UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauru
Faculdade de Ciências
Pós-Graduação em Educação para a Ciência

Andiara Pereira dos Santos Cardoso

CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA DE HUGH LACEY PARA A EDUCAÇÃO CTS: O CONTEXTO DA NANOTECNOLOGIA

Bauru
2017

Andiara Pereira Dos Santos Cardoso

CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA DE HUGH LACEY PARA A EDUCAÇÃO CTS: O CONTEXTO DA NANOTECNOLOGIA

Tese apresentada à banca de defesa como requisito parcial à obtenção do título de Doutor à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, área de concentração de Ensino de Ciências e Matemática, sob orientação do Prof. Dr. João José Caluzi e Co-Orientação de Paulo Noronha Lisboa Filho.

Bauru
2017

Cardoso, Andiara Pereira dos Santos.
Contribuições da epistemologia de Hugh Lacey para Educação CTS: o contexto da nanotecnologia/Andiara Pereira dos santos Cardoso, 2017

253 f. : il.

Orientador: João José Caluzi
Co-Orientador: Paulo Noronha Lisboa Filho

Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2017

1. Hugh Lacey. 2.Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). 3. Formação de Professores. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ANDIARA PEREIRA DOS SANTOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 23 dias do mês de março do ano de 2017, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-Graduação da Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI - Orientador(a) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, Prof. Dr. MARCOS BARBOSA DE OLIVEIRA do(a) Departamento de Filosofia da Educação e Ciências da Educação / Universidade de São Paulo - USP, Profa. Dra. ROSEMAR AYRES DOS SANTOS do(a) Departamento de Física / Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP/Bauru, Prof. Dr. DANILO ROTHBERG do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP/Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de ANDIARA PEREIRA DOS SANTOS, intitulada **"Contribuições da epistemologia de Hugh Lacey para o ensino de ciências: o contexto da nanotecnologia"**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. JOAO JOSE CALUZI

Prof. Dr. MARCOS BARBOSA DE OLIVEIRA

Profa. Dra. ROSEMAR AYRES DOS SANTOS

Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO

Prof. Dr. DANILO ROTHBERG

ps: O título da Tese é - Contribuição da epistemologia de Hugh Lacey para a Educação CTS: O contexto da Nanotecnologia.

"OU O SÉCULO XXI É DEDICADO AOS VALORES HUMANOS, MORAIS E ÉTICOS...
OU DE NADA VALERAM OS AVANÇOS TECNOLÓGICOS CONQUISTADOS ATÉ AQUI."

[VOLPATO, 2000]

AGRADECIMENTOS

Foram inúmeras as pessoas que contribuíram para que eu chegasse até aqui. Para cada parte que me tornei, existe um turbilhão de cooperadores. Devo muito a esses anjos que merecem minha profunda gratidão. Alguns desses anjos protetores vou mencionar aqui.

Quero agradecer ao meu pai, Osmar Pereira dos Santos, que mesmo distante, me deu suporte, carinho e afeto. Foi um dos grandes incentivadores da minha jornada acadêmica.

Agradeço a minha mãe por todo incentivo moral, ético, psicológico, religioso, financeiro e intelectual que me proporcionou desde que nasci e em todos aspectos da minha vida acadêmica, principalmente no doutorado. Essa mulher dedicada nunca mediu esforços para me fazer feliz. Mesmo com seus inúmeros afazeres, foi ela quem revisou com carinho a presente tese.

Quero agradecer ao meu esposo, Marcus Vinicius Cardoso do Nascimento, pela dedicação integral. Sem seu apoio e renúncia nunca teria me aventurado a deixar o estado de Goiás e ir para Bauru/SP. Foi ele quem organizou tudo para a mudança e seu amor incondicional esteve presente em todos os momentos, mesmo nos pequenos aspectos dessa tese.

Ao meu irmão, Danylo Pereira dos Santos que, mesmo distante, demonstrou consideração e apreço. Sempre que precisei, seu apoio foi imediato. E minhas irmãs, Andreia, Alcimar e Lorena, por todo amor e carinho.

Aos meus familiares, por entenderem a distância física e psicológica que precisei ter durante todos esses anos de vida acadêmica.

Uma gratidão profunda e eterna ao meu orientador e amigo, João José Caluzi, que nos momentos de maior desespero, até mesmo nos domingos, me atendia com presteza e benevolência. Em tudo o que realmente precisei ele nunca me faltou.

Quero agradecer também ao meu co-orientador, Paulo Noronha Lisboa Filho. Sua orientação foi inesquecível e seu suporte psicológico garantiu minha sobrevivência em Bauru. Também me atendia nos domingos e feriados! Obrigada, jamais esquecerei.

A todos os professores e amigos do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência, pelo incentivo, pela densidade intelectual e pelo companheirismo.

A minha amiga e confidente, Loirema Gomes dos Santos, por me ajudar nos momentos mais difíceis do doutorado.

Aos professores de Goiânia, Sandra Valéria Limonta, Paulo Ferrari e Norton Gomes de Almeida, que torceram por mim e me auxiliaram de longe.

Gratidão eterna à Cidade de Bauru, minha segunda morada. Agradeço também à Soraia e ao Galego, que me acompanharam a Bauru e sempre estiveram ao meu lado; sempre os guardarei com carinho em meu coração.

CARDOSO, Andiara Pereira dos Santos. **Contribuições da epistemologia de Hugh Lacey para Educação CTS: o contexto da nanotecnologia.** 2017. 253f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências, Bauru/SP, 2017.

RESUMO

A presente pesquisa visa contribuir com o campo educacional em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), prioritariamente, no posicionamento epistemológico dos professores de Ciências Naturais. Trazemos para esse campo educacional o filósofo Hugh Lacey que, a nosso ver, trata a complexidade das relações CTS por meio dos valores. Objetivamos testar relações de associação entre Lacey e o enfoque CTS. Em termos metodológicos, de forma a estabelecer uma associação, fizemos uma pesquisa teórica sobre a noção de utilidade e de estratégia, conceitos importantes para a filosofia de Lacey. Como resultados dessa pesquisa teórica, vemos que a utilidade foi inicialmente enfatizada pela filosofia baconiana sobre como a ciência deveria agir para o benefício dos homens, enfatizando a necessidade de controlar a Natureza com o uso de um método. Para Lacey, o controle é altamente valorizado pela sociedade moderna, explicando sua afinidade com a Ciência atual. Outro resultado da pesquisa inicial é a respeito do conceito de estratégia, que foi inspirado no conceito de paradigma, proposto por Thomas Kuhn. Após esses conceitos problematizados, elaboramos uma crítica de Hugh Lacey a Kuhn. Em um segundo momento da pesquisa, fizemos uma descrição da filosofia de Lacey, produzindo um metatexto inspirado na Análise Textual Discursiva (ATD) e lançando mão de mapas mentais como ferramenta para análise dos dados, originando as categorias de Lacey. Após a construção do metatexto, estabelecemos relações de associação entre a filosofia de Lacey e o contexto CTS. Os resultados da pesquisa foram sintetizados nas seguintes afirmações: (A) os valores da filosofia de Lacey e da educação CTS se alinham, no sentido de que ambas estão engajadas na transformação social. (B) A filosofia de Lacey contribui para i) discutir a complexidade das relações CTS por meio de valores e, com isso, permite ii) a superação de crenças (advindas do modelo linear de desenvolvimento) que limitam a participação pública em assuntos tecnocientíficos. (C) O desenvolvimento autêntico proposto por Lacey se distancia das tradições CTS do hemisfério Norte e se aproxima do Pensamento Latino Americano em CTS (PLACTS) devido: í) ao endosso à participação pública na escolha de estratégias (participação na agenda de pesquisa), ii) necessidade de se voltar para o contexto e as prioridades locais. (D) Lacey contribui para o autoconhecimento do professor comprometido com as relações CTS, auxiliando-o a refletir e concretizar seus desejos e objetivos educacionais por meio dos valores. Feita esta análise, percebemos que as categorias de Lacey, anteriormente sintetizadas pela inspiração da ATD com os mapas mentais, podem ser úteis para a avaliar em que tipo de desenvolvimento um dado tema sociocientífico, importante para o enfoque CTS, está sendo direcionado. Por isso, a título de exemplo, utilizamos os estudos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) sobre a nanotecnologia como tema para discutir as categorias do autor. Essa avaliação mostra que a nanotecnologia, pelo olhar da ABDI, está mais direcionada para o desenvolvimento modernizador, pois seus estudos indicam uma forte influência de valores neoliberais. Dado esse exemplo e encontradas as relações de associação, defendemos que a filosofia de Lacey tem muito a contribuir para a educação CTS e que pode ser aplicada, em um primeiro momento, na formação do professorado de Ciências Naturais.

Palavras-chave: Hugh Lacey; Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); Formação de Professores; Nanotecnologia.

CARDOSO, Andiara Pereira dos Santos. **Contributions of Hugh Lacey's epistemology to CTS Education: the context of nanotechnology.** 2017. 253 p. Doctoral Dissertation (PhD program in Education for Science) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – College of Science, Bauru/SP, 2017.

ABSTRACT

This research aims to contribute to the educational field in Science, Technology and Society (STS), particularly, in the epistemological position of the Natural Sciences' teachers. We studied the philosopher Hugh Lacey who treats the complexity of STS relations through values. We aimed to test the association between Lacey and the STS approach. In methodological terms, in order to establish an association, we did a theoretical investigation on the notion of utility and strategy, concepts important to Lacey's philosophy. As a result, we obtained that utility was initially emphasized by the Baconian philosophy of how science should act for the benefit of men, emphasizing the need to control Nature with the use of a method. Otherwise, for Lacey, control is highly valued by modern society, explaining its affinity with current science. Another result of the research was about the concept of strategy, which was inspired by the concept of paradigm, proposed by Thomas Kuhn. After these problematized concepts, we elaborated a critique of Lacey to Kuhn. In a second moment of the research, we made a description of Lacey's philosophy, producing a metatext inspired by the Discursive Textual Analysis (ATD) and using mental maps as a tool to analyze the data, emerging the categories of Lacey. After the construction of the metatext, we established relations of association between the Lacey's philosophy and the STS education. The results of the research were synthesized in the following statements: (A) the values of Lacey's philosophy and STS education align in the sense that both are engaged in social transformation. (B) Lacey's philosophy contributes to i) discuss the complexity of STS relations through values and, therewith, ii) overcoming beliefs (from the linear model of development) that limit public participation in technoscientific issues. (C) The authentic development proposed by Lacey distances itself from the STS traditions of the Northern Hemisphere and approaches PLASTS due to: (i) endorsement of public participation in the choice of strategies (participation in the research agenda), (ii) The context and local priorities. (D) Lacey contributes to the self-knowledge of the teacher committed to STS relationships, helping him to reflect and fulfill his educational desires and goals through values. This analysis showed that the categories of Lacey, previously synthesized by the ATD's inspiration with the mental maps, can be useful to evaluate in what kind of development a given socio-scientific theme, important for the STS approach is being directed. Therefore, as an example, we use the studies of the Brazilian Industrial Development Agency (BIDA) on nanotechnology as a topic to discuss the categories of the author. This valuation shows that nanotechnology, due to ABDI's view is more directed towards modernizing development, since its studies indicate a strong influence of neoliberal values. Analyzed this context and found association relationships, we argue that Lacey's philosophy has much to contribute to STS education and that it can be applied at first to the training of Natural Science teachers.

Keywords: Hugh Lacey; Science, Technology and Society (STS); Teacher training; Nanotechnology.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fatores que influenciam na tomada de decisões em assuntos tecnocientíficos de interesse social. 44
Figura 2: Os valores e dimensões de desejo e crença. 81
Figura 3: Momentos da tecnociência atual. 112
Figura 4: Os cinco momentos da atividade científica. 117
Figura 5: Um exemplo de mapa mental. 133
Figura 6: Recorte do mapa de origem em APÊNDICE A 135
Figura 7: O mesmo recorde da figura 5, mudando a ordem dos conceitos. 136
Figura 8: A associação entre os valores de Lacey e CTS. 147
Figura 9: A tecnociência a serviço do bem-estar amplo. 158
Figura 10: Quadro comparativo em nanômetros. 178
Figura 11: Indica a interação da área de matérias com outras áreas do conhecimento. 190
Figura 12: Distribuição por área de recursos aprovados pelo Edital MT/CNPq 192
Figura 13: Cadeia de valor da ABDI 198
Figura 14: Cadeia de valor da nanotecnologia contida na Lux Research 199
Figura 15: Cadeia produtiva da nanotecnologia 200
Figura 16: Desenvolvimento modernizador da nanotecnologia 203
Figura 17: Produtos nanotecnológicos que já estão no mercado 213
Figura 18: Representação dos mapas estratégicos prioritários para ação. 218
Figura 19: Condicionantes da nanotecnologia no Brasil. 220
Figura 20: Desenvolvimento das aplicações promissoras em nanoambiente 223

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Diferentes graus de avaliação dos valores. 83
Quadro 2: Valores contidos na teoria de Lacey representados pelo mapa mental. 137
Quadro 3: Conceitos de Lacey retirados do mapa construído 138
Quadro 4: Organização dos conceitos principais, conceitos secundários e valores. 139
Quadro 5: Desejos e crenças avaliados pelos mapas mentais. 142
Quadro 6: Quadro comparativo dos efeitos em diferentes escalas. 181
Quadro 7: Informações sobre os produtos nanotecnológicos já comercializados. 188

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Estudos da ABDI sobre o tema Nanotecnologia. 175
Tabela 2: Tabela de classificação dos nanomateriais 210

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15

2 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE 22

2.1 O contexto 22

2.2 O movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade 28

2.3 O enfoque CTS 32

2.4 A formação de professores no contexto CTS 38

2.5 A natureza da ciência no enfoque CTS 42

2.6 Ensino por pesquisa nas relações CTS 47

2.7 Considerações gerais sobre o Capítulo 49

3 BASES PARA A CRÍTICA DE HUGH LACEY 50

3.1 Concepção baconiana de ciência e de bem-estar 52

3.2 A ciência segundo Thomas Kuhn 58

3.2.1 Ciência normal 59

3.2.2 Período de crise 61

3.2.3 Período de Revolução 62

3.3 A crítica de Lacey à Kuhn 63

3.3.1 Historicidade 64

3.3.2 Incomensurabilidade 64

3.3.3 Unidade das ciências 67

3.3.4 Fatos e valores 68

3.3.5 Educação científica 70

3. 4 Considerações gerais 71

4 FILOSOFIA ENGAJADA DE HUGH LACEY 73

4.1 A ciência e os valores 78

4.2 Entendimento científico e o ideal da imparcialidade 88

4.3 Estratégias de restrição e seleção 93

4.3.1 Estratégia e Entendimento científico moderno 93

4.3.2 Estratégias Materialistas de restrição e seleção 96

4.4 O moderno esquema de valor de controle 100

4.4.1 As estratégias materialistas e o moderno esquema de valor do controle 103

4.5 Os momentos e os diferentes papéis dos valores na atividade científica 106

4.5.1 A neutralidade na atividade científica 107

4.5.2 A autonomia na atividade científica 109

4.5.3 Os diferentes níveis dos valores na atividade científica 111
4.6 Filosofia engajada com o bem-estar social 117
4.6.1 Teses adicionais de Hugh Lacey 118
4.6.2 Desenvolvimento 120
4.6.3 Conhecimento extensivo e conhecimento completo 121
4.6.4 Integração do conhecimento científico com o desenvolvimento 123
4.6.5 Controvérsias 128
4.6 Sintetizações da pesquisa: Os mapas mentais **132**
5 APROXIMAÇÃO LACEY- CTS **141**
5.1 Identificando os valores **141**
5.2 A contribuição de Lacey para explicar a complexidade das relações CTS – Desenvolvimento modernizador x desenvolvimento linear. **148**
5.3 Desenvolvimento autêntico e o campo CTS: aproximações e distanciamentos **154**
5.4 Implicações para a formação de professores em CTS **162**
5.5 Algumas considerações **170**
6 UM OLHAR PARA A NANOTECNOLOGIA COM A FILOSOFIA DE LACEY **173**
6.1 Sobre a ABDI **175**
6.2 Entendimento Científico da Nanotecnologia **177**
6.2.1 O que é? 177
6.2.2 Por que é o que é: Qual o inventário de possibilidades? 183
6.2.3 Como? 185
6.3 Estratégias **189**
6.4 Valores da ABDI **193**
6.5 Que tipo de desenvolvimento a ABDI está direcionada? **201**
6.5.1 Percepção pública da nanotecnologia 215
6.5.2 A agenda INI-Nanotecnologia até 2025 218
6.6 Considerações a respeito da avaliação feita por meio das categorias de Lacey **223**
7 NOVOS VALORES, NOVAS POSSIBILIDADES... ..... **227**
REFERÊNCIAS **231**
APÊNDICE A - Mapa mental de Lacey **241**
APÊNDICE B - Mapa mental do CTS **245**
APÊNDICE C: Lista de palavras do mapa de Lacey **249**
APÊNDICE D: Lista de palavras do mapa CTS **252**

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento científico e tecnológico participa de quase todas as frentes do agir humano, na comunicação e nas relações com a família, no trabalho, no lazer, fazendo parte do nosso dia a dia e influenciando a percepção que temos do mundo. Em grande parte de nossas vidas lidamos com a tecnologia e seus aparatos, de modo que esta faz parte da cultura ocidental (SPIER, 1972). Importa percebermos mais atentamente e de forma mais consciente a complexidade das relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (CTS), com vistas a compreender e buscar soluções para os problemas que enfrentamos na atualidade, como os riscos à saúde e ao ambiente, a fome, as relações entre o trabalho e o consumo desenfreado, etc. Problemas que podem ser traduzidos em termos dos valores individuais e compartilhados que a sociedade carrega. Tais problemas não podem ser esquecidos das discussões que compõem o Ensino de Ciências.

