnológicas de despoluição pode contribuir com a melhoria da imagem da nanotecnologia pela sociedade. Estes dois impactos possuem correlação negativa.

AMB1 - > SOC1: a diminuição da poluição em geral, por conta de soluções nanotecnológicas de despoluição pode contribuir com a melhoria da qualidade de vida da população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

AMB1 - > SOC4: a diminuição da poluição em geral, por conta de soluções nanotecnológicas de despoluição pode contribuir com a diminuição de danos à saúde da população. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2.7 Relação DS-DT

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões social e tecnológica (figura 34).

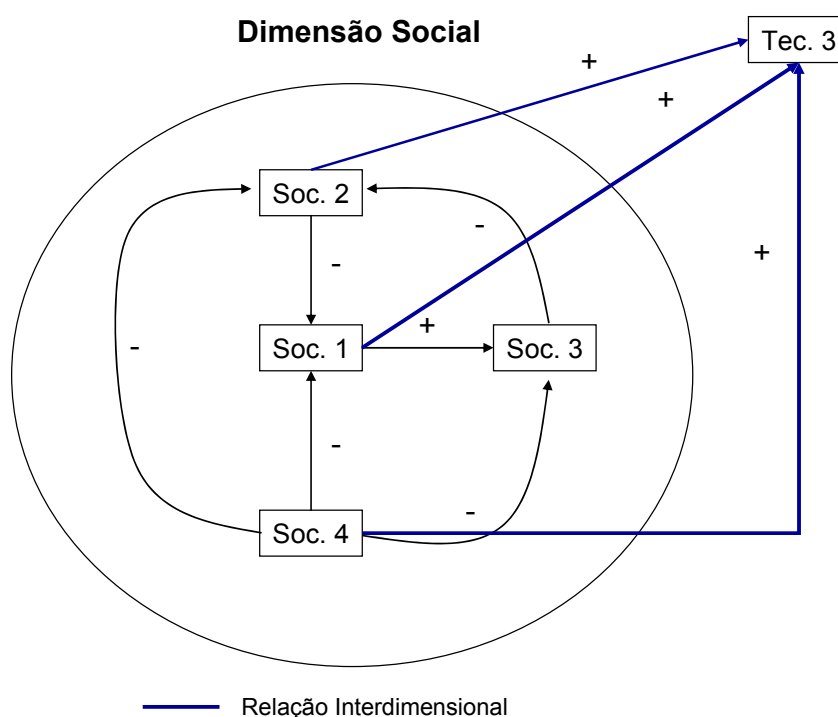


Figura 34 - Análises de impacto entre as dimensões social e tecnológica
Fonte: dados da pesquisa.

SOC2 - > TEC3 : imagem negativa da nanotecnologia pela sociedade poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

SOC4 - > TEC3: o aumento de danos à saúde da população poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

SOC1 - > TEC3: a melhoria da qualidade de vida da população, por conta do uso da nanotecnologia, poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2.8 Relação DA-DT

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões ambiental e tecnológica (figura 35).

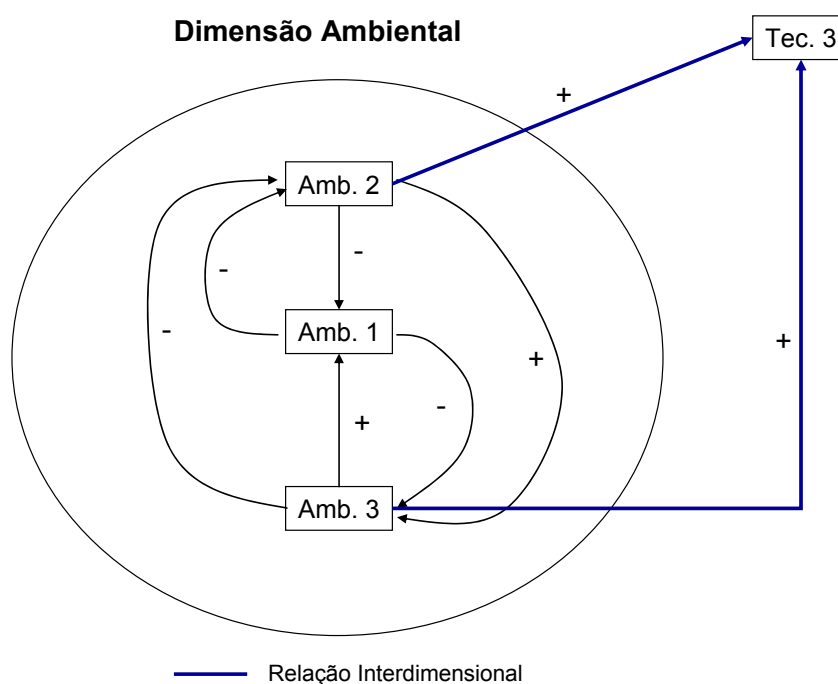


Figura 35- Análises de impacto entre as dimensões ambiental e tecnológica
Fonte: dados da pesquisa.

AMB2 - > TEC3: o aumento de poluentes, com base em nanoresíduos, para o homem e o meio-ambiente poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

AMB3 - > TEC3: o aumento a consciência ética e ambiental por parte de pesquisadores da nanotecnologia poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

7.3.2.9 Relação DE-DT

Nesta seção, são apresentadas as análises de impacto entre as dimensões econômica e tecnológica (figura 36).

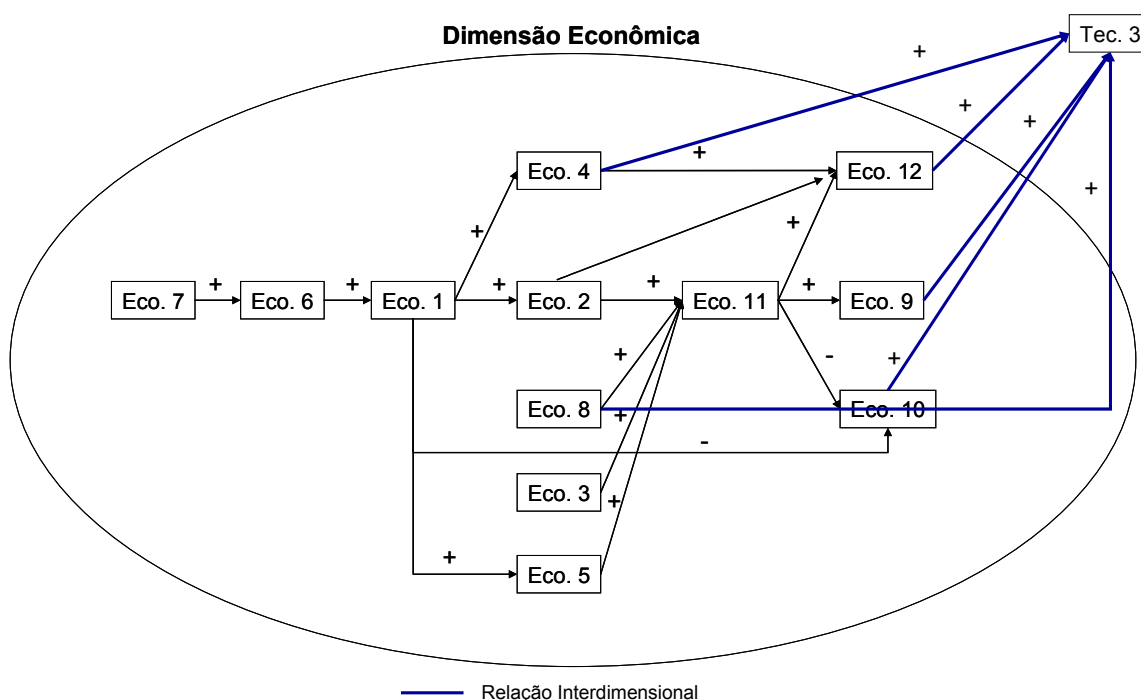


Figura 36 - Análises de impacto entre as dimensões econômica e tecnológica

Fonte: dados da pesquisa.

ECO4 -> TEC3: o desaparecimento de indústrias atuais, por conta da não utilização de nanotecnologia, poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO8 ->TEC3: a exigência de maior taxa de investimento em pesquisa e desenvolvimento por conta da nanotecnologia poderá contribuir para o aumento dos

estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO10 ->TEC3: o aumento de despesas com tratamento de nanoresíduos poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO9 ->TEC3: o aumento de gastos em saúde, por conta de um sistema de saúde mais dispendioso em razão da nanotecnologia, poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

ECO12 ->TEC3: a nanotecnologia ser responsável pela exclusão da população de baixa renda poderá contribuir para o aumento dos estudos em nanotecnologia e para o avanço da ciência. Estes dois impactos possuem correlação positiva.

A seguir são apresentadas as frequências das relações intradimensionais e das relações interdimensionais para o caso da nanotecnologia.

7.3.3 Matriz de relacionamento de impactos

A técnica do QFD foi utilizada para auxiliar na construção da matriz de relacionamentos dos impactos dentro das dimensões e entre cada uma das dimensões. Para cada relacionamento, utilizou-se uma simbologia de correlacionamento positivo, indicada pelo sinal mais (+), de correlacionamento negativo, indicado pelo sinal menos (-), e de ausência de correlacionamento, indicada pelo número zero (0). Com a matriz construída, tem-se a frequências dos impactos em cada relacionamento dimensional, seja intradimensional seja interdimensional. A matriz da figura 37 mostra em cores as distintas relações dimensionais formadas. A partir desses relacionamentos são apresentadas as análises de frequências de impactos intradimensionais e interdimensionais.

	Tecno. 1	Tecno. 2	Tecno. 3	Tecno. 4	Tecno. 5	Tecno. 6	Econ. 1	Econ. 2	Econ. 3	Econ. 4	Econ. 5	Econ. 6	Econ. 7	Econ. 8	Econ. 9	Econ. 10	Econ. 11	Econ. 12	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 3	Soc. 1	Soc. 2	Soc. 3	Soc. 4	
nanotecnologia possa oferecer soluções ilimitadas	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
oportuniza a integração tecnológica em nível nunca antes imaginado	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
necessidade de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de organismos geneticamente modificados	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
criação de novas matérias-primas para a indústria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nanotecnologia propiciará o surgimento de novas indústrias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
causará o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aumentará o nível de gastos com medidas de prevenção de problemas ocasionados por nanoresíduos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
oferecerá a possibilidade de escala limitada de produção de bens de consumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aumento de investimentos em pesquisa e desenvolvimento por parte das empresas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aumentar os gastos da população com planos de saúde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
as despesas com o tratamento de prevenção a resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outros produtos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fator de exclusão para a população de baixa renda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amb. 1 auxiliar na diminuição da poluição em geral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amb. 2 nanotecnologia seja poluente para o homem e para o meio-ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amb. 3 aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soc. 1 poderá melhorar a qualidade de vida da população	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soc. 2 possui uma imagem negativa pela população	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soc. 3 vida humana será estendida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soc. 4 poderá causar danos à saúde humana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 37- Matriz de relacionamento dos impactos para quatro dimensões do modelo multidimensional

7.3.4 Análises de Frequência de Impactos Intradimensionais

A partir dos possíveis relacionamentos traçados entre as 4 dimensões do modelo, foi possível identificar uma contagem que se transformou em frequência dos impactos intradimensionais (tabela 8).

Tabela 8 - Frequência dos tipos de relacionamentos intradimensional para os impactos da nanotecnologia

Dimensão	Impactos com						
	Relacionamentos com Correlação Positiva		Relacionamentos com Correlação Negativa		Somatório de Relacionamento (com correlação positiva + negativa)	Relacionamentos sem Correlação	
	Número de Impactos	% em Relação ao Total (na linha)	Número de Impactos	% em Relação ao Total (na linha)		Número de Impactos	% em Relação ao Total (na linha)
Tecnológico	5	14%	0	0%	5	31	86%
Econômico	11	8%	3	2%	14	130	90%
Ambiental	3	33%	3	33%	6	3	33%
Social	2	13%	4	25%	6	10	63%
Total	21		10		31	205	

Fonte: dados da pesquisa.

As freqüências por tipo de relacionamento de impactos intradimensionais mostram que na:

- a) Dimensão Tecnológica: a totalidade dos relacionamentos entre impactos tecnológicos ocorre com correlação positiva. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 31. Portanto, 14 % dos relacionamentos possíveis entre impactos econômicos ocorrem correlacionamentos. Este dimensão origina a nanotecnologia e os seus impactos iniciais que, ao se emanar para outras dimensões, sinaliza a perspectiva para uma transformação schumpeteriana de paradigma. No tempo, é a primeira dimensão a ser criada e consolidada, antes das demais dimensões;
- b) Dimensão Econômica: o número de relacionamentos entre impactos econômicos de correlação positiva é de 11, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 3. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 130. Portanto, 10% dos relacionamentos possíveis entre impactos econômicos ocorrem correlacionamentos. Em virtude da maior quantidade de impactos absolutos identificados nesta dimensão em relação às demais dimensões e também pela diversidade de temas econômicos que são impactados, como o emprego, crescimento, competitividade, entre outros, existe maior quantidade de relacionamentos. Esta dimensão econômica vem em seguida a da dimensão tecnológica, o que se conclui a relação de inovação entre o paradigma tecnológico e o regime de acumulação;
- c) Dimensão Ambiental: o número de relacionamentos entre impactos ambientais de correlação positiva é de 3, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 3. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 3. Portanto, 66% dos relacionamentos possíveis entre impactos ambientais ocorrem correlacionamentos. Como o tema principal ligado a esta dimensão é a poluição e esta dimensão teve apenas quatro impactos identificados pelos especialistas, existe uma maior conexão entre os impactos que pode ser a explicação para o quase completo conjunto de relacionamentos.

- d) Dimensão Social: o número de relacionamentos entre impactos sociais de correlação positiva é de 2, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 4. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 10. Portanto, 37% dos relacionamentos possíveis entre impactos sociais ocorrem correlacionamentos. Também são poucos impactos identificados e possuem significativa conexão entre os temas como a saúde e qualidade de vida.

7.3.5 Análises de Frequência de Impactos Interdimensionais

A partir dos possíveis relacionamentos traçados entre as 4 dimensões do modelo, foi possível identificar uma contagem que se transformou em frequência dos impactos interdimensionais (tabela 9).

Tabela 9 - Frequência dos tipos de relacionamentos interdimensionais para os impactos da nanotecnologia

InterDimensões	Impactos com						
	Relacionamento com Correlação Positiva		Relacionamento com Correlação Negativo		Somatório de Relacionamento (com correlação positiva + negativa)	Relacionamento sem Correlação	
	Número de Impactos	% em Relação ao Total (na linha)	Número de Impactos	% em Relação ao Total (na linha)		Número de Impactos	% em Relação ao Total (na linha)
<i>DT-DE</i>	4	6%	0	0%	4	68	94%
<i>DT-DA</i>	2	11%	0	0%	2	16	89%
<i>DT-DS</i>	0	0%	0	0%	0	24	100%
<i>DE-DA</i>	12	33%	6	17%	18	18	50%
<i>DE-DS</i>	3	6%	2	4%	5	43	90%
<i>DA-DS</i>	4	33%	2	17%	6	6	50%
<i>DS-DA</i>	1	8%	2	17%	3	9	75%
<i>DS-DE</i>	0	0%	0	0%	0	48	100%
<i>DS-DT</i>	3	13%	0	0%	3	21	87%
<i>DA-DT</i>	2	11%	0	0%	2	16	89%
<i>DE-DT</i>	5	7%	0	0%	5	67	93%
<i>DA-DE</i>	0	0%	0	0%	0	36	100%
Total	36		12		48	372	

Fonte: dados da pesquisa.

As frequências por tipo de relacionamento de impactos interdimensionais mostram que no:

- a) DT-DE: o número de relacionamentos entre impactos tecnológicos e econômico de correlação positiva é de 4, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 0. O número de relações possíveis de impactos

sem correlacionamentos é de 68. Portanto, 6% dos relacionamentos possíveis entre impactos tecnológicos e econômicos, neste sentido, ocorrem correlacionamentos. Esta interação entre tecnologia e economia origina a inovação a partir de uma nova tecnologia. Entre tais dimensões existe uma correlação forte que demonstra a ligação teórica schumpeteriana do efeito da tecnologia sobre o desenvolvimento econômico.

- b) DT-DA: o número de relacionamentos entre impactos tecnológicos e ambientais de correlação positiva é de 2, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 0. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 16. Portanto, 11% dos relacionamentos possíveis entre impactos tecnológicos e ambientais, neste sentido, ocorrem correlacionamentos. Observa-se que existe uma relação significativa entre tais dimensões para o caso da nanotecnologia.
- c) DT-DS: o número de relacionamentos entre impactos tecnológicos e sociais de correlação positiva é de 0, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 0. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 24. Portanto, em nenhum dos relacionamentos possíveis entre impactos tecnológicos e ambientais, neste sentido, ocorrem correlacionamentos. A dimensão social é pouco acionado pelos impactos advindos da dimensão tecnológica. Observa-se que existe uma relação fraca entre tais dimensões para o caso da nanotecnologia.
- d) DE-DA: o número de relacionamentos entre impactos econômicos e ambientais de correlação positiva é de 12, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 6. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 18. Portanto, 50% dos relacionamentos possíveis entre impactos econômicos e ambientais, neste sentido, ocorrem correlacionamentos. Observa-se que existe uma correlação significativa entre os impactos advindos da dimensão econômica para a dimensão ambiental para o caso da nanotecnologia,

seguindo a lógica de que a economia provoca efeitos no meio-ambiente. Esta relação é um dos pilares de preocupação do conceito de desenvolvimento sustentável, o qual aponta que uma análise tecnológica deve estar além dos temas tradicionais de tecnologia e economia.

- e) DE-DS: o número de relacionamentos entre impactos econômicos e sociais de correlação positiva é de 3, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 2. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é de 43. Portanto, 10% dos relacionamentos possíveis entre impactos econômicos e sociais, neste sentido, ocorrem correlacionamentos. Observa-se que existe uma correlação significativa entre os impactos advindos da dimensão econômica para a dimensão social para o caso da nanotecnologia, seguindo a lógica de que a economia provoca efeitos na sociedade. Esta relação também é preocupação de uma análise tecnológica mais ampla do que a tradicional.
- f) DA-DS: o número de relacionamentos entre impactos ambientais e sociais de correlação positiva é de 4, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 2. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é 6. Portanto, 50% dos relacionamentos possíveis entre impactos ambientais e sociais, neste sentido, ocorrem correlacionamentos. Os impactos da nanotecnologia advindos da dimensão ambiental são significativamente correlacionados com a dimensão social, o que demonstra a lógica de que o lugar de sobrevivência do ser humano e a sociedade possuem uma forte conexão. Portanto, a nanotecnologia como nova tecnologia deve ter a sua análise de desenvolvimento levando em conta as dimensões social e ambiental.
- g) DS-DA: o número de relacionamentos entre impactos sociais e ambientais de correlação positiva é de 1, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 2. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é 9. Portanto, 25% dos relacionamentos possíveis

entre impactos sociais e ambientais, neste sentido, ocorrem correlacionamentos.

- h) DS-DT: o número de relacionamentos entre impactos tecnológicos e sociais de correlação positiva é de 3, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 0. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é 21. Portanto, 13% dos relacionamentos possíveis entre impactos tecnológicos e sociais, neste sentido, ocorrem correlacionamentos.
- i) DA-DT: o número de relacionamentos entre impactos ambientais e tecnológicos de correlação positiva é de 2, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 0. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é 16. Portanto, 11% dos relacionamentos possíveis entre impactos ambientais e tecnológicos, neste sentido, ocorrem correlacionamentos.
- j) DE-DT: o número de relacionamentos entre impactos econômicos e tecnológicos de correlação positiva é de 5, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 0. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é 67. Portanto, 7% dos relacionamentos possíveis entre impactos econômicos e tecnológicos, neste sentido, ocorrem correlacionamentos.
- k) DA-DE: o número de relacionamentos entre impactos ambientais e econômicos de correlação positiva é de 0, enquanto os relacionamentos de correlação negativa é de 0. O número de relações possíveis de impactos sem correlacionamentos é 36. Portanto, 0% dos relacionamentos possíveis entre impactos ambientais e econômicos, neste sentido, ocorrem correlacionamentos.

Para medir o grau de interatividade entre as dimensões, contou-se a frequências de entrada e saída de impactos de cada uma das dimensões em relação às demais dimensões. A tabela X a seguir mostra que dimensão tecnológica apresentou 16 impactos interagindo com as dimensões econômica, social e ambiental, a dimensão econômica apresentou 32 impactos com as demais, a dimensão social apresentou 17 impactos com as demais, e a dimensão ambiental apresentou 16 impactos com as demais.

Tabela 10 - Grau de interatividade dos relacionamentos de impactos das dimensões do modelo multidimensional

	SAÍDA	ENTRADA	TOTAL	TOTAL RELAÇÕES POSSÍVEIS	TOTAL DE RELAÇÕES/TOTAL DE RELAÇÕES POSSÍVEIS	% RELATIVA ENTRE DIMENSÕES
TEC	6	10	16	228	7,0%	16,6%
ECO	28	4	32	312	10,3%	24,3%
AMB	8	8	16	117	13,7%	32,4%
SOC	6	11	17	151	11,3%	26,7%

Fonte: dados da pesquisa.