O Ensino de Ciências, sendo uma área interdisciplinar, utiliza contribuições teóricas advindas dos mais variados campos do saber. Ela é também uma área em crescimento. Este aumento do número de pesquisas nacionais e internacionais é um indicativo do vigor da área. O número de programas de pós-graduação da área, entre os anos 2000 a 2009, foi de, aproximadamente, cinco; já contamos, hoje, com mais de cem programas credenciados na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)[1].

Dentre as preocupações constantes da área de Ensino de Ciência, que vemos discutidas nos documentos norteadores da política educacional, como na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) promulgada em 1996 e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), temos a relação ensino e seu contexto, a formação dos estudantes para uma cidadania consciente e um ensino voltado para a autonomia do sujeito responsável pelo ambiente em que vive e para o progresso social. Estas preocupações são discutidas mais verticalmente nas linhas de pesquisa em CTS[2]/CTSA. Segundo Auler (2002), no Brasil, tal enfoque se

[1] Dados disponível em: https://goo.gl/OndBPc . Acesso em: 05 jul 2016.

[2] Em diferentes pesquisas sobre a educação científica que relaciona a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, vemos autores usando a sigla CTS, outros CTSA, que adiciona o Ambiente, outros CTS/CTSA. Santos (2010) clarifica o uso dessas siglas argumentando que, de fato, o movimento campo CTS e a Educação Ambiental (EA) compactuam com os mesmos objetivos e que autores que pretendem dar um enfoque maior para as questões ambientais utilizam a sigla CTSA. Ao nosso ver, pautando na argumentação de Santos (2010), os problemas

apresentava enfraquecido no início deste século. Contudo, o número de trabalhos publicados e sua relevância têm aumentado.

Mesmo com o aumento expressivo do campo[3] de pesquisa em CTS no contexto educacional, as pesquisas realizadas por Abreu, Fernandes e Martins (2013), mostram as dificuldades, a partir de um levantamento da produção CTS no Brasil no período de 1980 a 2008. Segundo esses autores, as publicações em periódicos da área de ensino e a produção acadêmica dessa linha de pesquisa nos programas de pós-graduações são pouco expressivas. No Brasil, contamos com 0,78 % da produção geral e no contexto internacional 0,86 %. Nos encontros da área, como Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC) e Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física (EPEF), os autores detectaram 2% de publicações em CTS dentro do campo de Ensino de Ciências.

Além disso, de acordo com Strieder (2012), o enfoque CTS tem uma grande diversidade de sentidos. Observamos que essa diversidade é causada, principalmente, pela inexistência de clareza quanto aos objetivos do movimento CTS e das propostas que trouxeram tal enfoque para o contexto educacional. Também as pesquisas evidenciam uma dificuldade da articulação dos três elementos do campo CTS.

Para ajudar nessas dificuldades apontadas por Strider (2012), neste trabalho trataremos das relações entre ciência e a tecnologia por meio dos valores. Estas duas áreas possuem uma série de valores cognitivos, como adequação empírica, poder explicativo e preditivo, com influencias de valores sociais como, por exemplo, morais e éticos, além de valores econômicos e valores políticos. Com a intenção de melhor compreender as relações CTS, traremos para esse campo de investigação a epistemologia engajada do filósofo australiano, radicado nos Estados Unidos, Hugh Lacey (nascido em 1939). Hugh Lacey utiliza o termo tecnociência para o fenômeno de reforço mútuo entre a ciência e a tecnologia, como será

---

ambientais sempre estiveram vinculados nas relações CTS. Dessa forma, utilizaremos apenas a sigla de origem CTS.

[3] Gostaríamos de fazer algumas enfatizações sobre a palavra campo. Na pesquisa de Ribeiro (2015) foi utilizado o termo "campo", proveniente da teoria de Bourdieu, para interpretação de dados. Designou a Pesquisa em Ensino de Ciências dando a noção de Campo de Pesquisa e como Subcampo a linha de pesquisa em CTS. Aqui queremos designar com a palavra campo, um sentido geral. Quando quisermos especificar mais diretamente, utilizaremos a expressão enfoque CTS para abordar o sentido educacional e "movimento CTS" para designar o contexto do seu surgimento, que será explicado posteriormente. Utilizaremos campo CTS quando quisermos incluir o sentido educacional juntamente com o movimento CTS, dando uma característica mais ampla. No decorrer do texto será mostrado esses aspectos com mais detalhes.

enfatizado no próximo capítulo. Utilizaremos “ciência” e “tecnologia” separadamente, quando for necessário enfatizar de forma específica.

Autores no campo educacional (ROSO, AULER, 2016; ROSA, 2014; ROSA e AULER, 2016; SANTOS, 2016, STRIDER, 2012, entre outros) bem como Dagnino (s/d), contemporâneo do PLACTS, já citam Lacey para ressaltar os valores presentes na tecnociência e para enfatizar a necessidade uma orientação da sociedade na definição da agenda política tecnocientífica, mostrando o caráter promissor da sua epistemologia no campo educacional. Entretanto, Santos (2011) sinaliza que “(...) há a necessidade de ter, em pesquisas futuras, aprofundamentos conceituais no campo dos valores, aspecto insuficientemente trabalhado na pesquisa (...)” (SANTOS, 2016, p. 151).

A nosso ver, Lacey é o epistemólogo que consegue fazer uma síntese do momento histórico que estamos vivendo, abrangendo as variadas questões que entrelaçam nossas vidas e a inter-relação entre ciência e tecnologia. Altamente dialético, discute a tese de que a ciência é livre de valores e critica as bases do relativismo pós-moderno que se apoia na irracionalidade da ciência. Admite que a ciência tenha o critério da imparcialidade, o que não implica que seja neutra e autônoma (detalharemos estes critérios mais adiante no Capítulo 03).

Para Lacey, a pesquisa tecnocientífica favorece: 1- A valorização do homem como quem exerce o controle sobre os elementos e objetos naturais, sendo incorporados institucionalmente por meio de inovações tecnocientíficas. Nesse aspecto, os valores do capital e do mercado, para adoção de estratégias descontextualizadas, têm ampla manifestação nas instituições hegemônicas; 2- O controle não é subordinado aos valores sociais e na maioria das vezes a temática social e ambiental tolera tais controles com vista à implementação da tecnologia em seu meio, como um preço a pagar pelo “desenvolvimento”; 3- Ambientes com potencialidades tecnocientíficas e a difusão das tecnologias são altamente valorizadas, de modo que os problemas que cercam a vida moderna são problemas nos quais a tecnologia visa solucionar (LACEY, 2010).

As pessoas tendem a crer que o desenvolvimento científico e tecnológico sempre melhoram a qualidade de vida, o que está diretamente ligado à questão da dominação presente na sociedade atual. Lacey não somente fornece uma explicação de como o empreendimento científico e tecnológico tem funcionado na modernidade, mas também contribui dando um direcionamento para mudanças, em que a pergunta “Como deve a ciência proceder para promover o bem-estar humano?” (LACEY, 2008b e 2010) é central na discussão do autor.

A aproximação de Lacey com a educação CTS vem ao encontro da própria crítica que fez originar tal movimento, que é o modelo linear de desenvolvimento. Dentro do contexto educacional em CTS, a epistemologia de Hugh Lacey ajuda a desmistificar a compreensão ingênua sobre a tecnociência, pois oferece um entendimento amplo sobre o empreendimento científico.

Além disso, Lacey discute a necessidade de controvérsias na própria comunidade científica. Tais problemáticas podem ser levados para a Educação Básica e para a formação inicial e continuada de professores, discutindo essas controvérsias dentro do contexto social, o que se constitui um dos objetivos presentes no campo CTS. Enfatizamos que as concepções de Lacey aqui apresentadas não distanciam do contexto social, científico e tecnológico brasileiro. Antes disso, se aproxima consideravelmente, pois o autor participa ativamente das problemáticas que enfrentamos no país e dialoga com autores brasileiros, buscando alternativas seguras por meio de suas produções coletivas.

Em nosso trabalho traremos esse aporte teórico/epistemológico para as relações CTS, buscando uma articulação entre os valores[4], na atividade tecnocientífica. Para isso, utilizaremos a nanotecnologia como um exemplo desse aporte teórico que apresentaremos mais adiante. Escolhemos a nanotecnologia, pois ela é objeto de fortes investimentos por parte de governos e empresas privadas. É também considerada estratégica para a pesquisa no contexto brasileiro, devido à concorrência de patentes e o caráter de inovação que ela apresenta.

A nanotecnologia atua em vários setores de interesse, como na medicina, metalúrgica, agricultura, indústrias de alimentos, indústria armamentista, etc. Esse tema abarca grande parte das implicações e objetivos que elencamos nesse trabalho sobre a perspectiva CTS. Entretanto, este trabalho não visa a mera aplicação dessa temática dentro das relações com esse campo educacional. Faltando a devida intencionalidade na concepção do "por que" ensinar ciências e apoiados numa filosofia da ciência de meados do século XX (ACEVEDO et al, 2005) é necessário dar a este campo de investigação um novo aporte teórico. Perguntas como "o que é ciência", "o que é tecnologia", "quais suas possibilidades" além do "como a

[4] Existem vários tipos de valores tratados na teoria de Hugh Lacey, tais como valores racionais ou cognitivos, valores sociais, valores pessoais, etc. Quando Lacey utiliza só a palavra "valores" ele se refere aos diversos valores que **não sejam os cognitivos**. No caso desse parágrafo, especificamente, a palavra "valores" está se referindo de maneira geral a todos os valores, incluindo os valores cognitivos.

sociedade pode decidir", constitui questões chaves para a educação e entendimento dentro das relações CTS (RATCLIFFE, 2001).

É certo que já existem trabalhos que envolvem o tema nanotecnologia dentro das relações CTS e que mostram a real necessidade e importância do tema, como: Pereira *et al* (2008), Rothberg e Resende (2010), Batista (2010, 2009), Leonel (2010), Lima *et al* (2012), Faria *et al* (2013), Lisboa-Filho e Monteiro (2013a, 2013b). Entretanto, ainda há muito trabalho a ser realizado e questões e reflexões a serem feitas. Para não perder de vista o contexto do mundo nano e as implicações educacionais que importa para a área, interessa compreender em que lugar a nanotecnologia se encontra. Poderíamos dizer que a nanotecnologia e os valores epistêmicos que ela carrega é uma parte de um todo chamado "tecnologia" ou ela rompe com o saber tecnológico atual? Em que implicam e interferem tais questões na relação dominação e ideologia?

Observando as relações entre superfície e volume do material, na medida em que esse diminui consideravelmente e mudanças nas propriedades começam a aparecer, já temos um problema de caráter epistemológico, porque efeitos quânticos passam a ser relevantes. Essa compreensão acaba mudando a forma como concebemos e controlamos a natureza e, também a nossa concepção de mundo.

Em termos de mercado em que se pode agregar o "nano" tendo em vista potencializar determinado produto com maior rapidez, melhor absorção, mais ou menos flexibilidade, etc., vemos serem fixados na população, de forma sutil, os lados mais positivos desta ciência. Se o desenvolvimento da tecnologia em nossa sociedade se inclina para interesses do capital e se sua materialização visa à dominação, adentrando para o "mundo nano", a distância de entendimento da sociedade em geral dessas implicações tende a aumentar, colocando a liberdade e a autonomia em um grau mais difícil de ser atingido.

A partir de todos estes aspectos, percebemos a necessidade de voltarmos à temática da nanotecnologia para o Ensino de Ciências. Não somente como tema potencial para promover as relações CTS, mas como urgência social e ambiental que ela representa.

Justificamos acima sobre a necessidade de compreender o fenômeno tecnocientífico e suas implicações sociais, tanto no que se refere ao desenvolvimento do próprio fenômeno quanto na sua materialização na sociedade. Devido à complexidade das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, apontamos a nanotecnologia por sua potencialidade para discutir esses elementos em uma única temática. Todos esses aspectos se encaixam na epistemologia de Hugh Lacey. Por isso a pergunta central da pesquisa é: **Quais são as**

potencialidades da epistemologia de Hugh Lacey que podem contribuir para a educação científica orientada pelo enfoque CTS?

Entretanto, essa pergunta principal nos leva a outros questionamentos que norteiam nossa pesquisa:

a) Como a literatura tem entendido os objetivos e as finalidades da educação campo CTS em geral? As concepções filosóficas e epistemológicas com respeito à tecnociência adotadas na educação CTS condizem com nosso contexto atual?

b) Qual é a visão teórica/filosófica de Lacey em relação ao fenômeno tecnocientífico?

c) Se há contribuições efetivas de Lacey, em que aspecto da educação científica em CTS, sua teoria poderia contribuir *a priori*?

Temos como objeto de estudo a epistemologia engajada com o bem-estar social proposta por Lacey. A motivação é contribuir com a formação inicial e continuada do professor em relação ao posicionamento epistemológico que rege sua prática. Assim, o objetivo central da tese é: **Testar se existem relações de associação entre o enfoque CTS e a filosofia de Hugh Lacey, na tentativa de identificar as possíveis contribuições de suas ideias para a educação científica fundamentada nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.**

Lacey debate a ciência que vivemos atualmente, discutindo ideias e pressupostos de epistemólogos, tais como o filosofo americano Thomas Kuhn (1922 – 1996), largamente utilizado no ensino de ciências (STRIEDER, 2012). No caso de Kuhn, Lacey sofre forte influência sobre a noção de valores e paradigmas, entretanto se distancia de algumas de suas ideias. Pelo contexto atual, os conceitos trazidos por Lacey podem ser mais apropriados para o professor identificar a complexidade das relações CTS, já que suas ideias estão relacionadas com o bem-estar social amplo. O professor que compreende as relações CTS por meio de valores pode ter melhores condições de apresentar exemplos e problematizar os diversos valores condizentes com nossa sociedade, por meio da educação científica dos alunos.

Com relação ao problema específico “a) Como a literatura tem entendido os objetivos e as finalidades da educação CTS em geral? As concepções filosóficas e epistemológicas com respeito a tecnociência adotadas na educação CTS condizem com nosso contexto atual?”, iniciamos o Capítulo dois, discutindo o surgimento do movimento CTS. Indicamos qual seria sua crítica principal e como esse movimento tem influenciado o ensino das ciências naturais. Nesse capítulo apontamos para discussões formativas e epistemológicas, identificando objetivos, dificuldades e encaminhando a discussão para a formação dos professores.

Para dar uma resposta a questão “b) Qual a visão teórico/filosófica de Lacey em relação a tecnociência?”, utilizamos os Capítulos três e quatro. No capítulo três buscaremos compreender a ideia de valores iniciadas por Thomas Kuhn e as críticas pertinentes de seus escritos pelo filósofo Hugh Lacey. Como Lacey se compromete com um engajamento tecnocientífico e suas ideias pretendem atender ao bem-estar social, também, nesse Capítulo, abordaremos a concepção baconiana de ciência. Essa concepção defende uma ciência voltada para a utilidade com vistas ao bem-estar dos homens. Esse Capítulo se constitui o início de suas críticas para avançar em sua teoria.

No capítulo quatro, nos propomos a realizar uma pesquisa qualitativa inspirada na Análise Textual Discursiva (ATD), juntamente com a elaboração de mapas mentais, de forma a descrever as principais ideias de Hugh Lacey. Nesse Capítulo, tratamos o entendimento de Lacey acerca da atividade científica atual, bem como suas críticas ao modelo tecnocientífico contemporâneo. Logo em seguida, mostramos o engajamento na atividade científica com vistas ao bem-estar da população em geral e o comprometimento de se instalar uma real neutralidade na ciência por meio da multiplicidade de estratégias.

Para responder à pergunta: “c) Em que aspecto da educação científica em CTS, Lacey poderia contribuir num primeiro momento?”, elaboramos o Capítulo cinco “Aproximação Lacey-CTS”, discutindo as possíveis relações de associação, com vistas a compreender as potencialidades de Lacey para discutir as relações CTS. Os resultados dessa associação, de forma resumida, são: (A) Os valores da filosofia de Lacey e da educação CTS se alinham; (B) A filosofia de Lacey contribui para discutir as relações CTS por meio de valores e, com isso, superar crenças que limitam a participação pública; (C) O desenvolvimento autêntico se distancia das tradições CTS do hemisfério Norte e se aproxima do PLACTS; (D) Lacey contribui para o autoconhecimento do professor comprometido com as relações CTS, auxiliando-o a refletir e concretizar seus desejos e objetivos educacionais por meio dos valores. Dessa forma, respondemos à pergunta “c” evidenciando que, num primeiro momento, a filosofia de Lacey deveria ser direcionada para a formação de professores em CTS.

No capítulo seis, a título de exemplificação para professores de como trabalhar com as ideias de Lacey, utilizamos as categorias construídas no capítulo quatro para avaliação da nanotecnologia, um tema sociocientífico atual e importante para o campo CTS. Temas sociocientíficos têm sido uma estratégia importante para discutir relações CTS. Então, para essa avaliação, utilizamos um recorte desse vasto e complexo tema, utilizando os estudos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Com as categorias de Lacey podemos avaliar para que tipo de desenvolvimento ABDI está direcionando a nanotecnologia.

2 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Neste capítulo, utilizando a literatura da área, temos como objetivo discutir, de forma breve, o surgimento do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), evidenciando seus objetivos e finalidades, as críticas e preocupações de diferentes correntes desse movimento. Enfatizaremos que sua principal crítica gira em torno da concepção de desenvolvimento linear. Quando o movimento chega ao ensino, enfoque CTS, os desdobramentos de ordem epistemológica, didática, política e formativa são significativas, além das dificuldades de sua implementação. A natureza desse Capítulo se constitui de um panorama geral do enfoque CTS, embora apontemos com maior ênfase, devido ao objeto de estudo da presente tese, as questões que envolvem a dimensão epistemológica que permeia, mesmo que inconscientemente, as práticas dos professores de ciências. O que queremos levantar aqui é como a área tem compreendido a relação de via dupla da ciência e da tecnologia, mais apropriadamente considerada tecnociência, na tentativa de compreender se a discussão epistemológica é adequada para os problemas históricos em que vivemos. Defenderemos que direções podem ser mudadas, investindo prioritariamente na formação inicial do professor, já que, por meio de suas práticas intencionais ou não, os docentes passam seus valores, concepções e crenças sobre o empreendimento tecnocientífico.

2.1 O CONTEXTO

Com o período do Renascimento e com o início da Filosofia moderna, a técnica começa a ganhar forças e se vincula com a necessidade do progresso social. Segundo Ducassé (s. d.) o desprezo do trabalho técnico se deu pela vinculação da técnica com o abuso do trabalho escravo. Mesmo a igreja exaltando a técnica do trabalho ligado a terra e plantio, cavaleiros e senhores feudais ainda tinham preconceito com o trabalho servil. Entretanto, com a compreensão do método experimental com vistas ao controle do mundo natural, a técnica começou a ser considerada importante para o estudo da Natureza. Filósofos como Francis Bacon (1561 – 1626), não aceitaram a ciência unicamente racionalista. Sua proposta teve ressonância com o espírito prático do século XVIII, com porta-vozes tais como o americano Benjamin Franklin (1706 – 1790) e os franceses Voltaire (1694 – 1778) e Diderot (1713 – 1784) que ressaltaram o valor da mecânica, o que se traduziu em melhoramento e aperfeiçoamento das indústrias, das máquinas de fiar e tecer e da construção dos autómatos, levando o homem a ser substituído em grande parte pelas máquinas. Neste mesmo século, em

que a ciência iniciou seu vínculo com a técnica, dando origem a uma ciência prática, grandes desenvolvimentos e avanços se iniciaram: a astronomia informou a navegação com o nascimento do cronômetro para o problema de longitude; a ciência, junto com a técnica de meios gasosos, ajudou a compreender os motores hidráulicos, passando para o desenvolvimento da máquina a vapor; a combustão da pólvora era produzida pela expansão dos gases; bombas a fogo foram inventadas na Inglaterra para esgotamento de águas das minas; entre outros inventos mecânicos.

Por conta de inúmeras invenções experimentais que envolviam o estudo da ciência ligada ao desenvolvimento da técnica, a industrialização cresceu em vários países, possibilitando uma revolução industrial, primeiramente na Inglaterra e depois nos outros países europeus. Essa Revolução industrial foi acompanhada pela Revolução agrícola, por sua notória quantidade de alimentos que a terra produzia, oriunda do uso de maquinário e das diferentes técnicas de aumento do rendimento. Cresceu a produção, a economia e, consequentemente, aumentou o número de cidades.

Mas, a partir do século XIX e início do século XX, preparados pelo espírito filosófico prático do século XVIII, foi que a ciência e a técnica se envolvem em um fenômeno que as tornam intimamente reforçadoras. Segundo Ducassé (s. d.) as ciências e as técnicas agem e reagem umas sobre as outras, o que resulta em uma "aceleração extraordinária das descobertas científicas e dos progressos industriais".

> Estes progressos só foram conseguidos pela colaboração estreita e confiante dos sábios e dos industriais. Uns e outros compreenderam que seus esforços tinham um objetivo comum e que é tão infantil ignorar a ciência em nome do espírito prático como desprezar a indústria em nome da ciência pura, da investigação nobre e desinteressada. (DUCASSÉ, s. d., p. 118)

Houve, então, uma aliança entre o laboratório e a fábrica, de modo que a ciência exigiu novos e mais sofisticados aparelhos de medida, expandindo sua capacidade de compreensão e formulação de novos fenômenos até então inacessíveis. Por outro lado, vemos a ciência informar a indústria, de modo que sintetiza as possibilidades, gerando um modelo de comportamento para os fenômenos em que a indústria aperfeiçoa e opera o conhecimento produzido em produtos comercializáveis em larga escala. Nessa relação entre a ciência e a tecnologia vemos avanços: na ótica, dos microscópios aos telescópios, cinema, fotografia, etc.; o domínio dos metais; a química na indústria (química industrial) com a criação de adubos, avanços na alimentação, descobertas de analgésicos e outros medicamentos; a medicina, com técnicas de assepsia e anestesia; avanços na geração de energia por meio de turbinas a vapor, turbinas hidráulicas, o motor à explosão com a utilização da gasolina, o

motor elétrico, o avião; o submarino, os acumuladores de eletricidade (pilhas, baterias); as transmissões de informações; etc. Todos esses avanços só foram possíveis devido a uma interação entre a ciência e a tecnologia, posteriormente incentivados pelo neoliberalismo, gerando o fenômeno chamado tecnociência.

Nesse trabalho, discutimos a relação entre ciência e tecnologia por meio da palavra conhecida por tecnociência, considerada por muitos como ciência aplicada. Lacey utiliza, inclusive, o termo "aplicação do entendimento" permeado de valores, criticando a neutralidade aplicada. Não desconsidero a existência e a importância da ciência básica, mas nessa pesquisa queremos nos concentrar nos aspectos tecnocientíficos prioritários que permeiam o contexto atual de alunos, professores, professores/pesquisadores/formadores no contexto CTS e sociedade em geral, com os quais queremos dialogar nesse espaço.

Como endossamos à filosofia de Lacey para ser problematizada no campo CTS, partilhamos do seu entendimento do que vem a ser a tecnociência:

> A tecnociência refere-se ao complexo entrelaçamento entre a ciência e a tecnologia, atualmente comum e que, onde ocorre, torna largamente arbitrária qualquer distinção entre as duas. A tecnociência incorpora práticas de pesquisa conduzidas no interior da abordagem descontextualizada ou que diretamente almejam aplicações inovadoras ou que mantém em perspectiva o horizonte da inovação tecnológica, produzindo frequentemente resultados que informam inovações e explicam sua eficácia, e/ou cuja conduta é dependente em relação ao desenvolvimento de produtos tecnocientíficos avançados (instrumentos, aparato experimental). No segundo caso, embora a pesquisa possa almejar obter entendimento de determinados fenômenos (normalmente produtos de intervenções experimentais) sem a preocupação quanto às potenciais aplicações, a realização desse objetivo depende da persecução bem sucedida de objetivos tecnocientíficos. (LACEY, 2008b, p. 306)

O professor Agustín Aduriz-Bravo (2015) afirma que a tecnociência seria uma ciência virtuosamente aliada à tecnologia, permitindo uma intervenção mais eficaz com o mundo. Essa relação virtuosa entre a ciência e a tecnologia se dá devido à complexidade de interações, já que tanto a ciência se alimenta com os avanços da tecnologia, quanto a gera. A tecnologia direciona e promove o avanço da ciência. Para Agustín Aduriz-Bravo o tipo de ciência que fazemos desde a Segunda Grande Guerra é baseada na tecnologia e dependente dela.

Também Acevedo *et al* (2005b) compreende que:

> [...] Hoje em dia se fala de tecnociência ou complexo científico-tecnológico para designar o conjunto de atividades de investigação, desenvolvimento e inovação (I+D+I) nas quais ciência e tecnologia estão intensamente imbricadas e se reforçam mutuamente para conseguir um benefício mútuo,

> tanto em seus procedimentos quanto em seus resultados. (ACEVEDO *et al* 2005b, tradução nossa)

A tecnociência, segundo Lacey (2008b), muitas vezes avança por meio da inovação que alimenta a condução cada vez maior da pesquisa tecnocientífica, já que essa aumenta nossa capacidade de intervir no mundo. Contudo, segundo o autor, a ciência não é redutível à tecnociência, pois sem o pluralismo metodológico não existe a possibilidade de abarcar todas as questões, tais como considerações de dimensões ecológica, social e cultural dos fenômenos. Esse fenômeno aumenta nossa capacidade de controle, tendo, portanto, uma posição privilegiada em relação à pesquisa básica que, nas palavras de Oliveira (2014),

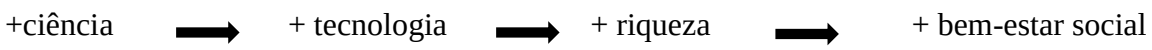
> [...] a pesquisa básica é a motivada apenas pela curiosidade intelectual, pela valorização do conhecimento científico como um fim em si mesmo, independente das aplicações práticas a que possa dar origem. A ciência básica não tem esse objetivo, mas isso não significa que não possa produzir inovações. O problema, do ponto de vista neoliberal, é que essa possibilidade, para cada projeto, ou linha de pesquisa, é incerto e, quando existe, em geral só se realiza a longo prazo. (OLIVEIRA, 2014, p. 5)

A pesquisa básica como um fim em si mesma é uma defesa de Oliveira (2014) que acredita ser a autonomia dos cientistas uma reivindicação, diferentemente de Lacey que a vê como uma impossibilidade devido aos valores que direcionam as pesquisas. De acordo com Oliveira, ideias mais fundamentais sobre o "Inovacionismo" começam a surgir na década de 70, e segundo ele, não por acaso, foi o período que o neoliberalismo se fortaleceu. No Brasil a onda do Inovacionismo surge em 2000, sendo defendida a ciência como fundamental para produção de inovações e que estas são necessárias para a competitividade e o desenvolvimento econômico do país.

Pensamos que a ciência básica deve continuar existindo e sendo objeto de investimento público. No entanto, com respeito às prioridades em relação à dignidade da população brasileira, principalmente em setores como a fome e a saúde, acreditamos que investimentos maiores deveriam ser designados à pesquisa aplicada nesses setores. Urgente, ao nosso ver, é que haja a participação pública, juntamente com uma ampla gama de cientistas engajados em problemas sociais locais.

A ciência é vista, portanto, como um valor, pela capacidade de gerar controle, que será posteriormente problematizado com a concepção baconiana, apresentada como relevante para as esferas neoliberais. O conhecimento científico passa a ter relevância para o mercado, com a produção de invenções e resultados extraordinários. Esses resultados foram interpretados como concepção triunfalista da ciência: qualquer problema pode ser resolvido pelas

investigações científicas, até mesmo problemas advindos das próprias intervenções científicas e tecnológicas. A ideia de que a ciência é imparcial, neutra e autônoma, torna-se uma contribuição para uma visão de ciência que poderia solucionar todo e qualquer problema que a sociedade viria enfrentar. Essas concepções deram origem a uma crença mais elaborada sobre o modelo de desenvolvimento, em que pode ser descrita por meio da sequência (GARCÍA *et al* 1996; BAZZO, LINSINGEN, PEREIRA, 2003):



Esse é um modelo conhecido por García *et al* (1996) de concepção unidirecional de progresso ou modelo de desenvolvimento linear (BAZZO, LINSINGEN, PEREIRA, 2003), em que a ciência é vista como conhecimento puro, sendo um empreendimento que beneficia a sociedade integralmente e que, por isso, deverá se sobrepor a outros tipos de conhecimento. Ao mesmo tempo essa concepção leva à crença de que o conhecimento científico não pode se responsabilizar pelos produtos e subprodutos que podem advir de teorias científicas, já que a ciência serve tanto para o bem quanto para o mal. Os problemas que impactam a sociedade decorrem, em relação a essa visão, da má utilização do conhecimento pela tecnologia. A ciência, nesse aspecto, é vista como neutra, tanto cognitivamente (Lacey chama de neutralidade cognitiva), que diz respeito sobre o contexto da produção do conhecimento, tanto na aplicação do conhecimento (Lacey chama de neutralidade aplicada) quando informa a tecnologia. No contexto da aplicação é neutra, pois serve a quaisquer perspectivas de valor de forma igualitária, tanto para o "bem" quanto para o "mal". Vista desse modo, a tecnologia está abaixo da ciência e não influencia na prática científica, já que a ciência tem autonomia própria para gerenciar suas agendas de investigações.

> O relatório de [Vannevar] Bush, intitulado *Science – The Endless Frontier* (Ciência; a fronteira distante), traça os contornos da futura política científico–tecnológica norte americana, enfatizando o modelo linear de desenvolvimento; o bem-estar nacional depende do financiamento da ciência básica e do desenvolvimento sem interferências da tecnologia, assim como a necessidade de manter a autonomia da ciência para que o modelo funcione. O crescimento econômico e o progresso social viriam por consequência. (PALÁCIOS *et al*, 2001, p. 121-122, tradução nossa, itálico do original)

Então, uma interpretação para o modelo de desenvolvimento linear seria a concepção na qual a ciência produz conhecimentos que são aplicados pela tecnologia. Quanto mais conhecimentos científicos disponíveis mais tecnologia será disponibilizada para a sociedade. Com isso a sociedade, permeada de produtos tecnológicos, tem condições de ter maior riqueza

e pode conseguir, por exemplo, produzir mais alimentos, mais roupas, mais produtos domésticos que facilitam o dia a dia e reduz o tempo de atividade humana, além de melhoria nos equipamentos de comunicação a curta e longa distância, etc. O resultado da equação é uma população com maior bem-estar e um maior desenvolvimento social. Tudo isso se inicia com o conhecimento científico, como valor universal que preserva a neutralidade, a imparcialidade e a autonomia, de modo que sem esse conhecimento não se poderia desfrutar de seus benefícios. Caso haja algum malefício, algum mal-estar decorrente do conhecimento científico, a responsabilidade é da tecnologia, que aplicou de maneira inadequada a informação fornecida pelas teorias científicas.

O surgimento de problemas advindos da prática científica e tecnológica começa a preocupar a sociedade, e muitos foram irreversíveis.