A partir de todos os impactos identificados, o total de relações possíveis de entrada e saída de impactos para a dimensão tecnológica é de 228, para a dimensão econômica é de 312, da dimensão ambiental é de 117 e da dimensão social é de 151.

Deste modo, a importância relativa (% relativa do total de relações de impactos constatadas como possíveis sobre o total de relações de impactos possíveis mas não constatadas) entre as dimensões mostra que: 1) a dimensão tecnológica apresenta 16,6% dos relacionamentos; 2) a dimensão econômica apresenta 24,3% dos relacionamentos; 3) a dimensão ambiental apresenta 32,4%; e 4) a dimensão social apresenta 26,7% dos relacionamentos.

Estas medidas mostram que as dimensões social e ambiental possuem significativa importância no modelo multidimensional de análise da nanotecnologia, demonstrando que o cenário de desenvolvimento desta tecnologia deve considerar as implicações na sociedade e no meio-ambiente. A questão subjacente que emerge desta discussão é saber qual é o nível de desconhecimento a respeito das dimensões social e ambiental, e não enfatizar somente a importância delas. Quando o cenário de

desenvolvimento da nanotecnologia tiver avançado um pouco mais no tempo, a constatação de importância das dimensões social e ambiental ficará mais clara, mas não necessariamente garante que o desconhecimento sobre seus teores diminuirá.

A figura 38 mostra por meio de setas azuis o grau de interatividade dos relacionamentos provocados pelos impactos gerados por cada uma das quatro dimensões do modelo multidimensional de análise da nanotecnologia. A concentração de setas nas dimensões social e ambiental evidencia as importâncias relativas de tais dimensões.

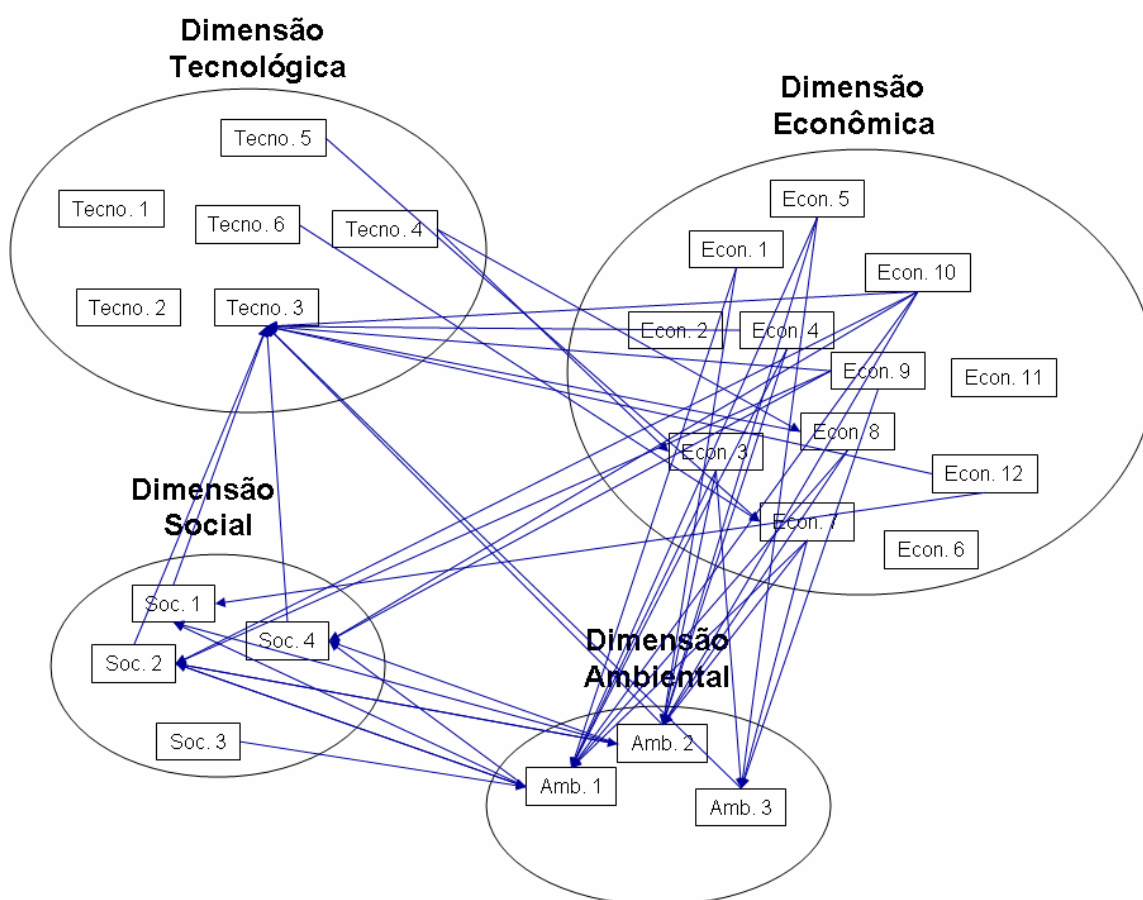


Figura 38 - Frequência de relacionamentos por dimensão

Existem muitos pontos de conexão entre as dimensões, mas uma lógica no encadeamento de impactos pode ser observada: dimensão tecnológica provoca impactos na dimensão econômica, que por sua vez provoca efeitos nas dimensões social e ambiental, e estas últimas entre si. Depois, no longo prazo, a lógica de

impactos começa novamente na dimensão tecnológica provocada por impactos de todas as outras dimensões.

7.4 DINÂMICA DO MODELO

A dinâmica do modelo multidimensional de análise de impactos de uma nova tecnologia é analisada de acordo com o modo de produção, o regime de acumulação, formas institucionais, e modo de regulação.

7.4.1 Modo de Produção

Atualmente, o modo de produção é uma mistura de variações que vai desde aquela puramente calcada substancialmente nos princípios capitalistas originais, da troca de materiais e de valores monetários entre pessoas, organizações e países, do lucro como instrumento de libertação do indivíduo, da exploração da mão-de-obra assalariada como força motriz do sistema, passando por variante que adicionam princípios liberais de Rousseau e Jefferson de liberdade e igualdade entre os cidadãos do sistema produtivo, até as variantes mais modernas que substanciam ativos intangíveis como as relações sociais e o conhecimento.

As variantes deste modo de produção se espalham no mundo, tendo no Brasil uma que espelha àquelas dos países desenvolvidos, mas onde os princípios liberais ainda não atingiram a plenitude em sua aplicação como orientador do modo de produção local (FAORO, 2001).

As novas tecnologias agem para promover o sistema de produção capitalista na intensificação dos esforços de produção e, conseqüentemente, de troca. A nanotecnologia é uma importante tecnologia, com característica de propósito geral, que busca ampliar a capacidade do sistema de produção capitalista. Desta forma, pode ser considerada uma vertente do atual pilar tecnológico do modo de produção capitalista. Os resultados da pesquisa mostram um imenso leque de aplicações para a

nanotecnologia, mas não possibilita vislumbrar nenhum indício de que o debate corrente questione ou proponha uma alteração do modo de produção vigente.⁴³

O modo de produção enfatiza as articulações entre as relações sociais e a organização econômica, ou seja, as relações sociais que regem a produção e a reprodução das condições materiais necessárias para a vida dos homens em sociedade (BOYER, 1990). Este elemento espelha em consequência a conjunção de relações de produção e de troca, com efeito sobre o processo de trabalho, que tem a submissão dos assalariados como fato.

7.4.2 Regime de Acumulação

Em países desenvolvidos, o regime de acumulação é financeirizado, segundo Boyer (2000), por apresentar pontos de interdependência do sistema produtivo com o capitalismo financeiro que são difusos em suas áreas limítrofes. Muitos desses pontos se confirmaram até 2007, com a exceção de que os Bancos Centrais exercem medidas preventivas para a contenção de determinados arroubos financeiros (ou maciçamente chamados de “bolhas”)⁴⁴. No Brasil, o regime de acumulação entrou efetivamente na financeirização do mundo desenvolvido.

O regime de acumulação presente no contexto da descoberta de uma nova tecnologia atualmente não é diferente de um regime de acumulação que estejam envolvidas diversas inovações. As inovações schumpeterianas emergem de uma

⁴³ O debate atual sobre a nanotecnologia visualiza a “nova tecnologia” como instrumento técnico para grandes transformações dentro do próprio sistema de produção. No entanto, em debates promovidos no IPT, pelo pesquisador Paulo Martins, uma organização não-governamental americana sugeriu que a ação em nível atômico proporciona limites de produção inalcançáveis atualmente, que extrapolaria a preocupação com a geração do lucro e a exploração do assalariado, ao conceder a liberdade de produção ao indivíduo. A solução para isso seriam máquinas compactas que teriam a capacidade de produzir os bens necessários ao bel prazer do indivíduo em função da utilização do fenômeno da “auto-montagem” atômica. A discussão tem limites teóricos, mas não existe contraponto suficiente a ela que permita a refutação completa, deixando a possibilidade aberta de alteração completa do modo de produção no futuro. Pontos deste debate podem ser lidos nos anais do Terceiro Seminário de Nanotecnologia, realizado em São Paulo, no IPT, em novembro de 2006.

⁴⁴ Paul Krugmann e Luiz Gonzaga Beluzzo, renomados economistas, respectivamente, americano e brasileiro, escreveram variados artigos em jornais e revistas, ao longo dos últimos dois anos, levantando a tese de que o Federal Reserve (Banco Central Americano) sob administração de Alan Greenspan, principalmente, entre 2001 e 2004, de que foi displicente com as inovações financeiras de agentes financeiros e de que não exerceu a prerrogativa de contenção do crédito pelo aumento da taxa de juros, razões fundamentais pela atual crise de liquidez no mundo.

ruptura do equilíbrio econômico para a criação de valor, e este valor ao ser trocado e acumulado garante a disponibilidade do lucro excedente.

O lucro por meio da produção que foi melhorada pela inovação constitui a peça fundamental do regime de acumulação atual. Da mesma maneira acontece em etapas anteriores à inovação *per se*, quando a Ciência põe a inventividade humana em prol de novos princípios físicos que se materializam em tecnologias de múltiplas utilidades. A tecnologia é o resultado da materialização de modos de uso de elementos físicos por meio de uma rede social orientada ao progresso do lucro do sistema de produção capitalista. Esta constatação é o resultado das entrevistas mantidas com especialistas de ampla visão e com membros de duas comunidades de atores, a empresarial e a acadêmica. Desta forma, para a maioria dos entrevistados, a priori, a nanotecnologia é um instrumento para a transformação da qualidade de vida humana, com oferta de novas utilidades, sendo subjacente sua preocupação em manter as regularidades econômicas e sociais de um regime de acumulação. Múltiplas aplicações em múltiplos setores da economia é o mote estabelecido para ser tão destacado o interesse pela nanotecnologia, que a confere uma expectativa de fator acelerador do atual regime de acumulação. Pode-se concluir que, durante o denominado período de instalação, o regime de acumulação se apropria da nova tecnologia para manter suas alternativas de acumulação. Mas a questão que permanece é: será que a nanotecnologia poderá modificar ou, de forma mais contundente, criar um regime de acumulação?