É o caso, por exemplo, da Segunda Grande Guerra Mundial, com a criação da bomba atômica – conhecimento tecnológico derivado da ciência moderna – e seu lançamento em Hiroshima e Nagasaki, que não teve apenas impacto social no momento do disparo, mas prejudicou toda uma geração e gerações posteriores com problemas relativos à radiação, além de problemas de ordem psicossocial (VASCONCELOS, 1992). Outro exemplo, a queda de uma aeronave norte-americana B-52 em 1996 que, após colidir com a aeronave da Espanha, deixou cair 4 bombas de hidrogênio na cidade de Palomares.

Temos, também, o caso da Talidomida[5] (Amida Nftálica do Ácido Glutâmico), desenvolvida em 1954 pela Alemanha e utilizada como sedativo para alívio de tensões, ansiedade e náuseas. Em 1957, gerou vários casos de Focomelia, que é uma síndrome causadora de má formação fetal como o encurtamento de membros em que o feto se assemelha a uma foca. Pode causar problemas visuais, digestivos, cardíacos, etc. A droga foi proibida em 1961, na Europa, devido milhares de casos de má formação fetal. Entretanto, após 1965, outras pesquisas mostraram que a Talidomida auxilia no tratamento de Hanseníase, AIDS, Lúpus e alguns tipos de cânceres, mostrando que muitas vezes as pesquisas têm relações tensas entre eficácia e legitimidade, sendo aderida pela sociedade antes de estudos aprofundados que endossem seu uso.

Após a Segunda Grande Guerra, o inseticida DDT (dicloro-difenil- tricloroetano) passou a ser utilizado em culturas agrícolas, contaminando a água, o solo e ocasionou a morte

[5] Bula disponível em: http://www.anvisa.gov.br/hotsite/talidomida/bula_talidomida.pdf Data de acesso: 11/11/2016

de animais. Em 1962, foi publicado o livro de Rachel Carson com o título "*Primavera Silenciosa*". O livro aborda a morte de insetos e pássaros devido ao envenenamento causado pelo DDT (CACHAPUZ *et. al*., 2005, PRAIA, GIL-Perez, VILCHES, 2007). De acordo com Pereira (2012) o DDT foi sintetizado em 1874, na Alemanha, mas somente em 1939 suas propriedades de inseticidas foram descobertas por Hermmann Muller (1890-1967), ganhador do prêmio Nobel de Medicina em 1948, e utilizado no combate de piolhos, mosquitos e insetos transmissores de doenças, tais como, tifo, malária, febre amarela, etc. Carson investigou os problemas graves causados pelo DDT na agricultura, denunciando que matava não apenas pragas, mas microrganismos benéficos presentes no solo, peixes e predadores naturais das pragas, contaminando a fauna e flora, trazendo consequências como o câncer em quem ingerisse alimentos ou peixes contaminados (PEREIRA, 2012).

Problemas como os mencionados e outros começaram a gerar um sentimento de alerta geral, refletindo em uma "*Síndrome de Frankestein*" (BAZZO *et al*, 2003) em que a mesma força criada pelos homens, no caso a ciência e a tecnologia, poderá ser maior que a própria humanidade e se voltar contra a sociedade. A crença na perspectiva salvacionista da ciência perde um pouco sua credibilidade e atores sociais passam a questionar mais fortemente os aspectos da produção e desenvolvimentos científicos, bem como a figura e o papel do cientista.

2.2 O MOVIMENTO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Tendo em vista o cenário apresentado anteriormente, parcelas da sociedade se envolveram em debates sobre a suposta neutralidade da ciência e da tecnologia. Os debates e questionamentos envolviam a história e a filosofia da ciência, a epistemologia, a sociologia e a ética e questionavam o modelo de desenvolvimento linear. Dentre esses debates surge, nos finais da década de 1960 e início da década de 1970, os Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia, os chamados estudos CTS (BAZZO *et al*, 2003) ou o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (AULER, 2002). Esses estudos tinham o objetivo de compreender melhor o que seria a ciência e a tecnologia e se suas interações sociais ocorreriam de acordo esse modelo.

O movimento CTS iniciou no meio acadêmico influenciado por obras como a de Thomas Kuhn "*Estrutura das revoluções científicas*"- que discute o caráter sociológico da ciência, permeado de dogmas, de léxico disciplinar e questiona o pedestal da racionalidade da ciência (AULER, 2002). A principal crítica do movimento CTS girava em torno do modelo

de desenvolvimento linear, na tentativa de compreender melhor a relação entre a Ciência e a Tecnologia dentro da Sociedade. O surgimento desse movimento se deu, primeiramente, em duas tradições distintas, uma europeia e outra nos Estados Unidos, com diferentes motivações. O movimento campo CTS surge também na América Latina influenciando as reflexões sobre ciência e a Tecnologia e suas relações com a sociedade, prioritariamente no campo político.

A preocupação nos Estados Unidos era de ordem mais prática, com relação às consequências derivadas da tecnologia informada pela ciência (PINHEIRO, 2005). As discussões sobre as implementações tecnocientíficas iniciaram-se após a Segunda Guerra, a partir de três grandes acontecimentos: Lançamentos das bombas atômicas em Hiroshima e Nagazaki; o lançamento do *Sputnik* e o fracasso americano no Vietnã (MORAIS; ARAÚJO, 2012). Nessa tradição, a formulação de políticas visava o controle, a preocupação com a divulgação científica; e o engajamento em atividades educacionais que dizem respeito à ciência e a tecnologia foram as principais prioridades.

Projetos foram investigados e implementados com vistas à inovação no ensino de ciências tais como:

> PSSC (*Physical Sciences Study Committee*) na área de Física; o CBA (*Chemical Bind Approach*) na Química; o BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*) na Biologia; e o SMSG (*School Mathematics Study Group*) na Matemática. (MORAIS; ARAÚJO, 2012, p. 43, itálico do original).

De acordo com os autores, esses projetos não tiveram o resultado esperado e somente a partir das décadas de 70 e 80 os envolvidos nesses projetos propuseram mudanças que enfatizavam as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Essas mudanças foram importantes, pois somente por meio delas os resultados começaram a ser expressivos. Outro evento foi o relatório do Project *Synthesis* (AINKENHEAD, 2005; MORAIS e ARAÚJO, 2012) organizado entre grupos de metas para inserir conteúdos científicos no ensino de crianças com idade entre 10 e 13 anos. Os resultados enfatizaram que a ciência, conforme era ensinada, não atendia às metas tais como, a ciência para necessidade pessoal, ciência para resolver questões sociais e nem ciência para escolha de carreira. Morais e Araújo (2012) enfatiza que o ensino dado nessas escolas foi eficaz somente para formar cientistas. Dessa forma, o relatório apontou que ensinar na perspectiva CTS poderia atender melhor às necessidades futuras dos estudantes. A ênfase do movimento CTS nos Estados Unidos está centrada mais nas consequências da tecnologia, reivindicando formas de avaliação e controle de produtos antes de implementá-los socialmente, tendo como principal parâmetro a Ética.

Já a tradição europeia inicia-se com os estudos na Universidade de Edimburgo, nos anos 70. Essa tradição interessava-se mais nos problemas científicos, na construção do conhecimento, na tentativa de compreender a suposta neutralidade das ciências. O interesse era como questões sociais poderiam influenciar a prática científica, indo no sentido contrário da perspectiva norte-americana (BAZZO *et al*, 2003). Essa tradição era mais acadêmica, não tinha o foco na divulgação do conhecimento científico para a população em geral. O objetivo era compreender o empreendimento científico como atividade social feita por homens, compreender a construção do conhecimento, a formulação de teorias que questionem o ideal da neutralidade e da racionalidade. O "Programa Forte" fundado por David Bloor (2009), o Programa Empírico do Relativismo (*Empirical Program of Relativism* – EPOR)[6], a Construção Social da Tecnologia (*Social Construction of Technology* – SCOT) são alguns dos programas que se inspiraram nas ideias de Thomas Khun, mas que interpretaram de uma forma radical iniciando o movimento CTS na Europa (CEREZO, 1998). No final dos anos 70, contribuições de Bruno Latour (2000) sobre o funcionamento do laboratório e os conhecimentos derivados dele são questionados em relação a conhecimentos de sociologia e antropologia.

Consideramos os aspectos dos questionamentos da tradição europeia importantes para o ensino de ciências e para o movimento; entretanto, rejeitamos a interpretação radical que leva a posicionamentos anticientíficos e irracionais, que derivaram perspectivas pós-modernas. Mesmo que atualmente haja autores no movimento CTS com essa visão, não se constitui como posicionamento generalizado. No capítulo 5 (cinco) essa ideia será melhor enfatizada, onde um dos resultados da nossa pesquisa mostra o distanciamento entre as ideias de Lacey das tradições CTS dos países centrais e uma aproximação do Pensamento Latino Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS).

Na América Latina o movimento campo CTS iniciou-se com uma abordagem mais política, visando o esclarecimento de problemas sociais locais. Para essa vertente, as reflexões, problemas e desafios em relação à Ciência e a Tecnologia deveriam ser competências de políticas públicas (MORAIS; ARAUJO, 2012). As políticas públicas são necessárias para que haja um cenário social e uma preocupação ambiental para o desenvolvimento latino-americano (DAGNINO, 2002). Mostrando o caráter mais político

[6] O EPOR foi derivado do Programa Forte, postulado por Harry Collins no início de 1980, estudando a parte empírica de controvérsias científicas (BAZZO *et al*, 2003).

com relação a ciência e tecnologia em comparação com o movimento CTS que se origina na Europa, Vacarrezza (2011) fala a respeito do surgimento do PLACTS:

> Se o movimento que viria a ser chamado de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) se origina na Europa a partir da convergência com a sociologia da ciência, [...] na América Latina a origem do movimento se encontra na reflexão da ciência e tecnologia como uma competência das políticas públicas. Portanto, mesmo sem fazer parte de uma comunidade consciente identificada como CTS, este se configurou como um pensamento latino-americano sobre a política da ciência e tecnologia (VACCAREZZA, 2011, p. 47, tradução nossa).

Devido ao contexto pós-guerra, as importações tanto do conhecimento tecnológico para fabricação de produtos, quantos os próprios produtos já prontos dos países desenvolvidos foram intensificados para a expansão de indústrias e comércio no território latino-americano (DAGNINO, THOMAS e DAVYT, 1996). Organismos internacionais, tais como a UNESCO, incentivaram um modelo institucional de reconstrução de países europeus em escala planetária utilizando para esse intento, a Ciência e Tecnologia, legitimando o discurso idealista de que o desenvolvimento científico e tecnológico é condição necessária para o desenvolvimento econômico e social. Chegando essa concepção distorcida da Ciência e Tecnologia na América Latina e com a preocupação de importações de tecnologia dos países centrais, de incentivos a inovação como necessária para o desenvolvimento econômico e corridas de patentes que não refletiam as reais necessidades locais, nasce um pensamento latino americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade (DAGNINO, THOMAS e DAVYT, 1996). Também esse movimento, posteriormente chamado de PLACTS, surge em resposta à concepção de desenvolvimento linear de inovação e a dependência tecnológica da América Latina com relação aos países desenvolvidos, se dedicando a ser um movimento que esteja a serviço de propagar uma orientação política em relação à Ciência e Tecnologia com respeito a mudanças na agenda de pesquisa, de forma a priorizar os problemas locais. Nas palavras de Vaccarezza,

> Uma questão fundamental dessas ideias foi a crítica do modelo linear de inovação, antes que a mesma crítica tenha sido formulada nos países centrais. Esse modelo postula uma dependência unívoca das diferentes instâncias de produção, transformação e aplicação dos conhecimentos científicos. Assim, os resultados da investigação básica sempre derivam em desenvolvimentos tecnológicos e em benefícios sociais. Investir então em ciência básica, fornecendo o máximo de liberdade ao cientista para a seleção de seus temas de investigação se justifica por si mesmo. Isso criou o que se denominou "política ofertista", baseada na produção de conhecimentos que, em última análise, se estenderiam na sociedade por meio da investigação aplicada, do desenvolvimento tecnológico e inovação. Nesse sentido, o desenvolvimento científico era entendido como uma condição necessária e

> suficiente para o desenvolvimento social (VACCAREZZA, 2011, p. 48-49, tradução nossa).

Ainda de acordo com esse autor, alguns nomes que originaram esse movimento são Jorge Sábato, Amílcar Herrera, César Varsavsky, Miguel Wionseck, Máximo Halty, Francisco Sagasti, Osvaldo Sunkel, Marcel Roche, José Leite Lopes, Dagnino e Thomas, entre outros (VACCAREZZA, 2011). Entretanto, o PLACTS atua a níveis prioritariamente acadêmicos, sendo ignorados pelo movimento CTS dos países provenientes do Hemisfério Norte, não repercutindo no campo educacional da mesma maneira que a tradição Norte Americana tem sido enfatizada nos trabalhos CTS no contexto educacional (SANTOS, 2016). Como veremos mais adiante, pesquisas como a de Auler (2002), Santos (2016), Roso e Auler (2016); Rosa (2014); Rosa e Auler (2016); Santos (2016), Strieder (2012), entre outros, tem trazidos reflexões do PLACTS para o campo educacional por meio do pedagogo brasileiro Paulo Freire (1921- 1997).

2.3 O ENFOQUE CTS

A escola sempre foi alvo para as grandes mudanças sociais, políticas e econômicas (KRASILCHIK, 2000). Ela reflete as mudanças em nível nacional, decorrentes das diversas mudanças de governo (AIKENHEAD, 2005). A saber, os projetos da primeira geração do ensino de Física, Química, Biologia e Matemática do Ensino Médio, elaborados visando um ensino de ciências que garantisse a hegemonia norte-americana na guerra-fria, a fim de incentivarem jovens talentos a seguirem carreira científica. No Brasil, as Leis de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) (Lei 4.024/61, Lei 5.692/71 e Lei 9394/96) retratam diferentes concepções de ensino e diferentes abordagens no currículo. Dessa forma, Krasilchik (2000) se propõe a discutir a evolução geral das tendências de ensino ao longo de 1950 a 2000, levando em conta as influencias dessas diferentes reformas nos componentes curriculares: temáticas e conteúdos, modalidades didáticas e recursos e processos de avaliação.

Segundo Krasilchik (2000), tendo em vista que a concepção de aprendizagem permeia as modalidades didáticas, permanece no Brasil o currículo tradicionalista ou racionalista-acadêmico. O comportamentalismo influenciou a concepção de ensino-aprendizagem dos anos 60 com as classificações do psicólogo educacional americano Benjamin Bloom (1913-

1999). Já no final dos anos 60, a problemática da mudança conceitual é carregada da concepção cognitivista, tendo como base as ideias de Piaget[7] (1896-1980); no ensino de ciências, seguindo o construtivismo, o método da "redescoberta" tinha papel primordial. Entretanto, com os novos recursos tecnológicos, o aluno passa ser aquele que busca e cria; já o professor auxilia num esquema conceitual amplo.

Ainda nos anos 60, agora considerando a temática do ensino, os projetos da primeira geração, como já mencionado, eram considerados uma atividade "neutra" pois não levavam em conta valores sociais e pessoais, embora o fato de exclui-los já pode ser considerado uma perspectiva de valor, o que implica uma negação à neutralidade. Todavia, entre 1960-80, com os problemas socioambientais decorrentes da ciência e da tecnologia, houve mudanças no sistema educacional do ensino de ciências. Na mesma época, a expansão do ensino público favoreceu um ensino não voltado para formar cientistas, mas para formar cidadãos responsáveis e participativos. No período de 1950-70 o movimento Ciência Integrada, favorecido pela Organização das Nações Unidas (UNESCO), reforça o slogan "Ciência para Todos" visando a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT)[8].

Em termos avaliativos, Krasilchik (2000) ressalta o desempenho dos alunos norte-americanos nos testes internacionais em 1985, provocando o documento "*A Nation at Risk*". No Brasil, instituições internacionais como o Banco Mundial, Banco Interamericano e a Unesco, utilizam os métodos avaliativos, mesmo sendo bastante contestados, para financiar os projetos que apoiam. Pelos dados das avaliações Krasilchik (2000) considera que existe grande distância entre as propostas políticas de reforma e o aprendizado dos alunos.

A pesquisa em Ensino de Ciências aumentou consideravelmente no período já indicado, principalmente devido ao aumento do número de pós-graduações. Esse aumento ocorre nos centros de ciências e nas Universidades, tendo o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Nos EUA associações como a *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) foi importante para a discussão da Alfabetização Científica.