No cenário da nanotecnologia, a relação dos assalariados com a produção acontece primeiramente por meio do conhecimento. Existe uma significativa necessidade de aprofundamento do conhecimento com a nanotecnologia que se acaba criando espaço para relações sociais mais ampliadas como as redes. Os assalariados da produção já não mais correspondem somente ao corpo social da produção de bens com tecnologias tradicionais, pois eram exclusivos de uma organização e controlados apenas pela dependência da relação salarial. Espera-se que a relação de dependência salarial se mantenha, mas ao mesmo apresenta alternativas tais como o trabalho conjunto e de mútuo benefício com redes de pesquisas ligadas a atores de orientação não capitalistas. As regularidades sociais por trás do regime de acumulação ganham

novos matizes ao incorporar trabalhadores de outros atores, mas se mantém a estrutura da regularidade econômica.

Disso, o lucro vem adjacente à percepção dos novos trabalhadores da nanotecnologia (possuidores do conhecimento necessário), que verão as descobertas científicas aplicadas tanto na aceleração do regime de acumulação vigente quanto na transformação do mesmo para que reproduza o lucro de outras formas.

Em seguida ao conhecimento dominado sobre a nanotecnologia e focalizado na manutenção (ou aprimoramento) do regime de acumulação, os trabalhadores voltam à condição inicial de pura dependência na relação salarial. O contingente de trabalhadores de menor apuro de conhecimento sobre a nanotecnologia são necessários e continuam formando maior proporção como antes, conforme os resultados da pesquisa. Já os novos trabalhadores detentores do conhecimento se adaptam às regularidades sociais do regime de acumulação.

O regime de acumulação no contexto da nanotecnologia poderá ter o relacionamento com o capitalismo financeiro estreitado de forma irreversível e, no limite, ocorrer uma fusão de propósitos, com organizações absolutamente dependentes, visto que o investimento nesta nova tecnologia exige montantes de capital além de quaisquer patamares anteriores. Desta forma, o regime de acumulação se aprimoraria na busca pela regularidade econômica. Boyer (2000) já enfatizava esta relação da tecnologia com o regime de acumulação financeirizado que, no Brasil, ainda não acontece em sua plenitude, como atestam estudos de especialistas brasileiros como Galembeck e Ripel (2004), em função de que o investidor-acionista ainda não está acostumado a tomar risco em projetos de inovação de maior teor técnico.

A maior parte das classes sociais receberá a mesma forma de divisão do valor do regime de acumulação no cenário com nanotecnologia (com exceção, talvez, dos trabalhadores detentores do conhecimento), mas em contrapartida poderá usufruir de benefícios em dimensões além do econômico, como o social e o ambiental. A expansão da qualidade de vida com o uso da nanotecnologia poderá fazer com que a percepção das classes sociais ganhe perspectiva positiva em contraponto a uma eventual aceleração do regime de acumulação (que poderia ser negativo, se mal planejado).

Nesta entrada em novas dimensões é que se encontra o desafio para os atores desenvolvedores da nanotecnologia na definição de um regime de acumulação: como garantir uma demanda social que sustente uma evolução tendencial da capacidade de produção? Ao mesmo tempo que se poderia manter ou acelerar o regime de acumulação, as perspectivas de benefícios da nanotecnologia são de magnitudes tão intensas nas dimensões ambiental e social que esses poderiam ocasionar um paradoxo ao oferecer um limite incontestável de conforto que a demanda social cairia, colapsando a evolução da capacidade de produção. Isto poderia levar a uma crise do sistema de produção capitalista sem precedentes na história, ou pelo menos do regime de acumulação.

No curto prazo, de um a cinco anos, a nanotecnologia já é uma alternativa consistente de investimento para valorização do capital, visto que muitas iniciativas possuem financiamentos governamentais e privados para o desenvolvimento na dimensão tecnológica e algumas delas já enfrentam a competição na dimensão econômica. No médio prazo, de cinco a dez anos, não é possível prever um cenário consistente para a nanotecnologia como valorizadora do capital a ponto de influenciar os princípios de gestão, requisito para a completa definição de um regime de acumulação variante. A crise de liquidez atual⁴⁵ não permite que tecnologias em estágio incipiente ganhem perspectiva de crescimento acelerado, tendo em vista a desconfiança dos investidores-acionistas com atitudes mais arriscadas. Espera-se, no entanto, em cinco a sete anos, uma reversão do estado de desconfiança que permita uma focalização nas inovações com tecnologias revolucionárias como alternativa consistente de aceleração do regime de acumulação.

7.4.3 As Formas Institucionais do Modelo

Nesta seção são analisadas as formas institucionais do modelo multidimensional no enquadramento do caso da nanotecnologia.

⁴⁵ A maior parte da tese foi escrita em janeiro de 2008, mas este capítulo já tinha ultrapassado os acontecimentos do “setembro negro” da economia mundial.

7.4.3.1 Crédito e Moeda

Das cinco formas institucionais que podem sofrer influência da nanotecnologia e o seu eventual estabelecimento como Tecnologia de Propósito Geral (TPG) de transição de paradigma tecno-econômico, o relacionamento de crédito e moeda não se alterará em relação ao padrão tecnológico vigente do atual sistema de produção capitalista. A relação permanecerá a mesma tendo em vista a orientação para a financeirização do regime de acumulação, que objetiva o investimento em inovação como garantia de retorno de valor. Acreditam os especialistas entrevistados que os patamares com a nanotecnologia possam ser relativamente maiores, mas não em termos absolutos, pois a transição para produtos nanotecnológicos seria ainda muito lenta. Deste modo, atores da dimensão econômica iniciados em nanotecnologia teriam a relação entre moeda e crédito definida ainda em bases atuais.

7.4.3.2 Salário e Trabalho

O nexos entre salário e trabalho é uma forma institucional de um modelo econômico a qual uma nova tecnologia poderá afetar, embora sem desvios abruptos. Acredita-se que a nanotecnologia carrega o potencial revolucionário, mas a ordem dos acontecimentos ainda será evolucionária. Posicionando-se sob o prisma do observador externo, a nanotecnologia poderá induzir a substituição inteira de setores econômicos, mas em escala gradual, de transiente constante e não acelerado, de modo a que a massa salarial decorrente da substituição do emprego em setores atingidos seja compensada pela massa salarial em novos ou completamente renovados setores da economia. Obviamente que este é um cenário mais centrado, podendo oscilações ocorrerem e o nexos entre salário e trabalho portar parâmetros completamente imprevisíveis.

Por outro lado, os ganhos de produtividade de uma nova tecnologia atualmente com maior oferta de utilidades que proporcionam percepções de maior qualidade de vida. A nanotecnologia poderá ofertar este contrapeso com maior consistência em função das promessas na área da saúde, sob a égide da dimensão social, como apontam os especialistas entrevistados.

7.4.3.3 Tipo de Competição

A terceira forma institucional é o tipo de competição entre as firmas da dimensão econômica, que se altera imediatamente com os impactos positivos de uma nova tecnologia. Com a nanotecnologia, a situação não é (e será) diferente, pois os impactos para a competição são significativos em setores de altíssima competitividade tecnológica. A mesma lógica não acontecerá em setores de valor agregado mais baixo ou com alto índice de dependência de commodities, pois existem algumas barreiras físicas da nanotecnologia que deverão ser transpostas como o padrão ótimo de escalabilidade de produção industrial e a necessidade de sistemas de medição sofisticados e caros (barreiras que foram atestadas pelos especialistas entrevistados).

Desta forma, a competição por meio do advento da nanotecnologia poderá ocorrer em ritmos diferentes para setores da economia com níveis de exigência tecnológicos diferentes.

A nanotecnologia poderia alterar o modo de adesão ao regime internacional desde que as barreiras acima fossem rapidamente superadas e um pequeno conjunto de países e/ou um pequeno conjunto de firmas estabelecesse um domínio flagrante sobre a nanotecnologia, que mobilizasse os demais países e/ou firmas a acordos em outra esfera de inserção que não aquelas atualmente reconhecidas como os blocos econômicos, entidades multilaterais e, mais recentemente, acordos bilaterais. Ainda não se reconhece por parte dos especialistas em nanotecnologia avaliações desta profundidade, embora uma vertente acredite que possa haver estrangulamento para a inserção no regime internacional causando maior grau de dependência entre países (MARTINS, 2006).

7.4.3.4 Intervenção do Estado Nacional

A intervenção do Estado Nacional é a última forma institucional a ser analisada pelo modelo de análise com relação à nanotecnologia. No Brasil e no mundo, o papel do Estado tem sido fundamental para o estímulo à nanotecnologia (ROCCO, 2003; MCT, 2007), tendo o ator Governo e seus órgãos competentes investido em pesquisa e desenvolvimento desde o início do cenário de desenvolvimento da nanotecnologia. O Estado Nacional vestido no papel de indutor de uma nova tecnologia é cada vez mais

levado em consideração por países periféricos (vide o vulto de investimento em nanotecnologia na Coreia do Sul e na China), que proporciona condições de boas práticas regulatórias, mas principalmente por meio do investimento e da renúncia fiscal pública. A nanotecnologia no Brasil está sendo consolidada por meio de redes de pesquisadores em universidades renomadas, embora o investimento ainda seja ínfimo em relação aos países desenvolvidos para dar o devido suporte a um cenário promissor.

7.4.3.5 Adesão ao Regime Internacional

No mundo, os países mais desenvolvidos ainda ensaiam articulações para desenvolvimento conjunto da nanotecnologia, como os países da Comunidade Económica Europeia (ELSI, 2005). No Brasil, ainda não existe uma adesão concreta ao regime internacional para o caso da nanotecnologia.

Existe iniciativas para a criação de uma norma ISO específica para a padronização de equipamentos e instrumento de medições nanotecnológicos, mas se encontra em fase de estudo (ISO, 2008)

7.4.4 Modo de Regulação

O modo de regulação mais propício ao atual regime de acumulação, que insira novas tecnologias em regularidades econômicas e sociais e, ao mesmo tempo, enfrente os dilemas éticos e legais proporcionados pelos impactos da mesma tecnologia nas dimensões ambiental e social, não existe em sua plenitude⁴⁶.