---

[7] Sir Jean William Fritz Piaget foi um epistemólogo suíço e fundador da Epistemologia Genética atuando na gênese psicológica do pensamento humano.

[8] O termo vem de Scientific Literacy, cuja tradução é Letramento Científico. No Brasil esse termo possui amplos significados dependendo da compreensão e filosofia de ensino do letramento ou alfabetização para crianças, jovens e adultos (AULER, 2001). Nossas ideias sobre letramento e alfabetização vão ao encontro das ideias do educador Paulo Freire (1921- 1997).

No Brasil, sociedades como a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Sociedade Brasileira de Química (SBQ) auxiliam nas discussões e desenvolvimentos de novos trabalhos e percursos de pesquisa.

O movimento CTS não tinha raízes no campo educacional formal, embora foi inserido nesse contexto, já que, como foi comentado, a escola é um bom espaço para mudanças (BAZZO e PEREIRA, 2008). Dessa forma, o movimento CTS deu lugar a amplas perspectivas de atuação e discussão pois,

> Ainda na década de 80 os estudiosos [...] destas abordagens CTS destacavam três grandes campos de atuação:
> 1. o campo da investigação com seu caráter mais teórico;
> 2. o campo das políticas para facilitar a participação pública nas questões C&T;
> 3. o campo educacional visando à alfabetização científica e tecnológica. (BAZZO e PEREIRA, 2008, p. 47).

A Alfabetização Científica e Tecnológica tem origem na ideia de um ensino de ciências voltado para todas as pessoas, visando um currículo com o mínimo de conceitos científicos para que futuros cidadãos estejam preparados para tomar decisões a respeito das inovações, projetos e agendas de pesquisa da ciência e da tecnologia. O tema "Ciência para Todos" é discutido por muitos pesquisadores, embora tenha recebido várias críticas sobre a crença da impossibilidade de ser concebida na prática (CACHAPUZ *et al,* 2005). O que deveria conter nesse currículo mínimo? Aquilo que tirar do currículo fará falta? O que se considera uma pessoa alfabetizada cientificamente? Como avaliar se uma pessoa está alfabetizada cientificamente?

De acordo com as Normas Nacionais de Educação Científica dos Estados Unidos uma pessoa alfabetizada cientificamente tem,

> [...] consciência de que a Ciência, a Tecnologia e a Matemática são interdependentes como construções humanas e que são empreendimentos bons, mas que estão sujeitas às limitações; devem compreender os fundamentos e princípios fundamentais da Ciência, consegue se familiarizar com o mundo natural e reconhecer tanto sua diversidade quanto seu caráter de unidade. Além disso, uma pessoa alfabetizada cientificamente usa o conhecimento científico e os meios científicos para seu próprio interesse e interesses coletivos (AAAS, 1989 *apud* GOODRUM, 2000 p. 7, tradução nossa).

Entretanto, não existe um consenso a respeito dos elementos do currículo que deverão ser contemplados para que alguém seja considerado alfabetizado cientificamente. Devido à complexidade desse tema, Acevedo (2004) opina que essa formação deverá ser estendida para toda a vida do cidadão e não apenas no ensino formal. Outras instâncias deverão participar na

formação para a cidadania tais como museus de ciência, revistas de divulgação científica, jornais, livros, etc. O que se pode fazer para que o ensino formal contribua para a ACT é trabalhar com o ensino voltado para as relações CTS, pois esse enfoque visa formar para a cidadania, para percepção da complexidade das relações do conhecimento científico e tecnológico e como a sociedade afeta e é afetada por esses conhecimentos (ACEVEDO, 2004). Outro pesquisador que afirma ser o campo CTS um fator contribuinte para fomentar um ensino de ciências para a democracia e para tomada de decisões é Hurd (1997), e considera que

> [...] a Alfabetização Científica é vista como uma competência social necessária para relacionar a ciência com os objetivos pessoais do indivíduo, questões sociais, política, problemas econômicos, e problemas em geral que podem ocorrer ao longo da vida. O movimento ciência-tecnologia-sociedade (CTS) fornece meios para reinventar currículos de ciências escolares que sejam relevantes para a vida do aluno. (HURD, 1997, p. 410, tradução nossa).

Joan Soloman (1995) destaca que a abordagem CTS, mesmo presente no currículo escolar, não tem sido muito ordenada e nem alvo de uma reflexão criteriosa. Desde a Segunda Guerra Mundial afirma-se que a ciência é uma parte importante da cultura geral. Na Grã-Bretanha, a comunidade de educação em ciências argumentou sobre a necessidade de que as crianças deveriam ter um ensino de ciências em seus currículos até 16 anos de idade. O tipo de educação científica também mudou, pois neste tempo o objetivo era preparar pessoas em nível universitário, com vistas a ensinar uma ciência para a cidadania. Nos Estados Unidos, em 1982, enfatizou-se um currículo que fosse relevante para a comunidade, seguindo esta mesma tendência. Assim, o slogan "Alfabetização Científica" começou a ser utilizado, o que envolvia a ideia de que o entendimento público deveria ser expresso. A *National Science Foundation* recomendou que assuntos como energia e ambiente fizesse parte do currículo, como simulações de problemas práticos e complexos, além de envolver pontos de vistas econômicos, sociais, históricos e filosóficos. Um dos primeiros cursos de CTS nas escolas foi feito com abordagens histórica e filosófica, em que Aikenhead e Fleming, em 1975, começaram um curso para estudantes canadenses chamado *"Science a Way of Knowing"* (AIKENHEAD, 2005).

Movimentos externos às escolas também ocorreram, como o "*Science for the People"*, promovido tanto pelos cientistas de esquerda quanto dos educadores do pós Segunda Guerra Mundial, e o *Science In a Social Context* (SISCON) iniciado por alguns membros da Sociedade Britânica para Responsabilidade Social em Ciência. Em muitos outros lugares,

como Holanda, Canadá, Áustria, etc., houve participação e criação de movimentos em que a política, como fenômeno comum, esteve presente nos debates sobre problemas que envolvem a Ciência e a Tecnologia no contexto social. Diversos assuntos foram discutidos, como a poluição e o poder nuclear, com forte influência em uma educação pública que possibilite uma participação e decisão dos cidadãos sobre tais questões (SOLOMON, 1995).

Sobre os cursos que abordam o contexto campo CTS, de acordo com Solomon (1995), deveriam conter todos seus elementos envolvidos de forma interdisciplinar. Com a contribuição das ciências tradicionais, bem como a presença da história, da filosofia, da religião, etc., a interdisciplinaridade tem o poder de facilitar as relações CTS e ligar, mais profundamente, diferentes caminhos teóricos.

Os métodos de ensino do enfoque CTS abarcam jogos, *role-play*, debates sobre política científica e transformação social, júri simulado, etc. tudo tendo em vista desenvolver a participação social, a tolerância com diferentes visões e fazer com que os estudantes tenham suas próprias ideias. Mesmo não sendo de uso exclusivo das abordagens CTS, essas estratégias tem sido utilizadas com uma variação e frequência maior nessas abordagens em comparação com outras vertentes educacionais (Auler, 2002). Em outras palavras, uma variedade maior de estratégias educacionais é considerada importante para a compreensão da complexidade das relações CTS e pelos objetivos educacionais de promoção de conscientização, entendimento, autonomia e participação do estudante em aulas de ciências.

Em relação às pesquisas sobre a educação em CTS, observou-se que as visões dos alunos sobre ciência, tecnologia e sociedade, apontaram discordância entre a comunidade científica e o contexto social dos alunos (SOLOMON, 1995). Pelas respostas, os alunos afirmam que a ciência e a tecnologia têm pouco a ver com os problemas sociais. O estudo fundamenta a ideia de que a instrução em ciência sem o contexto social está errada. A autora enfatiza que dilemas ainda permanecem e aponta para necessidade de mais pesquisas.

A preocupação com as visões distorcidas, a valorização do movimento mais amplo em CTS de levar a conscientização e a participação social em assuntos tecnocientíficos, bem como as necessidades educacionais apontadas antes mesmo do movimento, faz com que haja dificuldade no estabelecimento de consenso entre os objetivos desse enfoque educacional (Auler, 1998). Como já foi enfatizado, Strieder (2012) mostra grande diversidade de perspectivas teóricas de professores/pesquisadores que fazem parte do movimento. Com o intento de mostrar essa diversidade trazemos, de forma breve, alguns autores que se posicionam em relação a esses objetivos.

De acordo com Cerezo (1998) no campo das investigações CTS o objetivo é uma visão alternativa, mais contextualizada, do que a tradicional filosofia e sociologia da ciência. Já em relação às políticas públicas, a investigação CTS é voltada para regulação da ciência e da tecnologia com vistas à participação pública e não somente tecnocrática. No campo educacional, a necessidade é de melhorar a compreensão dos empreendimentos tecnológicos feitos por homens e que seus produtos e implementações necessitem de participação social, atribuindo uma nova imagem para a ciência e a tecnologia, tanto em nível universitário quanto em nível básico (CEREZO, 1998).

Características importantes do movimento CTS no contexto educacional seria, segundo Auler (2007):

1. Por meio de atividades e instrumentos pedagógicos variados conseguir promover o interesse dos alunos sobre a importância de compreender as implicações sociais, tanto positivas quanto negativas, da Ciência e Tecnologia na sociedade;
2. Compreender como os cientistas constroem conhecimentos, bem como a natureza provisória das teorias científicas, desmistificando ideias com relação à neutralidade das Ciências, de forma a desenvolver o pensamento crítico dos estudantes e a sua autonomia intelectual;
3. Formar para tomada de decisões que envolvam a ciência e a tecnologia.

Para Cerezo (1998), a abordagem CTS na sala de aula que poderá ser feita de variadas formas, como a seguir:

1. Acrescentar no currículo de Ensino de Ciências o contexto campo CTS orientando os alunos para a consciência crítica dos problemas ecológicos, econômicos, políticos, éticos, culturais e sociais que dizem respeito a implementações e investigações sobre Ciência e Tecnologia. Isso requer uma capacitação diferenciada dos professores, pois existe um *gap* entre ensinar no modelo tradicional, em que somente o conteúdo é explicitado, e ensinar para consciência crítica por meio do contexto campo CTS.
2. Em alguns tópicos sobre a ciência, levando em conta as matérias tradicionais, pode colocar CTS no final do conteúdo científico de forma transversal e breve na sala de aula. O objetivo é mostrar e educar os alunos nas consequências sociais e ambientais da Ciência e Tecnologia.
3. Uma terceira opção seria construir um currículo inteiro somente na perspectiva CTS utilizando a interdisciplinaridade, com foco em questões sociais. O objetivo seria educar para que o futuro cidadão exerça sua cidadania de forma ampla,

com responsabilidade, tomando decisões sociais que dizem respeito à Ciência e à Tecnologia.

Em termos metodológicos e intencionais o enfoque CTS busca a

> [...] a contextualização social do conhecimento especializado (desmistificação da Ciência, problematização da tecnologia) e a consequente promoção da participação pública na tomada de decisões relacionadas com à Ciência e à Tecnologia [...]. (CEREZO, 1998)

Teixeira (2003) destaca, observando os objetivos do enfoque CTS enfatizados por diferentes autores, que a perspectiva CTS no ambiente educacional tem a finalidade de: desenvolver a cidadania para lidar com problemas sobre ciência e tecnologia; promover o interesse dos estudantes de modo que eles possam relacionar a ciência e a tecnologia com suas vidas diárias; abordar a ética em relação aos produtos advindos da ciência e tecnologia; entender a natureza da ciência e do trabalho do cientista; ver a educação como meio de transformação da sociedade; perceber a necessidade de múltiplas estratégias didáticas (palestras, pesquisa para solução de problemas, jogos, simulações debates, análise de dados de computadores, materiais audiovisuais, etc.) Ainda segundo o autor, o campo CTS deverá ser integrado na Educação, de modo que o início e o fim dos problemas técnico científicos sejam por meio de problemas de interesse social. A participação dos estudantes nessa perspectiva é ativa e o professor assume o processo de mediador, organizando os trabalhos, levantando questões, gerenciando o tempo e recursos (TEIXEIRA, 2003).

Mesmo sendo os objetivos não consensuais e diversos, eles apontam para uma insatisfação em relação ao direcionamento que tem sido dado a tecnociência e uma necessidade de compreensão das relações CTS, superando visões distorcidas e crenças que limitam a participação pública.

2.4 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES NO CONTEXTO CTS

O professor Agustín Aduriz-Bravo defende que uma educação científica deve “manter o equilíbrio em uma formação que seja relativamente independente e que só garanta qualidade, cidadania, valores, felicidade e realização para essas crianças”. Esse equilíbrio relativamente independente significa que a educação científica deve independer de qualquer escolha de profissão da criança, não devendo a escola educar para escolhas como ser médico, engenheiro, cientista etc. Apenas quando os jovens se aproximarem da universidade é que o conteúdo científico “duro” deverá ganhar maior peso.

A questão da Educação Científica é importante para a cidadania e Agustín Aduriz-Bravo afirma que

> [...] é impossível ser adulto, inserir-se na sociedade, sem conhecimentos básicos de Ciência e Tecnologia, que sejam para desfrutar, para a atuação solvente no mundo, para tomar decisões [informadas[9]] para o juízo crítico, para a visão afinada sobre os meios de comunicação. (ADURIZ-BRAVO, 2015).

Se o professor Aduriz-Bravo fala sobre a impossibilidade de inserir-se na sociedade sem o conhecimento científico e tecnológico, isso implica que o adulto de hoje, na sua maioria, não exerce sua cidadania como deveria, ou simplesmente não pode ser considerado um cidadão em sua completude. Ser cidadão implica em participar de questões relativas ao uso e direcionamento de questões tecnocientíficas. É certo que não é culpa dos cidadãos, muitos deles não se dão conta da responsabilidade que têm em mãos; e mesmo que tenham essa consciência, não sabem como reivindicar. Com certeza está nas mãos da Educação Científica, em todos os setores, o despertar da conscientização, tanto do cidadão quanto do cientista.

A Educação Científica se dá de variadas formas, embora vejamos como figura central nesse processo o professor de Ciências. Esse professor que educa e conscientiza crianças e jovens para uma democracia realmente efetiva, para que essas crianças e jovens, quando adultos, possam se sentir responsáveis pelo que acontece na sociedade e no que diz respeito às decisões políticas que tratam da tecnociência. Sem a figura do professor esse processo não poderá se efetivar satisfatoriamente.

De acordo com Teixeira (2003), grande parte dos mitos e imagens distorcidas da Ciência e Tecnologia presentes nas concepções dos alunos é devido à manifestação de crenças dos próprios professores. Teixeira (2003) ao analisar os discursos dos professores de ciências levantou as seguintes conclusões:

> i) Diminuta compreensão no tocante a perceber a Educação como potencial instrumento a ser utilizado na luta pela mudança das estruturas sociais injustas; ii) verbalização de ideias sobre os objetivos educacionais, onde aparecem asserções genéricas e desarticuladas, caracterizando a visão da prática educativa como atividade neutra, apolítica e descompromissada com os problemas sociais mais amplos; iii) declaração dos objetivos específicos, com a tendência de estancar a disciplina e estabelecer metas restritas à área, numa visão que desarticula a disciplina do contexto educacional mais amplo, caracterizando a limitação da abordagem adotada na disciplina pela

[9] A palavra “informadas” não estava na legenda, mas estava presente no áudio do vídeo.

> dimensão estritamente biológica dos problemas estudados; (TEIXEIRA, 2003, p. 187)

Além disso, muitos professores de Ciências Naturais têm a visão de que a responsabilidade de educar para a cidadania é apenas dos professores das Ciências Sociais e Humanas (TEIXEIRA, 2003). Para Auler (2002), em relação ao contexto brasileiro, várias questões deverão se tornar objeto de investigação. Dentre essas questões o autor aponta:

> Interdisciplinaridade; compreensão dos professores sobre as interações entre CTS; compreensões dos alunos; não inclusão do enfoque CTS nos exames de seleção; formas/modalidades de implementação; produção de material didático pedagógico; formação de professores; redefinição de conteúdos programáticos. (AULER, 2002, p. 40)

Auler (2002) identifica, com sua pesquisa de doutoramento, que a ausência de oportunidades de pensar e refletir criticamente a respeito de temas contemporâneos interfere tanto no pensar do professor sobre Ciência e Tecnologia quanto em relação às interações entre estas e a sociedade.