Os especialistas entrevistados nesta pesquisa concordam da necessidade de um modo de regulação que contemple especificidades da nanotecnologia, mas não garantam que deverá ser exclusivo para a mesma. O cerne do debate vem de atores da dimensão tecnológica, que não conseguem visualizar, em sua maioria, a extensão dos

⁴⁶ O questionamento atual das Ciências Econômicas é que escola de pensamento econômico tem razão (ou culpa) na presente crise de liquidez (se keynesianos, hyekianos, friedmanianos, schumpeterianos, etc). Posto a celeuma, a recomendação de que a intervenção do Estado na economia por meio de mecanismos regulatórios é necessária vai de encontro ao movimento desregulatório dos anos 80. Movimentos dialéticos é o motor das teorias e práticas econômicas e o contexto de uma nova tecnologia não vai conseguir se desvincular das linhas destes movimentos

impactos da nanotecnologia em outras dimensões. Contudo, existem especialistas e grandes iniciativas patrocinadas por Estados de países desenvolvidos (como a iniciativa no Reino Unido, ELSI (2005)) em busca de bases para o lançamento de um modo de regulação mais realista e que dinamize o desenvolvimento de novas tecnologias.

O processo de regulação também deverá criar mecanismos para estimular os investimentos pelos agentes econômicos, seja pela proteção da propriedade intelectual seja pela normatização dos direitos comerciais. Isto se justifica porque diversos setores da nanotecnologia exigirão um alto patamar de investimentos na transferência da escala laboratorial do produto para a escala industrial, como é o caso da indústria farmacêutica.

Outro aspecto da nanotecnologia é seu caráter multidisciplinar que deverá envolver vários grupos de atores, exigindo o estabelecimento de regras legais mais complexas para acordos e patentes. Nesta diretriz, poderá existir conflito de interesses entre os atores em função de envolvimento comerciais. Assim, uma forma de minimizar isto é todo o processo de estabelecimento dos direitos de propriedade intelectual ser conduzido por atores desprovidos de interesses comerciais e fiscalizados por aqueles que os possuem.

A Constituição Federal do Brasil dispõe de artigos que garantem direitos básicos ao indivíduo e os protegem do abuso econômico de outros agentes. O artigo quinto da Constituição versa sobre a inviolabilidade do corpo, o respeito à dignidade humana, o direito à vida e o direito à igualdade. E o artigo 170 da Constituição exprime que o desenvolvimento econômico deve proteger a dignidade da pessoa humana e do consumidor, e a destruição irracional do meio-ambiente.

Existem leis específicas para o direito à saúde e a proteção ao meio-ambiente, como são, respectivamente, as Leis Federais 196 e 225.

Os maiores temores a respeito dos impactos negativos da nanotecnologia provêm das Organizações Não-Governamentais, que alegam falta de proteção ao indivíduo e ao consumidor em face dos produtos nanotecnológicos e as suas conseqüências do uso. Em termos legais, no Brasil, a proteção já parte da Carta Magna, o que garante necessidade de cuidados jurídicos por parte dos atores com mais interesse econômico.

Outras garantias legais contra a agressão ao indivíduo e consumidor foram garantidas pelo novo Código Civil. As leis 927 e 931 imputam responsabilidade a todos os participantes do processo de desenvolvimento da tecnologia e do produto derivado, independente da existência de culpa de cada agente, caso aconteça danos, agressões e riscos à vida do usuário e do meio-ambiente. A severidade desta condição imposta pelo Código Civil impõe a necessidade de cuidados por parte de todos os envolvidos no desenvolvimento da nanotecnologia, inclusive os pesquisadores. Acredita-se que os cuidados por parte dos pesquisadores já se pautam em sólida ética, pois 82% dos entrevistados da rede de Nanobiotecnologia não acreditam que são necessárias novas normas éticas para a nanotecnologia.

Mas existem pontos importantes, que devem orientar o desenvolvimento de aplicações e produtos que utilizam nanotecnologia, tais como:

- Os benefícios da nanotecnologia devem suplantar os riscos evidenciados de modo que atinja uma ampla gama da população, tanto em termos de uso quanto em vantagens;
- A regulação não pode exagerar na classificação da intensidade do risco ou na excessiva prevenção de sua existência, pois pode restringir a amplitude da pesquisa e frear os investimentos no desenvolvimento de aplicações nanotecnológica.

De outra forma, os propalados benefícios da nanotecnologia podem não aparecer, impossibilitando o acesso dos atores menos ativos, como os indivíduos. No entanto, o modo de regulação não pode se eximir de salvaguardar os direitos dos consumidores e dos indivíduos cidadãos. Com a nanotecnologia isto não deverá ser diferente, impondo a criação e a divulgação de métodos apropriados para que os testes de produtos sejam confiáveis e não agredam a saúde humana e nem o meio-ambiente. Quaisquer partículas ou estruturas nanométricas que concebam a razão de um produto, que auxiliem as funcionalidades de um produto, ou que aprimorem o processo de fabricação de um produto, devem ser consideradas novas em relação aos produtos desprovidos de tais tecnologias, mesmo aqueles que não tiveram o conceito de nanotecnologia intencionalmente incorporado.

Todo marco regulatório deverá ser construído sob debate de todos os atores, esclarecido pelo discurso técnico dos cientistas, onde a confiança mútua deve pautar as relações e a comunicação deve ser feita com clareza e abertura. E avaliações devem ser conduzidas para todos os novos produtos, levando em consideração os riscos potenciais, interações com outras partículas ou substâncias, toxicidade, entre outros aspectos;

A prioridade é avaliar os novos materiais, determinar seus níveis de risco e agregar informações básicas para estabelecer as declarações regulatórias. Mesmo partículas em escala nano, que tenham sido incorporadas em produtos lançados dentro da atual regulação, pela ausência de reconhecimento da autoridade legal, ocasionada pela ignorância técnica, inviabilidade técnica dos testes ou determinação política, devem se submeter após um período legal a novos testes dentro de um período determinado pela autoridade legal.

7.4.5 Síntese da Dinâmica do Modelo Multidimensional no caso da Nanotecnologia

O quadro 18 sumariza o enquadramento da nanotecnologia de acordo com os elementos do modelo de desenvolvimento econômico da teoria da regulação.

Elemento do Modelo	Análise da nanotecnologia
Modo de produção	Não alteraria modo de produção (apenas uma ínfima perspectiva defendida por uma corrente norte-americana)
Regime de acumulação	Aprimoramento para se manter ou acelerar regime de acumulação
Formas Institucionais	Apenas o tipo de competição poderia apresentar maior grau de modificação com a nanotecnologia. As demais formas institucionais devem respeitar o passo da realidade atual ou mesmo com ausência de mudanças significativas
Modo de Regulação	É causa e efeito do debate para o estabelecimento de um modo de regulação atual

Quadro 18 - Elementos do modelo de desenvolvimento

Em princípio, na atual fase de instalação, a nanotecnologia não apresentaria uma dinâmica suficiente para alterar a maior parte dos seus elementos. Esta tecnologia pode ser vista como uma tecnologia de grau evolutiva, com perspectivas significativas, mas sob uma estrutura conceitual semelhante ao desenvolvimento de tecnologias revolucionárias, anteriores e atuais.

Conclui-se que o debate ao redor das dimensões tecnológica e econômica se expande para as dimensões social e ambiental, o que permite vislumbrar que o poder revolucionário da nanotecnologia já é possível de se constatar neste critério de ampliação dimensional para nortear o desenvolvimento econômico.

Portanto, o modelo multidimensional de análise de impactos da nanotecnologia conduz a reflexões e cenários norteadores para que os atores envolvidos entendam seu papel e clareiem o poder dos impactos das aplicações nanotecnológicas, sem prejudicar a sociedade e o meio-ambiente.

8 CONCLUSÃO

Esta tese abordou o tema do estudo de impactos da nanotecnologia sob uma perspectiva de análise ampliada para além das tradicionais dimensões tecnológicas e econômicas. Para isso, as teorias schumpeterianas, Escola Francesa da Teoria da Regulação e do desenvolvimento sustentável foram utilizadas para constituir a base do modelo conceitual de análise proposto pela tese.

O principal objetivo desta tese foi propor um modelo de análise multidimensional que analisasse a nanotecnologia sob as dimensões tecnológica, econômica, ambiental e social.

Para se cumprir o objetivo da tese, um levantamento de campo foi necessário para identificar os principais impactos a serem ocasionados pela nanotecnologia. Este levantamento foi realizado em três etapas: a primeira teve uma pesquisa qualitativa que colheu a opinião de especialistas em nanotecnologia a respeito dos impactos, pertencentes aos atores acadêmicos, empresariais, governamentais e de organizações não-governamentais; a segunda etapa aconteceu por meio de uma pesquisa quantitativa que foi realizada na rede de Nanobiologia, constituída com o patrocínio do Governo Federal e formada por especialistas em tecnologias voltadas a fármacos e cosméticos, para confirmação dos impactos da etapa anterior; e a última etapa, constitui-se de uma pesquisa qualitativa entre membros da comunidade empresarial do setor farmacêutico com pesquisa em nanotecnologia.

Dos entrevistados nas três etapas da pesquisa, houve uma grande convergência de opiniões quanto aos possíveis impactos da nanotecnologia, principalmente nos dimensões tecnológico e econômico.

A nanotecnologia é uma nova tecnologia na acepção do conceito, mas seus princípios vêm sendo praticados a algumas décadas em descobertas científicas. Esta indefinição é ainda motivo de controvérsia em muitos debates a respeito de estudos de impactos, o que motiva uma falta de convergência nas opiniões.

Outro ponto importante a ressaltar é que poucos produtos nanotecnológicos atingiram o mercado, impossibilitando que a análise na dimensão econômica possa ter alguma consistência. Mesmo em impactos da dimensão tecnológica, que é a dimensão originadora da nanotecnologia, existe dúvidas levantadas por parte dos atores

acadêmicos como, por exemplo, a possibilidade de soluções ilimitadas, a qual não possui confirmação prática.

Uma outra ressalva é a impossibilidade de confirmação dos impactos e de seus relacionamentos em diversas dimensões de análise, situação que se explica pelo fato de que a nanotecnologia ainda não alcançou estágio de desenvolvimento que possa garantir uma mudança de paradigma tecno-econômico. Mesmo sendo uma importante ressalva, o modelo de análise proposto mostra consistência da nanotecnologia com as direções de análise das teorias basilares desta tese e os relacionamentos corroboram um sentido lógico de análise. Os impactos possuem probabilidades de serem confirmados, sendo esta uma ferramenta prospectiva que auxiliaria o direcionamento do desenvolvimento da tecnologia em questão.

A ordem de relacionamento entre as dimensões do modelo mostra que a dimensão tecnológica é o originadora da nanotecnologia, sendo que seus impactos repercutem na dimensão econômica que, por sua vez, repercute nas dimensões social e ambiental. Estes últimos possuem impactos que repercutem entre si. O modelo é consistente em levar em consideração o nível de tais interações entre as dimensões, mas nos sentidos inversos (os outros seis sentidos entre as dimensões) a definição de relacionamento ficaria mais fragilizada pelo atual estado de desenvolvimento da nanotecnologia. É necessário um pouco mais de certeza para realizar inferências sobre os impactos que se relacionam nos sentidos restantes.

A nanotecnologia repete basicamente o conteúdo dos quatro elementos da teoria da regulação para análise de desenvolvimento econômica, mostrando que esta tecnologia ainda carece de caráter revolucionário consistente com os parâmetros do modelo. A nanotecnologia viria para manter ou acelerar o modelo de desenvolvimento econômico atual, o que leva a concluir sob esta perspectiva que a mesma possui um caráter evolucionário na perspectiva da teoria da regulação. Mesmo alterando a intensidade das formas de competição entre firmas, a nanotecnologia não apresenta indícios consistentes de mudanças de princípios econômicos que levasse a conclusão distinta. Como as descobertas científicas e suas conseqüentes aplicações tecnológicas se encontram em estágio incipiente, esta perspectiva evolucionária pode mudar para algo mais intenso.

Os atores do desenvolvimento da nanotecnologia continuam os mesmos de tecnologias anteriores como os Alimentos Geneticamente Modificados, mas com maior atenção em relação aos aspectos regulatórios. Para a nanotecnologia, a regulação será um indutor de desenvolvimento e uma garantia de que eventuais impactos de efeitos maléficos se mantenham mais controlados.

Em suma, concluí-se que a nanotecnologia deve ser analisada em múltiplas dimensões e que os impactos identificados e analisados no modelo proposto podem ser confirmados em termos de relacionamento, mas não em quantidade dos efeitos.

O modelo multidimensional de análise de impactos proposto serviu para mostrar que, no caso da nanotecnologia, as dimensões social e ambiental recebem influências significativas das dimensões tecnológica e econômica, principalmente desta última. E as próprias dimensões social e ambiental revertem, ao longo do tempo, impactos para as dimensões tecnológica e econômica, formando um ciclo de constante mudança, espelhando a atual complexidade da realidade.

Uma importante limitação desta tese foi a dificuldade em encontrar produtos nanotecnológicos no mercado brasileiro e uma maior quantidade de empresas que estejam pesquisando esta tecnologia. Isto evidencia uma constatação de que o Brasil possui uma grande plataforma de pesquisa, pois apresenta resultados significativos por parte de atores da comunidade científica, mas desprovida de empresas com interesse em trazer as aplicações ao mercado, o que fecharia o ciclo de inovação na dimensão econômica. Mesmo assim, em comparação com cenários de desenvolvimento tecnológicos anteriores, o caso da nanotecnologia ainda permite que o país acompanhe os esforços dos países desenvolvidos no sentido de estabelecer inovações e o desenvolvimento econômico sustentável.

Outra limitação importante se refere ao vigor das análises dos impactos da nanotecnologia que podem ser alterados conforme novas descobertas nos diversos campos de aplicação. Assim, a estrutura de análise a ser adotada para novas tecnologias precisa ser suficientemente flexível para incorporar novas perspectivas dos mesmos impactos, novos impactos e conseqüências de ordens desconhecidas. E nenhuma das visões particulares colhidas pela tese pode conter uma chancela

científica definitiva a ponto de restringir o desenvolvimento de novas fronteiras de conhecimento dentro dessa tecnologia.

Desta forma, a tese permite a proposição de um modelo multidimensional de análise de uma nova tecnologia e deixa com isso a perspectiva para futuras pesquisas na mensuração da realidade dos impactos no cenário de desenvolvimento da nanotecnologia, a fim de que isso possa ser comparado e o modelo ganhar consistência estatística. Uma outra forma de pesquisa futura é a modelagem matemática do modelo, que exige instrumentação algébrica e levantamento maciço de dados da realidade para ser comprovado, o que exigiria um prazo de tempo mais longo para que o caso da nanotecnologia mature um pouco mais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGLIETTA, M. **A theory of capitalist regulation: the US experience**. New Left Books, London, 1979.

AKAO, Y. **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design**. Productivity Pr, University Park, Illinois, U.S.A. 1990

ALENCAR, M. S. M., ANTUNES A. M. S PORTER; A. L. Nanopatenting patterns raise issues for managers, countries. **Research Technology Management**, v49, n 4, July/August, 8-9, 2006.

ALLEN, P.M. Evolution, innovation and economics. em: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988.

ALVES, O. L. Atividade prospectiva em nanotecnologia: desenvolvimento científico da nanociência e nanotecnologia nos últimos 10 anos (janeiro 1994 - julho 2004). Relatório Parcial. Unicamp, 2004. Disponível em <http://lqes.iqm.unicamp.br>, consulta em 1 de setembro de 2005.

AMABLE, B.; DEMMOU, L.; LEZDEMA, I. Competition, innovation and distance to frontier- **CEPREMAP**, 2007 – Disponível em: http://www.cepremap.ens.fr/version/docume/index_en.php?choix=ARCHIVES, acessado em 29 de novembro de 2008.

ANTON, P., SILBERGLITT, R.; SCHNEIDER, J. The Global Technology Revolution: Bio/Nano/Materials trends and their synergies with information technology by 2015. Santa Monica, CA: **RAND-Report**, 2001.

APPENZELER, J. et al. Carbon nanotube electronics. **IEEE Transactions on Nanotech.**, v. 1, 2004.

ARTHUR, W.B. Competing technologies: an overview. em: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988

BALLARD, E.G. **Man and technology: toward the measurement of a culture**. Dusquene University Press, Pittsburgh, 1978.

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Lisboa/Portugal: Edições 70 Ida, 2000, 225p.

BARIN-CRUZ, L. **Da lógica econômico-financeira para a lógica sustentável nas estratégias organizacionais**. Ensaio Teórico, Exame de Qualificação de Doutorado da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 46p., 2005.

BARROW, C.J. **Social impact assessment: an introduction**. Google Books. 2001.

BARRY, B. The anti-political economy. **Economy and Society**, 31, 2, 268–284, 2002

BASALLA, G. **The evolution of technology**. Cambridge University Press. Cambridge history of science series. 1988.

BHALLA, S. K. **The effective management of technology: a challenge for corporations**. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, MA. 1987

BOHR, M. T. Nanotechnology goals and challenges for electronic application. **IEEE Transactions on Nanotech.**, 01. 2002

BOURIANOFF, G. Nanoenergetics, nanomaterials, nanodevices, nanocomputing – putting the pieces together. **European Materials Research Society**, Spring Meeting, 2004.

BOYER R. Is a finance-led growth regime a viable alternative to Fordism? A preliminary analysis. **Economy and Society**, 29, 1, 111-145, 2000.

BOYER, R. **A teoria da regulação: uma análise crítica**. Ed. Nobel, São Paulo, 1990.

BOYER, R. Technical change and the theory of 'régulation'. in: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988.

BOYER, R.; SAILLARD, Y. **Regulation theory: the state of the art**. Routledge, London, 2002.

BRASIL. Lei nº 10.973 – “Lei da Inovação”. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2004

BRESNAHAN, T. F.; TRAJTENBERG, M. General purposes technology: engines of growth? **Journal of Econometrics**, v65, 83-108, 1995.

BURDGE, R.J. ; VANCLAY, F. Social impact assessment: a contribution to the state of the art series. **Impact Assessment**, V14, 1996.

BUSINESS DICTIONARY. Economic growth definition. 2008. Disponível em: <http://www.businessdictionary.com/definition/economic-growth.html>, consultado em 01 de dezembro de 2008.

CARLAW, K. I.; LIPSEY, R.G. Externalities, technological complementarities and sustainable economic growth. **Research Policy**, v31, 1305-1315, 2002.

CARLAW, K; LIPSEY, R.G.; BEKAR, C. T. **Economic transformations: general purpose technologies and long term economic growth**. Oxford University Press, 2005.

CHANDY, R. K. **Organizing for Radical Innovation**. Dissertação apresentada na University of Southern California, 1996.

CHRISTENSEN, C. M.; ANTHONY, S. D.; ROTH, E. A. Seeing what's next: using the theories of innovation to predict industry change. **Harvard Business School Press**. Boston, MA. 2004

CLARK, K. B.. The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution. **Research Policy**, v14: 235-251, 1985

CLARK, N.; JUMA, C. Evolutionary theories in economic thought. in: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988.

CORICELLI, F.; DOSI, G. Coordination and order in economic change and the interpretative power of economic theory. em: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988.

COUVRER, P.; BARRAT, G. FATTAL, E. LEGRAND, P.; VAUTHIER, C. Critical reviews in the therapeutic drug carrier systems. **PUBMED**, 19, 2, 99-134, 2002

CRANDALL, B.C. **Nanotechnology**. London: MIT Press.1997

CURTIS, B.; KELLNER, M.I.; OVER, J. Process Modeling. **Communications of ACM**, 35, 9, 75-90, 1992.

DEMO, P. **Pesquisa e construção de conhecimento**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1996.

DEWICK, P.; GREEN, K.; MIOZZO, M. Technological change, industry structure and the environment. **Futures**, v35, 267-293, 2004.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, vol. 2, no. 3,147-162. 1982.

DRAZIN, R.; SCHOONHOVEN, C.B. Community, population, and organization effects on innovation: a multilevel perspective. **Academy of Management Journal**, v39, n5, 1065-1083, 1996.

EBSCO. Disponível em: <trial.epnet.com> , Acesso em 05 de Julho de 2004.

ELSI. **Benefits, risks, ethical, legal and social aspects of nanotechnology**. 4 ° Nanoforum Report, 2005.

ELZEN, B. ; WIECZOREK, A. Transitions towards sustainability through system innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v72, 651-661, 2005.

EMERALD. Disponível em: < www.emeraldinsight.com>, Acesso em 05 de Julho de 2004.

ETC GROUP. **The big down. From Genomes to Atoms. Atomtech: Technologies Converging at the Nano-scale**. Action Group on Erosion, Technology and Concentration, Winnipeg, 2003

FAORO, R. **Os donos do poder: formação do patronato político brasileiro**. Ed. Globo, 3ª edição, São Paulo, 2001

FAUCHEX, S; NICOLAÏ, I. Environmental technological change and governance in sustainable development policy. **Ecological Economics**, 27, 243-256, 1998.