Pesquisas como as de Mamede e Zimmermann (2005) questionam sobre a impossibilidade de formar para a cidadania sem que os professores também sejam formados nessa perspectiva. De acordo com as autoras, a "formação de professores se constitui em um eixo fundamental para a transformação da realidade do ensino de Ciências em nosso contexto educacional" (MAMEDE E ZIMMERMANN, 2005, p. 2). A pesquisa tinha três eixos fundamentais que se concentravam em: i) leitura e discussões sobre a natureza da ciência; ii) contextos de ensino e instrumentos didáticos; iii) elaboração de projetos para o ensino fundamental.

Vieira e Martins (2005), com a preocupação em uma educação campo CTS para o professorado, enfatizam a necessidade de compreender a concepção dos professores sobre a natureza da ciência, sendo esse assunto de fundamental importância tanto para sua formação inicial quanto continuada.

Auler e Delizoicov (2006) apontam para a falta de clareza e ambiguidade quando os professores refletem sobre a ciência e a tecnologia. Os autores consideram que a complexidade do tema e a visão de neutralidade impedem o reconhecimento dos papéis da ciência e da tecnologia na sociedade.

Auler e Delizoicov (2006) apontam para a falta de clareza e ambiguidade quando os professores refletem sobre a ciência e a tecnologia. Os autores consideram que a complexidade do tema e a visão de neutralidade impedem o reconhecimento dos papéis da ciência e da tecnologia na sociedade.

Strieder (2012) também aponta resultados interessantes com respeito à formação de professores. De acordo com o levantamento de trabalhos publicados em anais e eventos no período de 1997 a 2007, as conclusões dessas pesquisas mostram que:

1. Em termos da sociedade em geral, resultados apontam que grande parte da população tem uma concepção ingênua, além da ausência de participação.

2. Outros trabalhos destacam a necessidade de redimensionar a formação do professorado, pois se constitui fragmentária, disciplinar e desvinculada dos problemas sociais;

3. Alguns trabalhos sugerem que professores em exercício possuem visões distorcidas e ingênuas sobre as relações CTS;

4. As concepções dos alunos apresentam sem alterações significativas durante sua trajetória escolar, se assemelhando às compreensões de seus professores;

É por isso a necessidade da formação do professor, dentro da perspectiva que envolve as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, além de um ensino voltado para a pesquisa que contribua para a autonomia do cidadão. Quando não na presença de um professor o cidadão, ao se deparar com um problema científico-tecnológico, necessita ter autonomia suficiente para julgar valores, tanto cognitivos quanto morais, éticos, sociais, etc., impregnados em documentos políticos e científicos; tendo a consciência da visão parcial e limitada de cada olhar, de forma que, em conjunto, por meio de debates controversos, se chegue à visão do todo.

Entendemos que formar o professor em CTS significa educar pela pesquisa, buscando o desenvolvimento da autonomia intelectual e do entendimento em torno da complexidade das relações humanas, fazendo-o perceber que valores sociais estão presente na tecnociência tal como a tecnociência atua fortemente na sociedade.

Queremos trazer para a discussão da formação de professores a figura do cientista. No Brasil, a maioria dos espaços de pesquisa para o cientista é vinculado às Universidades públicas e algumas Universidades particulares, além dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia espalhados pelo país. Mesmo respeitando as particularidades da formação do cientista e do professor de ciências, seus fazeres não estão totalmente dissociados. Os cientistas que se vinculam às universidades e IFs também são professores e, na maioria das vezes, licenciandos em Ciências, recebem como docentes esses cientistas e, consequentemente, entram em contato com as crenças conscientes e inconscientes sobre sua prática científica.

O cientista também é cidadão e deverá pensar sobre esses problemas que envolverão sua família e também sua qualidade de vida, dependendo dos eventos tecnocientíficos. A

necessidade do autoconhecimento (LACEY, 2010) é de suma importância para os cientistas compreenderem a complexidade dos problemas, quebra-cabeças, estratégias que utilizam, muitas vezes, de forma inconsciente. A consciência do seu fazer é tão importante quanto o que se faz. Isso se chama autonomia, senso crítico, agir conscientemente, engajar-se.

Existe uma resistência por parte do bacharelado, das instituições que formam cientistas, em perceberem os problemas sociais e filosóficos advindos de suas práticas. O que poderá melhorar a formação do bacharelado será uma educação científica anterior, por exemplo, na própria Educação Básica, de forma que eles possam ver a importância desses conhecimentos e passem a exigir essa formação social, quando de sua entrada em instituições de formação de cientistas. As relações CTS, bem como noções de Sociologia da Ciência e Filosofia da Ciência deverão estar presentes na Educação Superior, tanto do professor quanto dos cientistas.

Reflexões de Cerezo (1998) que, no nosso entendimento, corroboram para que Lacey seja estudado pelos docentes são que: i) a ciência aplicada à Tecnologia gera benefícios principalmente aos ricos e aos governos poderosos; ii) a existência de um novo contrato social é necessário ao mundo contemporâneo para fiscalizar, negociar e ajustar a ciência e a Tecnologia para o bem-estar humano, tendo em vista as necessidades dos pobres; iii) para isso acontecer é necessário haver uma "revisão epistemológica da natureza da ciência e Tecnologia (CEREZO, 1998) em que abra a "caixa preta" para a sociedade, desmistificando a imagem tradicional.

Por essa necessidade de compreensão epistemológica é que trazemos uma discussão importante da natureza da ciência para o enfoque CTS.

2.5 A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENFOQUE CTS

Em 2005, um número especial da revista *Ciência & Educação* de Bauru discutiu o ensino da Natureza da Ciência no Ensino de Ciências por meio de trabalhos de autores renomados na linha CTS. De um lado Antônio Acevedo, Vázquez, Martín, Oliva, Pilar Acevedo, Paixão, Martin e Manassero (2005a) com o artigo "*Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no Ensino das Ciências*" e um outro texto, que se articula com o primeiro, publicado na *Revista Eureka* sobre *Enseñanza y Divulgación de las Ciências*, também em 2005, cujo título é "*Naturaleza de la ciência y educación científica para la participación ciudadana: Una revisión crítica*" (2005b). Contra argumentando as ideias de Acevedo *et al* (2005a, 2005b) temos João Praia, Gil-Pérez e

Vilches, com o artigo publicado em 2007 na revista *Ciência & Educação* cujo título é "*O papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania*".

Acevedo *et al* (2005a, 2005b) enfatizam que as perspectivas do ensino para a cidadania defendem que a Natureza da Ciência é importante para que os cidadãos possam decidir sobre questões que envolvem a tecnociência. Segundo esses autores, a "[...] essência do papel do CTS na educação científica está, sobretudo, em educar para a participação cívica nas decisões tecnocientíficas" (ACEVEDO *et al*.; 2005b, p.122, tradução nossa). Vimos acima, neste mesmo Capítulo, que vários autores apontam para a necessidade de compreender o trabalho dos cientistas, ou seja, o método, como se constrói teorias, a natureza da comunidade científica, etc. Entretanto, Acevedo *et al* (2005a, 2005b) mostra, por meio da divulgação de outras pesquisas, que outros fatores contribuem tanto ou até mais que o conhecimento da natureza da ciência para decisões tecnocientíficas.

Acevedo *et al* (2005a) encontra razões para justificar que o conhecimento sobre a natureza da ciência poderia não ser relevante para o Ensino de Ciências:

1. A complexidade da natureza da ciência pode estar fora do alcance dos alunos, principalmente nos primeiros níveis de escolaridade;
2. Existem controvérsias do que se deveria colocar no currículo de ciências sobre questões que envolvem a natureza da ciência, pois vários epistemólogos, filósofos e sociólogos têm uma compreensão diferente e desacordos do que seriam princípios básicos;
3. A maioria das questões relativas à natureza da ciência é demasiadamente abstrata para a vida cotidiana dos estudantes e contém discrepâncias entre o conhecimento filosófico e as possíveis decisões que possam apresentar aos alunos;
4. Não seria adequado adentrar em questões complexas sobre a natureza da ciência, principalmente por existirem problemas epistemológicos que ainda não contém soluções.

Acevedo et al (2005a, 2005b) comentam ainda sobre pesquisas que abordaram o papel de crenças de professores de universidades em relação a decisões tecnocientíficas. De acordo com Acevedo et al (2005a, 2005b) os resultados apontam que a natureza da ciência não foi o fator crucial para suas decisões e a maioria dos professores se basearam em aspectos distintos da natureza da ciência. Os fatores que mais tiveram repercussão foram os valores morais e pessoais, os aspectos culturais, influencias políticas etc. Outras pesquisas mostram que crenças religiosas, o impacto da educação familiar e a cultura influenciam em questões

relacionadas a engenharia genética. Dessa forma, Acevedo et al (2005b) apresenta na Figura 1, os fatores que influenciam na tomada de decisões em assuntos sobre a tecnociência:

Figura 1: Fatores que influenciam na tomada de decisões em assuntos tecnocientíficos de interesse social.



Fonte: (ACEVEDO *et al*, 2005b).

O objetivo deveria ser que assuntos sobre a Filosofia e a Sociologia da Ciência sejam dados de forma a contribuir com o entendimento acerca da ciência e da tecnologia e não para formar especialistas (ACEVEDO *et al*, 2005a). De acordo com os autores, sem dúvida, o pensamento positivista da ciência encontra-se tanto nos livros didáticos como no pensamento dos professores, sem que eles sequer percebam, e essa corrente filosófica é um impedimento para educar para a cidadania. É necessário haver um consenso sobre um modelo que seja aberto, relativamente fácil, mas que permita superar a ideia e o modelo linear positivista da tecnociência (ACEVEDO *et al*, 2005b).

E esses autores colocam em cheque a questão da filosofia que temos adotado no ensino de Ciências, e concordamos com a visão dos autores. Estamos ensinando ou adotando um pensamento filosófico que remetem discussões científicas que não estão no contexto atual, o que prejudica a educação para cidadania e, no caso, o ensino com enfoque CTS. Nas palavras dos autores,

> [...] se está reproduzindo na didática das ciências uma situação similar do que sucedeu nos anos 50, 60 e 70, quando os filósofos da ciência baseavam suas conclusões sobre a NdC [Natureza da Ciência] nos casos históricos do passado, incluindo entre esses pensadores não somente os positivistas lógicos, mas outros como Popper, Kuhn, Feyerabend, Lakatos, Laudan e

> demais membros incluídos na que então se denominou “nova filosofia da ciência”, que agora é antiga. Esses debates se fizeram sem ter presente que desde a Segunda Guerra Mundial, se não antes, a microciência, associada ao exército, as grandes indústrias, instituições governamentais e fundações, já compartilhavam espaço desde anos atrás com a ciência acadêmica (Echeverría, 2003). Depois, pouco a pouco, foi surgindo a tecnociência, que não é de todo idêntica à macrociência, ainda que, às vezes se confundam. Esses fatos não são tidos em conta na maioria dos estudos sobre NdC que se desenvolveram na didática das ciências. (ACEVEDO et al, 2005b p. 131 – 132, tradução nossa).

Para os objetivos educacionais que se esperam atualmente, é necessário haver uma epistemologia que abranja questões sobre a tecnociência e suas relações sociais interna e externa. Não se dá mais para falar sobre a atividade científica sem fazer referência à tecnologia, o que o ensino de CTS nos ajuda compreender. Partilhamos da ideia de que é necessária uma nova filosofia para o ensino de CTS, o que é um dos nossos objetivos, com o objeto de estudo centrado em Hugh Lacey.

Por outro lado, temos o artigo contra argumentando as ideias acima, no caso o já citado trabalho de Praia *et al* (2007). Esses autores participam de vários trabalhos com António Cachapuz, pesquisando e defendendo o enfoque educacional CTS, delineando e enfatizando um ensino que se volte para os objetivos já apresentados nesse Capítulo (ver seções 2.3 e 2.4). Em Praia *et al* (2007), os autores continuam a apresentar a ideia sobre a necessidade de se fazer educação para uma cidadania que permita participar em discussões tecnocientíficas e sobre a importância da Natureza da Ciência na educação científica; isto, com o intuito de efetivar a preparação dos alunos, para que, no futuro, possam decidir de forma consciente. Para não ficarem repetitivas as questões dos objetivos educacionais do campo CTS, que já foram enfatizados anteriormente, vamos nos concentrar apenas na relação da natureza da ciência para educação científica e suas relações com o trabalho de Acevedo *et al* (2005a, 2005b).

Praia *et al* (2007) reivindicam a necessidade de uma imersão dos alunos na cultura científica e para tanto, é necessário mais que pontos de vistas sobre a natureza da ciência, contrariando o que Acevedo *et al* (2005a, 2005b) defendem - questões demasiadamente complexas sobre a natureza da ciência podem não ser eficaz para uma educação, tendo em vista a participação em decisões. Praia *et al* (2007) mostram que pesquisas apontam ser o “senso comum” um dos principais obstáculos para renovação da Educação Científica. Essas pesquisas consideram que, se queremos mudar tanto os professores quantos os alunos em relação às aulas de ciências, é necessário, primeiramente, mudar a concepção epistemológica dos professores. Além disso,

> [...] como tem mostrado também estas mesmas investigações, um trabalho coletivo de reflexão crítica permite um distanciamento destas visões deformadas e a aquisição de uma visão mais adequada da atividade científica e tecnológica, a qual expressa o consenso básico de diversos epistemólogos (LAUDAN, 1984; LAKATOS, 1982; TOULMIN, 1977; BUNGE, 1976; FEYERABEND, 1975; KUHN, 1971; POPPER, 1962, entre outros), à margem das suas discrepâncias e debates pontuais. (PRAIA *et al* 2007, p. 147 - 148)

Dentre esses pontos em consenso resumimos: 1) A recusa da ideia de método científico como um conjunto de regras estáticas e imutáveis (o que apresentaremos, em detrimento ao conjunto de regras, são os valores cognitivos para a manutenção da objetividade); 2) A ideia de que dados empíricos não falam por si mesmos e a teoria é necessária tanto para a produção dos próprios dados quanto das suas interpretações; 3) as teorias são dinâmicas e não estáticas, estando sujeitas a mudanças, rupturas (com Lacey teremos uma visão um pouco diferente em relação a aceitação de teorias para um dado domínio de fenômenos); 4) As ideias que surgem por meio de teorias não são "insights" dados ao acaso e sim fruto de "situações problemáticas" que se transformam com os passos das pesquisas, dependendo do corpo de conhecimento aceito; 5) Não existem "certezas", problemas que podem estar corretos de forma absoluta, pois a formulação de hipóteses são tentativas de respostas que deverão ser postas a prova; 6) São as hipóteses que orientam a busca de dados empíricos (Para Lacey os valores sociais tem papel relevante, inclusive para a seleção de dados empíricos); 7) O papel da dúvida na atividade científica; 8) o caráter social do empreendimento científico não deve ser desprezado, pois as investigações são influenciadas por políticas institucionais, fatores históricos, valorativos e culturais.

Todos estes aspectos são importantes para uma educação científica que busca relacionar Ciência, Tecnologia e Sociedade (PRAIA *et al*, 2007).

Concordamos com Acevedo *et al* (2005a, 2005b) que existe uma limitação sobre o caráter da relação mútua, complexa e dialética entre a ciência e a tecnologia, o que é necessário para formar cidadãos de forma que consigam opinar e agir em face dos problemas que envolvem a tecnociência na atualidade. Discordamos, por hora, da necessidade de envolver assuntos epistemológicos de natureza complexa, como as apresentadas acima, no Ensino de Ciências em nível Básico. Entretanto, para a formação de professores, é fundamental um posicionamento epistemológico que o auxilie a tratar questões sociais e filosóficas desse porte no contexto de temas atuais e importantes para o nível Básico, de forma a orientar a pesquisa e reflexão dos alunos. Coadunamos com Praia *et al* (2007) quando apontam que o comportamento dos alunos seria diferente face à Educação Científica atual se

os professores tivessem uma compreensão epistemológica que abranjam essas questões. Se o professor tem uma intencionalidade permeada de decisões epistemológicas atuais, isso se refletirá na forma como ensina e como escolhe o que deverá fazer sentido para seus alunos. Não acreditamos pertinente levar um texto como "*A estrutura das revoluções científicas*", de Thomas Kuhn, para a sala de aula. Entretanto, se o professor compreende as nuanças da tecnociência, poderá direcionar os estudantes para reflexões críticas sobre sua natureza. Defendemos que o foco deverá ser em um aprofundamento de crenças e desejos do professor que culmine em uma autoconsciência de seus objetivos e metas como docente, de forma que sua formação contemple discussões epistemológicas capazes de explicar problemas atuais e que aponte soluções, tal como a filosofia engajada de Hugh Lacey.