FEBRAFARMA. Estudo setorial. 2004. Disponível em: <http://www.febrafarma.org.br/>, consultado em 10 de junho de 2007.

FINEP. **Editais**. Financiadora de Estudos e Projetos. 2005. Disponível em <http://www.finep.gov.br>, consultado: 01 de agosto de 2006.

FINEP. **Relatório do Setor Farmacêutico**. Financiadora de Estudos e Projetos. 2003. Disponível em <http://www.finep.gov.br>, consultado: 10 de dezembro de 2006.

FISHBINE, G. **The investor's guide to nanotechnology and micromachines**. Wiley Finance Series #107, 1, 2002

FOLLADOR, W. **Princípios de farmaeconomia**. Apostila de curso de Farmaeconomia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, 30 p., 2004.

FREEMAN, C. C. Introduction. in: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988.

FREEMAN, C. **The economics of industrial innovation**. The MIT press. 1982

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behavior. in: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988.

FURTADO, C. Raízes do desenvolvimento. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 2001.

GALEMBECK, F.; RIPEL, M.M. **Nanotecnologia: estratégias institucionais e de empresas**. Relatório MCT. 2004

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999

GLADWIN, T. N.; KENNELLY, J. J.; Krause, T. Shifting Paradigms for sustainable development: implications for management theory and research. **Academy of Management Review**. v. 20, n.4, pp. 874-907.1995

GLASSON, J.; THERIVEL. R; CHADWICK, A. **Introduction to Environmental Impact Assessment**. 3th edition. Routledge, 2005.

GRAHL, J.; TEAGUE, P. The Régulation School, the employment relation and financialization. **Economy and Society**, 29,1, 160–178, 2000

GREENPEACE ENVIRONMENTAL TRUST. Future technologies, today's choices. nanotechnology, artificial intelligence and robotics: A technical, political and institutional map of emerging technologies . London: Greenpeace Environmental Trust, 2003.

GUNASEKARAN, A. Agile Manufacturing: A Framework for Research and Development. **International Journal of Production Economics**, v62, 87-105,1999;

HEERTJE, A. **Economics and technical change**. John Wiley Sons Publishing, Londres, UK, 334p, 1977.

HÖPNER, M. What connects industrial relations and corporate governance? Explaining institutional complementarity. **Socio-Economic Review**, v3, 331-358, 2005.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. **Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC**. Cambridge University Press, Nova Iorque, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>, consultado em 30 de novembro de 2008.

KEEGAN, A.; TURNER, J. R. The management of innovation in project-based firms. **Long Range Planning**, v35, 367-388, 2002.

KELLER, G.; TEUFEL, T. **SAP R/3 Process Oriented Implementation**, Addison-Wesley, Harlow, 1998.

KING, J.L.; GURBAXANI, V; KRAEMER, K.L.; McFARLAN, F. W., RAMAN, K.S.; YAP, C.S. Institutional factors in information technology innovation. **Information Systems Research**, v5, 139-169, 1994.

KINGON, A. I.; COLLINS, M. J.; GENTRY, S. T.; BEAN, A. S.; WOLFF, M. F. Corporate responses to nanoscience and nanotechnology. **Research Technology Management**. v. 47, 6-8, May/June, 2004.

KRUG, H. F. Impact of Nanotechnological Developments on the Environment. Abstract. 2005. Disponível em <http://www.scientificjournals.com/sj/uwsf/abstract/ArtikkelId/7641>, consulta em 28 de novembro de 2008.

KUHN, T.S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo, Ed. Perspectiva, 1962.

LATTES. Base de Dados de Curriculum Científico Lattes. **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Brasil, 2006. Disponível em: <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do?metodo=apresentar>>, consultado em 10 de agosto de 2006

LEITE, M. Devagar com o nanoandor. **Jornal Folha de São Paulo**. Seção Ciência em Dia. disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe2908200403.htm>, consultado em: 10 de julho de 2005.

LI; X.; CHEN; H.; DANG, Y.; LIN, Y.; LARSON; C. A.; ROCO; M. C. A longitudinal analysis of nanotechnology. **Journal of Nanoparticle Research**, V10, 3-22, 2008

LIPIETZ, A. The globalisation of the general crisis of fordism. Econpapers, Couverture Orange, **CEPREMAP**, 1984

LIPPI, M. On the dynamics of aggregate macroequations: from simple microbehaviour to complex macrorelationships. em: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988

LUX RESEARCH. **Information on Nanotech Report – 5th edition**. 2008. Disponível em: <http://www.luxresearchinc.com/tnr.php>, consultado em 01 de dezembro de 2008.

LYNN, G.S. New product team learning: developing and profiting from your knowledge capital. **IEEE Engineering Management Review**, 2 Quarter. 2000.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: towards a history-friendly model. **Industrial and Corporate Change**, 11, 4, 667-703, 2002.

MALHOTRA, N. K. **Marketing research: an applied orientation**. Prentice Hall International, New Jersey, 1993.

MARQUES, L. F. M.; ZAWISLAK, P. A.; CRUZ, L. B. Towards a New Regulatory Agenda for Nanotechnology. **Anais do XXIV Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológico**, 2006, Gramado.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MERIDIAN INSTITUTE. Nanotechnology and the poor: opportunities and risks. Closing the gaps within and between Sectors of Society, Washington, D.C., January. 4th Nanoforum report: benefits, risks, ethical, legal and social aspects of nanotechnology. Nanoforum.org, June, 2005.

MOMTAZ, S. Institutionalizing social impact assessment in Bangladesh resource management: limitations and opportunities. **Environmental Impact Assessment Review**, 25, 1, 33-45, 2005.

NANOBIOTEC. Relatório de produção da rede de Nanobiotecnologia. 2005. Disponível em: <http://ftp.mct.gov.br/temas/Nano/relatorio-nanobiotec-2003-2004-brasil.pdf>, consultado em 8 de abril de 2005.

NANOFORUM. 4th Nanoforum report: benefits, risks, ethical, legal and social aspects of nanotechnology. **Nanoforum.org**, June, 2004. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>, consultado em 30 de novembro de 2008.

NANOLOGUE. **Opinions on the ethical, legal and social aspects of nanotechnologies - results from a consultation with representatives from research, business and civil society**, 2006.

NELSON, R. Institutions supporting technical change in the United States. in: DOSI, G. et al. (eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988.

NELSON, R. R.; WINTER, S. **An Evolutionary Theory of Economic Change**., The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge (MA). 1982

NICOLETTI, G.; SCARPETTA, S. Regulation, Productivity and Growth: OECD Evidence. **Economic Policy**, 36, 9-72, 2003.

NIELSEN, K. Institutional approaches in the social sciences: typology, dialogue, and future challenges. **Journal of Economic Issues**, 35, 2, 2001.

NIST. Nanotechnology Research Directions: Vision for Nanotechnology R & D in the Next Decade. **National Science and Technology Council**, Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology (September). 1999.

NNI (NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE). **Relatório de despesa**. Disponível em <http://www.nano.gov/html/about/funding.html>, consultado em 28 de novembro de 2008

PEREZ, C. . Finance and technical change: a neo-schumpeterian perspective. In: HANUSCH, H.; PYKA, A. (eds.). **The Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics**, Edward Elgar, Cheltenham. 2007.

PEREZ, C. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. **Futures**, v.15, n.4, 357-375. 1983.

PHILLIPS, R. **Community indicators measuring systems: urban and regional planning and development**. Ashgate Publishing, 2005.

PHOENIX, C. **Molecular manufacturing**. Publicado em <http://crnano.org.br/papers.htm> em agosto de 2003, consulta em 11 de agosto de 2008.

PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva: técnicas para a análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, . 362p, 1986

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 512p.,1989.

PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. The link between competitive advantage and CSR., **Harvard Business Review**, December, 2006

RASHBA, E.; GAMOTA, D. Anticipatory standards and the commercialization of nanotechnology. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 5, , pp.401-407. 2003

RATNER, M.; RATNER, D. **Nanotechnology: Gentle introduction to the next big idea**. New Jersey: Prentice Hall PTR, 2003.

RITCHEY, T. General morphological analysis: a general method for non-quantified modelling. Adaptado do artigo "Fritz Zwicky, Morphologie and Policy Analysis", apresentado no **16th EURO Conference on Operational Analysis**, Bruxela, 1998. Disponível em: < <http://www.sylviooss.pro.br/gma.pdf> > , consultado em 10 de julho de 2007.

RITCHEY, T. Strategic decision support using computerised morphological analysis. Adaptado de artigo apresentado em: **9th International Command and Control Research and Technology Symposium**, Copenhagen – September 14-16, 2004. Disponível em: <<http://www.swemorph.com/pdf/futures.pdf>> , consultado em 10 de julho de 2007.

ROCO, M.; BAINBRIDGE, W.S. Nanotechnology: societal implications. **Nanotoday**, 493 pgs, 2006.

ROCO, M.C. . Nanoparticles and nanotechnology research. **Journal of Nanoparticle Research**, 01, 1-6. 1999

ROCO, M.C. The US national nanotechnology initiative after 3 years (2001-2003). **Journal of Nanoparticle Research**, vol.6, 1-10, 2004.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

ROSENBERG, N. **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge University Press, Londres, UK, 297 p. 1982

ROSSI, F. The excitonic quantum computer. **IEEE Transactions on Nanotech.** v. 3, 2004.

ROYAL SOCIETY/ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. Report of the Royal Society/Royal Academy of Engineering Working Group, 2004.

RUBENSTEIN, S.; JOHNSON, A. Fiasco em estudo de drogas pode ameaçar lucro da Schering-Plough. **Jornal Valor Econômico**, publicado em 20 janeiro, 2008.

RUSSEL, A. Biotechnology as a technological paradigm in the global knowledge structure. **Technology Analysis & Strategic Management**, v11,n2, 235-254, 1999.

SAHAL, D. Technological guideposts and innovation avenues. **Research Policy**, 14, 61-82.1985

SALERNO. M., LANDONIA, P.; VERGANTIA, R. Designing foresight studies for Nanoscience and Nanotechnology (NST) future developments. **Technological Forecasting and Social Change**, v75, n8, October, 1202-1223, 2008.

SCHEER, A.W. **Business Process Engineering: Reference Models for Industrial Enterprises**, Springer-Verlag, Heidelberg. 1998.

SCHILLING, M.A. Technological lockout: an integrative model of the economic and strategy factors driving technology success and failure. **Academy of Management Review**, v23, n 2, 267-284,1998.

SCHMANDT, J.; WARD, C.H. **Sustainable development: the challenge of transition**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 240p, 2000.

SCHOBER, J. Nanotecnologia ainda não está no dia a dia das pessoas. **Revista ComCiência/SBPC**, 2002. Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano03.htm>. Acesso em 24/02/2005.

SCHUMPETER, J. A. **The theory of economic development**. Cambridge, MA. Harvard University Press. 1934.

SCOTT, M.F. **A new view of economic growth**. Clarendon Press, Oxford, 1989.

SETORIAL. Caderno de análise setorial. **Jornal Valor Econômico**. São Paulo. SP. 2008

SHATKIN, J.A., Nanotechnology: Health and Environmental Risks: Perspectives in Nanotechnology, Draft, 41p, 2006. Disponível em: <http://www.fan.org.ar/documentos/draft-research-strategy.pdf> , consulta em 28 de novembro de 2008.

SHELLENBERGER, M; NORDHAUS, T. **The death of environmentalism: global warming politics in a post-environmental world**, 36p. 2004. Disponível em: www.thebreakthrough.org/images/Death_of_Environmentalism.pdf - consultado em 10 de julho de 2005.

SHLEIFER, A. Understanding regulation. **European Financial Management**, 11, 4, 439–451, 2005.

SHRIVASTAVA, P. Ecocentric management for a risk society. **Academy of Management Review**. v.20, n.1,118-137, 1995.

SILVERBERG, Gerald. Long waves: conceptual, empirical and modeling issues. Em: HANUSCH, Horst; PYKA, Andreas. **Elgar companion to neo-schumpeterian economics**. Capítulo 50, 2007.

SIMONIAN, H. Novartis profits hit by restructuring charge. **The Financial Times**, publicado em 17 de Janeiro, 2008.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. **The Review of Economics and Statistics**, 39, 3,312-320, 1957.

SORENSEN, O.; RIVKIN, J.A.; FLEMING, L. Complexity, networks and knowledge flow. **Research Policy**, 35, 7, 994-1017, 2006.

TOBIN, J. **Policies for Prosperity: Essays in a Keynesian mode**, 1989. 528 p. Editado por JACKSON, P.M. Disponível em: <http://books.google.com/>, consultado em 01 de dezembro de 2008.

TORNATZKY, L; FLEISCHER, M. **The processes of technological innovation**. Lexington Books. Lexington,MA. 1990

TOUR, J. M.. et al. Nanocell logic gates for molecular computing. **IEEE Transactions on Nanotechnology**, 01. 2002

USPTO (UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE). **Base de dados de patentes**. Disponível em <http://patft1.uspto.gov/netathtml/PTO/search-adv.htm>, consultado em 28 de novembro de 2008

Van DE VEN, A.H. Central problems in the management of innovation. **Management Science**, v32, 590-607, 1986.

VERNADAT, F.B. **Enterprise Modeling and Integration: principles and applications**. London, Chapman & Hall. 1996.

WILLIAMSON, Oliver E. **The Economic Institutions of Capitalism**. New York, Free Press, 1985

WOOD, S; JONES, R; GELDART, A. The social and economic challenges of nanotechnology. Economic and Social Research Conference, 2003.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. New York: Oxford University Press, 400p. 1987

YOUTIE, J.; SHAPIRA, P.; PORTER; A. L. Nanotechnology publications and citations by leading countries and blocs. **Journal of Nanoparticle Research**, V10, 981-986, 2008

ZAWISLAK, P. A.; MARQUES, L. F. M.; CRUZ, L. B. . Nanotechnology and the need for a regulatory agenda: towards a broader approach for the technological paradigm leading concepts. In: **IAMOT 2006**, Pequim; Proceedings of IAMOT 2006, 2006.

ZAWISLAK, P. A.; PEDROZO, E. A.; MARQUES, L.F.M.; CRUZ, L. B.; GUTERRES, S. S. **Diretrizes na formação de marco regulatório em nanofármacos no Brasil**. Relatório Projeto Edital 13/2004 do CNPQ. 2007

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTAS PARA 1º PESQUISA EXPLORATÓRIA

Público: Atores Universidade e Centro Tecnológico, Empresa, Estado, Organizações- Não-Governamentais.

- 1- Qual é a sua definição para a Nanotecnologia (NT)?
- 2- Quais são os tipos de impactos da nanotecnologia?
- 3- Considerando o fato de que uma tecnologia possa ser evolucionária ou revolucionária, em sua opinião, a NT substituirá tecnologias hoje vigentes ou ela apenas complementarará? Ou dependerá de cada setor?
- 4- Quais são os atores envolvidos com a nanotecnologia?
- 5- Quais seriam os interesses relativos ao desenvolvimento da NT?
- 6- Quem seriam os beneficiados com o desenvolvimento da NT?
- 7- Quais seriam os riscos envolvidos com a NT?
- 8- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos tecnológicos potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 9- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos econômicos potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 10- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos sociais potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 11- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos ambientais potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 12- Como o sr analisa o papel do governo no desenvolvimento da NT?
- 13- Como o sr analisa o papel da universidade no desenvolvimento da NT?
- 14- Como o sr analisa o papel da sociedade no desenvolvimento da NT?
- 15- Como o sr analisa o papel das empresas no desenvolvimento da NT?
- 16- A NT vem a reboque de outras tecnologias mais consolidadas ou se transformará num ponto de convergência que englobará outras tecnologias?
- 17- A NT pode causar uma nova revolução industrial?
- 18- Em que base se daria uma nova revolução industrial? Somente as dimensões técnicas e econômicas seriam novamente os limites dos impactos da revolução?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DESCRITIVA (SURVEY)

Público: Ator Universidade e Centro Tecnológico.

Está como enviado para os respondentes.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO

Objetivo da pesquisa: identificar os potenciais impactos da nanotecnologia na sociedade sob os aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais.

Instruções: Favor preencher o seu grau de concordância, nas opções para cada afirmação abaixo, quanto aos potenciais impactos da nanotecnologia, considerando o ramo de pesquisa que atua e seu escopo de potencialidades para aplicação. Em seguida, atribua o grau de importância para cada dimensão de impacto analisada.

Respondente:

Função:

Instituição:

Todas as questões dizem respeito aos potenciais impactos da nanotecnologia

Previsão dos Impactos

Tecnológico

- | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. A nanotecnologia oferece soluções ilimitadas para resolver muitos dos problemas da sociedade. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 2. A nanotecnologia oportuniza a integração tecnológica em nível não antes imaginado. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 3. A nanotecnologia possibilita que a pesquisa se abra para novas fronteiras do conhecimento. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 4. A nanotecnologia exige a criação de novos procedimentos laboratoriais para manipulação de experimentos. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 5. A nanotecnologia é o caminho para a criação de novas matérias-primas para a indústria. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 7. A nanotecnologia poderá diminuir o tempo de desenvolvimento de um novo produto. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |

Econômico

- | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 6. A nanotecnologia proporcionará o surgimento de novas indústrias. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 7. A nanotecnologia poderá aumentar o nível de emprego na economia. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 8. A nanotecnologia exigirá investimentos em qualificação profissional para os futuros empregados. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |
| 9. A nanotecnologia poderá causar o desaparecimento de indústrias que não utilizam as aplicações nanotecnológicas. | (discordo totalmente) | 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | (concordo totalmente) |

10. A nanotecnologia poderá aumentar o nível de gastos com medidas de prevenção a problemas ocasionados por nanoresíduos.
11. A nanotecnologia poderá oferecer matéria-prima de menor custo para a indústria.
12. A nanotecnologia oferece a possibilidade de escala ilimitada de produção de bens de consumo.
13. A nanotecnologia obriga o aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento por parte das empresas
14. A nanotecnologia poderá aumentar os gastos da população com planos de saúde.
15. As despesas com o tratamento de resíduos nanotecnológicos serão maiores do que a de outras tecnologias.
16. Os produtos nanotecnológicos serão mais caros do que outros produtos.
17. A nanotecnologia será fator de exclusão para a população de baixa renda.

Social

18. A nanotecnologia poderá melhorar a qualidade de vida da população.
19. Atualmente, a nanotecnologia possui uma imagem negativa pela população
20. A nanotecnologia poderá prolongar a vida humana.
21. A nanotecnologia poderá causar danos à saúde humana.

Meio-ambiente

22. A nanotecnologia auxiliará na diminuição da poluição em geral.
23. A nanotecnologia é poluente para o homem e para o meio-ambiente
24. A nanotecnologia aumentará a consciência ambiental e ética dos pesquisadores.

Regulação

25. As leis e normas devem prevenir potenciais impactos negativos da nanotecnologia.
26. A regulação específica poderá frear investimentos privados em nanotecnologia.
27. A normatização de conduta ética dos pesquisadores deve ser mais rigorosa com a nanotecnologia.
28. A normatização de procedimentos laboratoriais e de cuidado com a saúde dos pesquisadores deve ser mais rigorosa com a nanotecnologia.

Impactos sobre os agentes envolvidos com a nanotecnologia

29. A nanotecnologia impactará negativamente sobre a comunidade científica
30. A nanotecnologia impactará negativamente sobre a indústria e suas empresas.
31. A nanotecnologia impactará negativamente sobre a população.
32. A nanotecnologia impactará negativamente sobre os consumidores.
33. A nanotecnologia impactará negativamente sobre os governos do que positivamente.
34. A nanotecnologia impactará negativamente sobre as organizações não-governamentais (ONG's).

Atribua um grau de importância para os seguintes impactos

35. Tecnológico
36. Econômico
37. Social
38. Meio-ambiente

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)te

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

((discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente))

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(discordo totalmente) 1 2 3 4 (concordo totalmente)

(nada importante) 1 2 3 4 (muito importante)

(nada importante) 1 2 3 4 (muito importante)

(nada importante) 1 2 3 4 (muito importante)

(nada importante) 1 2 3 4 (muito importante)

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTAS PARA A 2ª PESQUISA EXPLORATÓRIA

Público: Ator Empresa.

- 1- Qual é a definição para a Nanotecnologia (NT)?
- 2- Quais são os tipos de impactos da nanotecnologia?
- 4- Quais são os atores envolvidos com a nanotecnologia?
- 5- Quais seriam os interesses relativos ao desenvolvimento da NT?
- 6- Quem seriam os beneficiados com o desenvolvimento da NT?
- 7- Quais seriam os riscos envolvidos com a NT?
- 8- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos tecnológicos potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 9- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos econômicos potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 10- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos sociais potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 11- Gostaria de saber a opinião do senhor a respeito de impactos ambientais potenciais da nanotecnologia no mundo e no Brasil.
- 12- Como o sr analisa o papel do governo no desenvolvimento da NT?
- 13- Como o sr analisa o papel da universidade no desenvolvimento da NT?
- 14- Como o sr analisa o papel da sociedade no desenvolvimento da NT?
- 15- Como o sr analisa o papel das empresas no desenvolvimento da NT?