2.6 ENSINO POR PESQUISA NAS RELAÇÕES CTS

A perspectiva de ensino por pesquisa tem a concepção didática que permite o aluno ter maior autonomia. A questão da autonomia é uma necessidade, se o objetivo é uma educação que possibilite a plena cidadania. Os alunos, ao saírem da escola, enfrentarão problemas advindos de novas pesquisas que podem não ter sido abordadas quando estavam no Ensino Básico. Dessa forma, o cidadão que tenha sido educado tendo em vista a pesquisa, terá maior autonomia para identificar conteúdos pertinentes e avaliar as diferentes vozes que compõem uma controvérsia.

Nesta perspectiva de ensino o professor, possuidor de maior experiência e maior conhecimentos que o aluno no assunto considerado, orientará os caminhos da pesquisa temática, fazendo questionamentos e abrindo possibilidades, deixando que os alunos apresentem também novas alternativas até então não direcionadas pelo professor.

O papel dos conteúdos não serve apenas para instrução, mas também para atingir metas educacionais socialmente relevantes. Os conteúdos deverão impulsionar o pensar para agir, por meio de problemáticas com incidências sociais fortes. No caso das múltiplas metodologias do enfoque CTS, o ensino por pesquisa perpassa essas diferentes metodologias.

O ensino de Ciências atual, na grande maioria das vezes, fica preso apenas nos conteúdos da Ciência. Conceitos científicos individualizados, sem contexto, é o que faz parte no dia a dia dos estudantes. Entretanto, o que os estudantes têm em mãos são os equipamentos tecnológicos como: o celular, o computador, o tablete, videogames, micro-ondas, tevês, etc. Os conceitos científicos por si mesmos não fazem sentido, para esses alunos que vivem em um mundo permeado pela tecnologia.

O ensino por pesquisa é voltado para a motivação, porque sem motivação não existe possibilidade de aprendizado efetivo. A motivação é uma das formas que leva à ação, e por isso é importante no ensino CTS que busca a ação consciente. Negamos a motivação rasa, sem objetivo educacional com vistas a distrair o aluno. A motivação que defendemos é no sentido epistemológico, de modo que os alunos sejam convencidos sobre a necessidade e a importância de se pesquisar e se engajar no tema. Aqui deveria surgir uma educação voltada para os valores no sentido que Lacey apresenta (listado e discutido no capítulo 5), que acreditamos ser importante não somente para professores orientados pelo enfoque CTS, mas para a educação em geral.

O fenômeno da tecnociência não poderá ser negligenciado na atualidade de forma que o conteúdo científico não poderá ser um fim em si mesmo (CACHAPUZ *at al*, 2000). Assim, no ensino por pesquisa não importa somente falar da tecnociência por si só. A relevância da incorporação desta no social, e como o social responde as inovações, é primordial para uma educação científica que impulsione para a ação. Nesta perspectiva, a interdisciplinaridade faz parte da compreensão de situações cotidianas de forma complexa. A transdisciplinaridade é importante já que, segundo Cachapuz *at al* (2000), apresenta o conhecimento de várias ciências como uma unidade. Os autores compreendem que o lecionar utilizando pesquisa, no ensino de ciências, contempla os objetivos do enfoque CTS.

Muitos pesquisadores e professores que abordam o ensino com enfoque CTS têm considerado abordagens que enfatizam mais as características maléficas e o mal-estar decorrentes da tecnociência do que seus benefícios, podendo o aluno ser levado para um posicionamento anticientífico. Não partilhamos dessas considerações. Os alunos devem ser confrontados com as diversas implicações da tecnociência, não somente um viés (CACHAPUZ *et al* 2000). A ciência e a tecnologia, tanto no passado como atualmente, nos têm fornecido possibilidades até então inimagináveis. A tecnociência está presente em nossas vidas e facilitando-a bastante. O que devemos discutir com nossos alunos é um juízo valorativo que abranja as várias implicações advindas da tecnociência, as prioridades locais e o que evidencia o papel do pluralismo metodológico e da pesquisa no ensino.

Para a vertente do ensino por pesquisa, a formação didático-pedagógica do professor é de fundamental importância. Não há como um professor educar pela pesquisa se não tiver sido formado também nesta perspectiva. O papel fundamental do professor é auxiliar os estudantes na formulação de questões que geram ação, na obtenção de respostas e outras formulações. Questões envolvendo controvérsias é de suma importância no ensino por pesquisa, pois a sala de aula se constitui numa micro sociedade (CACHAPUZ *et al*, 2000) e,

portanto, é um excelente espaço para levantar problemas de ordem científica e tecnológica. As controvérsias são importantes para fomentar ideias, soluções conjuntas, ver perspectivas de entendimento antes não pensadas pelo grupo, imprime a necessidade de respeito mútuo, etc. Nesse aspecto, compreendemos que o ensino por pesquisa contribui como um instrumento para fomentar a autonomia e o engajamento em problemas sócio científicos.

2.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O CAPÍTULO

Nesse Capítulo enfatizamos a interação dialética entre a Ciência e a Tecnologia, fenômeno chamado de tecnociência, que é considerado por autores que pesquisam na linha educacional do campo CTS tais como Acevedo (2005) e na linha da Filosofia da Ciência com vistas à transformação social, como Aduriz-Bravo (2015). Essa discussão foi uma breve retomada de conceitos, já que optamos por desenvolver aproximações entre Lacey e o enfoque CTS.

O movimento CTS nasce com preocupações sobre o fenômeno da tecnociência na sociedade bem como os vínculos sociais presentes na tecnociência. Lacey, como veremos no próximo capítulo, explica a tecnociência como sendo uma interação dialética vinda de uma afinidade eletiva entre *estratégias materialistas* e o *valor do controle*. A principal crítica do movimento, levando em conta as três vertentes enfatizadas que tem particularidades próprias, gira em torno do modelo linear de desenvolvimento. Esse modelo traz concepções distorcidas e crenças que limitam a participação democrática em assuntos que envolvem a Tecnociência.

Na esfera educacional, o enfoque CTS objetiva, entre outras coisas, uma educação científica que priorize a autonomia, a criticidade e a transformação social por meio da participação pública. Entretanto, como vimos, uma das dificuldades em implementar esses objetivos está na formação dos professores, não direcionada para o pensamento crítico e para o entendimento das relações CTS, além de problemas de ordem epistemológica, com a qual queremos contribuir com esse trabalho por meio de um olhar mais atento para os valores presentes e que direcionam a Tecnociência.

3 BASES PARA A CRÍTICA DE HUGH LACEY

A concepção de que a ciência deva ser útil e estar a serviço do bem-estar dos homens vem da filosofia de Francis Bacon. A capacidade de controlar a Natureza por meio de um método contribui para a eficácia da ciência moderna. Pelo sucesso em controlar um objeto de investigação e incorporá-lo na sociedade como produto tecnológico facilitador, o controle tornou-se um valor social importante e fortalecido pelas práticas neoliberais. Lacey utiliza os valores, inspirado na filosofia de Thomas Kuhn (1922 – 1996) para explicar os rumos que a sociedade tem dado à tecnociência e às interferências que a tecnociência tem em relação aos valores. Destinamos este capítulo para problematizar os conceitos de utilidade, controle e valores, advindos das ideias de Bacon e Kuhn, importantes para o entendimento da filosofia de Lacey.

Hugh Lacey resgata de Bacon a concepção de utilidade e a concepção de bem-estar. Tais ideias, segundo Lacey, tornaram atualmente um valor social altamente incorporado na sociedade ocidental. Hoje, os maiores financiamentos das pesquisas são para aquelas vinculadas a empresas ou mesmo que podem fornecer indícios de potencial aplicador para o desenvolvimento de produtos tecnológicos. Tudo isso em nome de um bem-estar social, facilitando a vida, a comunicação e outros aspectos da atividade humana.

Mas, o que significa bem-estar para a sociedade neoliberal? Esse bem-estar é para todos ou está concentrado nas mãos de alguns? Será que tem trazido apenas bem-estar? A ciência atual é útil para quem? O que o autor quis dizer sobre Ciência útil?

Estas reflexões sobre a Ciência e a Tecnologia, que refletem valores sociais e que implicam em uma estrutura da atividade científica, são importantes para a educação científica em CTS. Dessa forma, interessa aqui entender, primeiramente, qual a concepção de ciência, de utilidade e bem-estar de Bacon. O filósofo austríaco Karl Popper (1902 – 1994) no texto "*Ciência: problemas, objetivos, responsabilidades*" em Popper (1994), afirmou:

> Bacon, eu sugiro, não era um cientista, mas um profeta. Ele era um profeta, não só no sentido de que ele propagou a ideia de uma ciência experimental, mas também no sentido de que ele previu e inspirou a Revolução Industrial. Ele teve a visão de uma nova era, da idade industrial, que também estaria na era da ciência e da tecnologia. Referindo-se à descoberta acidental da pólvora e da seda, ele falou sobre a possibilidade de uma pesquisa científica sistemática para outras substâncias e materiais úteis, e de uma nova sociedade na qual, por meio da ciência, os homens encontrariam a salvação da miséria e da pobreza. Assim, a nova religião da ciência realizava uma nova promessa do Céu na Terra - de um mundo melhor que, com a ajuda de novos conhecimentos, os homens criariam para si mesmos. Conhecimento é poder, Bacon disse, e essa ideia, essa ideia perigosa, do domínio do homem

> sobre a natureza - de homens como deuses - tem sido um dos mais influentes das ideias, através do qual a religião da ciência transformou o nosso mundo, (POPPER, 1994, p. 85 – 86).

Para Lacey, grande parte dos problemas atuais que envolvem a Ciência e a Tecnologia, além de suas implicações sociais, é advinda de um valor social de controle da Natureza que se iniciou com Bacon. Esse espaço é para mostrar que, para esse autor, o objetivo da Ciência é o controle da natureza com vistas a auxiliar a humanidade, proporcionando maior bem-estar individual e coletivo. Entretanto, como problematizaremos nos capítulos vindouros, o controle da Natureza tem sido direcionado para o bem-estar de poucos e voltado para o lucro, o aprisionamento das mentes pelo consumo exacerbado, embora disfarçado de uma Ciência para o bem-estar social.

A ideia de que os valores desempenham papéis na atividade científica foi proposto inicialmente por Thomas Kuhn. Atacado por cientistas e filósofos célebres, ainda hoje existem trabalhos publicados sobre a filosofia kuhniana (MENDONÇA, 2012). Thomas Kuhn graduou-se em Física na Universidade de Harvard onde terminou seu mestrado em Física teórica e se enveredou para a pesquisa em história da Ciência, com o objetivo de ter um olhar mais amplo acerca do empreendimento científico. Suas ideias, palco de críticas e controvérsias, foram amplamente difundidas, inaugurando uma nova visão da Ciência e do cientista.

Para Mendonça (2012), Kuhn se tornou a figura mais debatida na filosofia da Ciência da segunda metade do século XX e ainda continua influenciando pesquisas e discussões sobre o empreendimento científico na atualidade. Estabelecendo fortes críticas ao modelo de Ciência vista como linear, cumulativo, racional, totalmente lógico e neutro, utiliza como metodologia para suas teses a história da Ciência, mostrando o caráter dogmático, psicológico e político da comunidade científica. Com Kuhn a Ciência não tem o domínio da verdade absoluta, pois o conhecimento é transitório, histórico. Essas contribuições de Kuhn são de grande importância para a educação científica atual e para a formação de professores, devido à desconstrução de mitos que seu modelo de desenvolvimento da Ciência proporciona a quem o estuda.

Lacey partilha de algumas ideias de Kuhn e se inspira no conceito de paradigma[10] para criar o conceito de estratégia, fundamental em seus argumentos tanto na crítica de que a ciência é livre de valores quanto na aposta de uma solução para o verdadeiro bem-estar de todos em relação à prática científica. É por esse motivo que trazemos os conceitos, de forma breve, do filósofo Thomas Kuhn para mostrar, posteriormente, as contribuições que Lacey pode dar ao campo CTS.

Na primeira seção, iniciaremos com as críticas de Bacon ao modo como a ciência de sua época era praticada. Em seguida enfatizaremos brevemente como seria o empreendimento científico ideal para Bacon por meio de um método para chegar ao conhecimento da Natureza e como deveria ser uma sociedade ideal com vistas ao bem-estar de todos. Finalmente, faremos uma crítica às suas concepções com relação ao ensino de Ciências, encaminhando a discussão para uma aposta na filosofia de Hugh Lacey. Na segunda seção, abordaremos a filosofia de Thomas Kuhn, iniciando com os pressupostos gerais de sua filosofia, mostrando as concepções de Ciência normal, paradigmas, períodos de revolução, etc., com a finalidade de introduzir conceitos para a discussões posteriores. De posse dos conceitos gerais, apresentaremos a crítica contemporânea fornecida pelo filósofo Hugh Lacey.

3.1 CONCEPÇÃO BACONIANA DE CIÊNCIA E DE BEM-ESTAR

> [...] os homens não cessam de fazer abstrações sobre a Natureza, até atingir a matéria potencial e informe; nem cessam de disseca-la até chegar ao átomo. Tudo isso, ainda que correspondesse à verdade, pouco serviria ao bem-estar do homem (BACON, 1999, p.53).

Francis Bacon nasceu durante o reinado de Elisabeth I, 22 de janeiro de 1561, em um cenário político intenso, recebendo influências sociais, políticas, econômicas e religiosas desse momento histórico. Por serviços prestados à coroa recebe títulos de nobreza e terras. Acredita em uma nação-estado ampla e moderna, centralizada em uma monarquia e rejeita, fortemente, o sistema feudal, bem como as noções metafísicas da filosofia escolástica.

Mesmo compreendendo a grandeza de Aristóteles, foi um forte crítico de suas ideias, pois, para Bacon, sua filosofia não oferecia obras que beneficiassem a vida humana. Para ele o saber é poder e o conhecimento é um meio seguro para conquistar a Natureza a benefício do

[10] A palavra paradigma foi criticada por Mastermann (1979), pois é identificada no texto de Kuhn como tendo vários significados e abordagens diferentes.

homem. O saber não tem valor em si mesmo para esse autor. O que concebeu como Ciência prática foi o saber em sua totalidade e não o utilitarismo raso. Seu desejo é que a Ciência servisse para utilidade em geral e não para o domínio de outras pessoas. Notem que Bacon é bem-intencionado quando defende a Ciência para o coletivo, entretanto chega a ser um tanto ingênuo ao afirmar que os conhecimentos advindos da Natureza trazem apenas benefícios para as pessoas, como nesse excerto:

> [...] Por outro lado, a reforma de um Estado dificilmente se cumpre sem violência e perturbação, mas os inventos trazem venturas e os seus benefícios a ninguém prejudicam ou amarguram (BACON, 1999, p.96 CXXIX).

A fim de obter o controle da Natureza, Bacon defende que é na experiência -originada na ordem e por meio de deduções de axiomas, partindo do particular para o geral - que se pode obter uma verdadeira forma de compreender os caminhos da Natureza. Entretanto, critica a conduta dos empiristas de sua época, que conduziam as experiências muitas vezes pelo acaso, de forma desordenada, alternando entre o entusiasmo e o vagar sem proveito. Bacon, por sua vez, defende o método, a ordem, pois levando em conta sua educação religiosa afirmou "[...] Nem mesmo o Verbo Divino agiu sem ordem sobre a massa das coisas" (BACON, 1999, p.65, LXXXII)[11]. De forma a ficar clara a distinção entre verdadeira filosofia e a verdadeira ciência, em que critica tanto os racionalistas quanto os empiristas de sua época, Bacon utiliza a já bastante conhecida metáfora da formiga, da aranha e da abelha:

> [...] Os empíricos, à maneira das formigas, acumulam e usam as provisões; os racionalistas, à maneira das aranhas, de si mesmos extraem o que lhes serve para a teia. A abelha representa a posição intermediária: recolhe a matéria-prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos a transforma e digere. [...]. Por isso muito se deve esperar da aliança estreita e sólida (ainda não levada a cabo) entre essas duas faculdades, a experimental e a racional. (Bacon, 1999, p.76, XCV).

Bacon estabelece um meio termo entre o empírico e o racional, não se limitando aos extremos. Lança mão, em primeiro lugar, do empírico (a matéria prima), e por isso é considerado empirista, para depois elaborar o conhecimento pela via da razão pura, desprovida dos ídolos do intelecto. Os ídolos do intelecto são obstáculos da mente para se chegar ao verdadeiro conhecimento. São noções falsas, em que o investigador precisa se despojar para compreender a natureza. A negação desses mostra uma concepção inclinada a

[11] O algarismo romano indica o aforismo no texto "*Novum Organum*"

eliminar os valores da prática científica, pois para ele, esses ídolos obstruem a capacidade humana de se obter o acesso à verdade e se constituem em obstáculos para o investigador. São quatro tipos de ídolos que os seres humanos possuem: “da tribo”, “da caverna”, “do foro” e do “teatro”.

Os “ídolos da tribo” é, na verdade, uma crítica aos homens, investigadores, que se apoiam nos sentidos. Os sentidos, para Bacon, são percepções parciais e simples da Natureza e os seres humanos tendem a reduzirem o complexo ao simples. Adverte que o intelecto humano “[...] é semelhante a um espelho que reflete desigualmente os raios das coisas e, dessa forma, as distorce e corrompe”. (BACON, 1999, p. 40, parágrafo XLI)

Outro problema do intelecto humano é o fato de deslumbrar-se com os eventos afirmativos. Para Bacon, se tomar de forma rigorosa, o intelecto deveria se atentar também para os efeitos negativos, como forma de também ter o entendimento mais amplo do fenômeno. Além disso, o intelecto busca o abstrato, o geral, embora ele considere ser melhor dividir a Natureza em partes, de forma que vai do particular para o geral através da indução.

O filósofo reforça o problema dos sentidos, pois esses são “[...] algo débil e enganador; nem mesmo os instrumentos destinados a ampliá-los e aguçá-los são de grande valia”. (BACON, 1999, p. 44, parágrafo L). E enfatiza a importância da experimentação, pois os sentidos servirão para julgar e elaborar o experimento, mas é o experimento quem julgará a Natureza.

Sendo os ídolos da tribo condições da natureza humana, os “ídolos da caverna” já é algo peculiar de um determinado indivíduo. Sofre, portanto, influências de situações que acontece no contexto de cada pessoa, o que depende do tipo de educação e dos hábitos formados durante a vida, que pode vir a ser “[...] alguma disposição predominante no estudo, ou no excesso de síntese ou de análise, ou de zelo por certas épocas, ou ainda da magnitude ou pequenez dos objetos considerados” (BACON, 1999, p. 46, LVIII). Sendo cada pessoa uma “caverna” e cada indivíduo *inclinado a determinados estudos e pontos de vista*, pode distorcer e corromper os problemas que entram na filosofia e em outras especulações para sua maneira própria de enxergar. Assim, Bacon critica Aristóteles por colocar abstrações lógicas na filosofia natural (as ciências), e os Alquimistas, pelas fantasias impostas pela limitação de poucos experimentos e seus laboratórios. O problema da caverna também direciona para o *excesso ou síntese de análise*, em que algumas pessoas se detêm mais nas diferenças e outras mais nas semelhanças. Ambas com percepções sutis e todas suscetíveis ao exagero, o que dificulta e bloqueia a mente para o conhecimento. O *zelo por certas épocas*, também relacionado com preferências individuais, não permite julgar sobre o que é correto ou não nos

filósofos e cientistas da antiguidade, deixando de lado os conhecimentos da modernidade. Para Bacon, todo entusiasmo perante uma teoria precisa necessariamente ser afastado do intelecto com vistas a não emitir juízos e mantê-lo puro. Outros ídolos da caverna fazem com que indivíduos foquem ou na *magnitude ou pequenez dos objetos considerados*. É necessário alternar as formas de observação com vistas a afastar os inconvenientes de cada perspectiva.

Ídolos podem advir por meio das palavras, que são os "ídolos do foro", considerados os mais perturbadores na concepção de Bacon, os quais se centram no problema da linguagem, gerando controvérsias. Esses ídolos podem ser nomes de coisas que não existem ou nomes de coisas que existem, mas que são abstraídos delas mesmas de forma inadequada. Bacon afirma a existência de palavras que podem levar a distorção e ao erro tais como as que indicam qualidades dos objetos[12], tais como: pesado, leve, tênue etc.; além de palavras que exprimem ação, como gerar, corromper e alterar, consideradas deficientes.

Diferente dos outros ídolos, os do "teatro" não são inatos. Bacon toma como o exemplo o teatro quando se refere aos dogmas que a filosofia pode proporcionar. Tais como o teatro, que se constitui de belas imagens e cenas, porém não se constitui como a realidade. Dessa forma, ataca Aristóteles, juntamente com a escola racional, em que não abarca de grande número de experimentos, formulando antes as conclusões, de forma que as experiências deverão ser forçadas a "[...] conformá-la às suas opiniões" (BACON, 1999, p.50, LXIII). Critica também a escola empírica de filosofia, que mesmo suas teorias sendo diligentes na verificação experimental, os atos empíricos, muitas vezes, são poucos e obscuros. Por fim, Bacon se refere a uma terceira classe de filósofos que se baseiam na teologia e na superstição, como Pitágoras, Platão.

A negação aos ídolos mostra muito das concepções que ainda vemos, cientificistas defenderem com relação à negação da existência de valores presentes no cientista e em suas práticas. Entretanto, a aceitação desses ídolos na ciência leva a concepções pós-modernas a acreditarem em uma ciência desprovida de objetividade. Lacey utilizará, não o meio termo, mas posicionará os valores de forma a explicar o sucesso tecnológico pela imparcialidade sem desconsiderar a existência de valores sociais no direcionamento da tecnociência.

Dissemos que para Bacon a meta da ciência é fornecer à sociedade em geral um maior bem-estar, um controle da Natureza de forma que possa beneficiar o homem, por meio de

[12] Das qualidades do objeto que são prejudiciais, a exceção se encontra nos objetos imediatos da sensação como os sentidos humanos.

inventos e recursos. Com o método é possível colocar o poder da Natureza nas mãos dos homens.

A abundância de experimentos é de suma importância. Bacon exemplifica que o artesão, preocupado apenas com sua obra particular, seleciona os experimentos, que acredita serem importantes e que vê um potencial aplicador. Bacon chama esse tipo de experimentos de *frutíferos*. Entretanto, para busca da verdade é necessário incluir experimentos que, à primeira vista, não se observe utilidade, mas que possam ajudar na descoberta das causas e axiomas, que são os experimentos *lucíferos*. Deve-se, em primeiro lugar, saber diferenciar os experimentos lucíferos dos frutíferos[13].

De posse do extenso conjunto de experimentos, Bacon adverte que o intelecto não pode trabalhar de forma espontânea, tão somente com o auxílio da memória, mas com a experiência literata, escrita, pois "[...] nenhuma forma de invenção é conclusiva senão por escrito" (BACON, 1999, p.79 CI). Assim, pode-se organizar e coordenar os fatos de um objeto por meio de tabelas que a mente possa se servir para produção do conhecimento. Todavia, ainda não há conhecimento, somente o caminho para o intelecto produzir os axiomas. E como se constrói axiomas? Para Bacon, é necessário lançar mão de uma indução diferente da atual (de sua época) que procede por simples enumeração e leva a conclusões precárias. A indução útil é a que analisa a Natureza primeiramente por exclusão, observando os fatos negativos, para depois analisar os positivos. Esse tipo de indução serve tanto para construção de axiomas quanto para definição de noções.

Depois da produção dos axiomas, é necessário se voltar para as obras. Nas palavras de Bacon, "[...] nosso caminho não é plano, há nele subidas e descidas. É primeiro ascendente, em direção aos axiomas, é descendente quando se volta para as obras". (BACON, 1999, p.80, CIII). Procedendo dessa maneira, Bacon assegura que inventos que levariam séculos para serem descobertos, graças ao acaso e oportunismo, poderiam ser antecipados muito antes do tempo usual, muitas vezes de forma simultânea e repentina.

---

[13] Bacon faz a distinção de experimentos lucíferos dos frutíferos nos aforismos LXX e XCIX. Os experimentos frutíferos se destinam à realização de alguma obra, diferente dos lucíferos que nunca falham ou frustram, já que não está destinado a algum empreendimento particular, mas à revelação de alguma causa natural.

Então, a partir da experiência se faz tábuas[14] e depois, a necessidade de rejeição ou exclusão de instâncias, em que são estabelecidas as relações entre o conhecimento das tábuas, auxiliando o intelecto por meio da exclusão de proposições que se contradigam.

Ainda assim, com todos esses procedimentos, "[...] é necessário passar aos outros auxílios do intelecto na interpretação da natureza, bem como à indução verdadeira e perfeita" (BACON, 1999, p. 136). Dessa forma, o primeiro passo é a utilização da técnica das instâncias prerrogativas, que forçam a investigação em certo caminho. Dentro dessa técnica Bacon enumera 27 instâncias prerrogativas que auxiliam os sentidos, o intelecto e a parte operativa.

Depois de estabelecer tais instâncias, Bacon enumera outros passos[15] que não chega a discorrer em detalhes. Por meio de tal método, Bacon garante a possibilidade de ter o poder

---

[14] São tábuas de investigação:

Tábua de essência e de presença

"A investigação das formas assim procede: sobre uma natureza dada deve-se, em primeiro lugar, fazer uma citação perante o intelecto de todas as instâncias conhecidas que concordam com uma mesma natureza, mesmo que se encontrem em matérias dessemelhantes" (BACON, 1999, p.109, XI livro 2).

Para exemplificar, Bacon utiliza a investigação da "Natureza do Calor" em que busca elementos de calor em vários corpos diferentes, como: os raios de sol, líquidos ferventes, sólidos em combustão, o frio agudo que produz sensação de queimadura, etc. Deve-se aqui estudar todos os corpos ou situações que estejam presentes o fenômeno de calor. Essa tábua é chamada de tábua da essência e da presença, que não deve obedecer a requinte demasiado e especulações prematuras.

Tábua de desvio ou de ausência em fenômenos próximos

É a etapa da investigação que se considera as instâncias negativas que estejam correlacionadas com uma instância positiva. Por exemplo, a instância positiva, que diz que os líquidos ferventes ou aquecidos produzem calor, pode ser oposta a instância negativa de que não se encontra na natureza algo liquido que permaneça quente. O calor ocorre em determinado tempo e se esvai, como a água termal que se colocada longe de sua origem perde o calor tal como a água que foi levada ao fogo.

Tábua de Graus e de comparação

Nesta tábua o investigador deve anotar as diferentes variações dos fenômenos, comparando o aumento e a diminuição de um mesmo objeto, etc., pois "[...] segue-se que, necessariamente, não se pode tomar uma natureza pela verdadeira forma, a não ser que sempre decresça quando decresce a referida natureza e, igualmente, sempre aumente quando aumenta a natureza" (BACON, 1999, p.120 XIII).

Um exemplo disso é no item 35 do aforismo XIII do livro II, que trata da permanência do calor. Bacon diz que a permanência do calor faz aumentar o calor, pois o calor que permanece é misturado com o calor preexistente, multiplicando o calor. Isso não se dá com a luz, já que uma lâmpada ou uma vela acesa não ilumina mais um lugar durante um dia inteiro ou em alguns minutos.

A partir das tábuas o autor faz um estudo com vistas no descobrimento de relações entre essas tábuas, aumentando o número de observações indutivas por meio do intelecto. Entretanto, não se pode, com a posse das tábuas, fazer afirmativas indutivas. De acordo com Bacon, se a mente humana assim procede, ela incorre ao erro. É necessário operar com intelecto de forma submeter as instâncias a exclusões e rejeições, de forma que a "primeira obra da verdadeira indução", nas palavras dele, é a da rejeição ou exclusão. O autor ainda adverte que, agindo dessa maneira, "[...] uma só instancia que se contradiga destrói qualquer conjectura sobre a forma" (BACON, 1999, p.129, XVIII, livro 2).

sobre a Natureza para facilitar e melhorar a vida do homem tal como contextualizado em Nova Atlântida[16].

A necessidade de um método preciso a ser seguido e a concepção de que uma Ciência que só traz bem-estar são uns dos motivos de tantas críticas, tanto em termos epistemológicos quanto aos objetivos educacionais que visamos na atualidade. Essa concepção origina a ideia simplista de que a tecnologia é decorrente de forma unidirecional da ciência e que só tem implicações positivas para a humanidade.

Embora haja essas críticas a Bacon, esses assuntos, quando bem esclarecidos, são fundamentais para a compreensão da Ciência e da Tecnologia que vivemos atualmente. Lacey discute bem esses pressupostos em que valores sociais estão presentes na atividade científica. Para o autor, o ideal baconiano de controle da natureza tornou-se um valor social altamente valorizado na modernidade e a atividade empírica sistematizada é um valor cognitivo importante para produção de teorias científicas.

3.2 A CIÊNCIA SEGUNDO THOMAS KUHN

Lacey apresenta sua noção de Ciência por meio de valores e não de regras como Bacon e outros fazem. Entretanto, Kuhn foi o primeiro a abordar a atividade científica por meio de valores. Além dos valores, Lacey cria o conceito de estratégia com base no conceito de paradigma de Kuhn (A estratégia é parte de um paradigma, e para Kuhn só há mudança de

---

[15] Tais como a técnica dos adminículos da indução, que é o segundo passo; o terceiro é o da retificação da indução; em quarto lugar o da variação da investigação segundo a natureza do assunto; em quinto estão às prerrogativas da natureza (daquilo que se deve investigar antes e depois); o sexto passo é o dos limites da investigação (ou sinopse de todas as naturezas do universo); em sétimo lugar está a técnica da dedução à prática (do que está relacionado com o homem); em oitavo lugar é a técnica dos preparativos para a investigação e, em último lugar, é sobre a escala ascendente e descendente dos axiomas.

[16] A Nova Atlântida é uma obra inacabada, publicada postumamente em 1627, que descreve uma sociedade utópica. Nessa obra Bacon retrata tanto sua visão de sociedade ideal quanto sua visão de como a ciência precisa ser organizada e direcionada para beneficiar a humanidade. A Nova Atlântica é um estado imaginário, muito organizado e justo em que reina a felicidade. Os principais fatores para que esse estado seja tão rico, economicamente, e justo está na religiosidade e na prática científica. Na religiosidade porque todos são cristãos e na prática da ciência porque proporciona o progresso e bem-estar social. Bacon traça minuciosamente o funcionamento do Colégio de Sábios, que influenciou a formação da Royal Society na Inglaterra, mostrando que o ideal científico é construído coletivamente. O autor termina a Nova Atlântida com os encargos dos discípulos da ciência e mostra praticamente um resumo de seu método descrito em Novum Organum realizado por esses discípulos.

estratégia em períodos de revolução). Veremos a seguir a concepção de Ciência de Thomas Kuhn e algumas críticas que Lacey faz da filosofia khuniana.

3.2.1 CIÊNCIA NORMAL

Thomas Kuhn define a Ciência normal como "[...] a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas" (KUHN, 1998, p.29). Entretanto, para que fique mais claro esse conceito, recorre conjuntamente aos conceitos de paradigma e pré-ciência.

Para Kuhn, o paradigma está estritamente ligado à ciência normal, em que a ciência está imersa em uma tradição de pesquisa representada por uma visão de mundo expressa pelo paradigma. O paradigma é um conjunto formado por teoria, aplicação, instrumentação e leis que são aceitas pela maioria dos cientistas como sendo uma "verdade[17]" e que a prática científica de toda uma geração estará submetida por essa forma de interpretar a natureza. Nas palavras de Kuhn, as realizações que definem o paradigma têm duas características:

> Suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares. Simultaneamente, suas realizações eram suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes da ciência. (KUHN, 1998 p. 30)

Vamos dizer que a ciência normal será pautada por uma prática científica que tem como parâmetro geral a adoção de um paradigma único. Isso implica que, para o autor, a existência de muitos paradigmas em um mesmo período de prática científica seria uma "ciência" imatura, ainda não consolidada, chamada de pré-ciência ou conjunto de escolas pré-paradigmáticas. Nos primeiros estágios de qualquer ciência existem muitas concepções de mundo, ou muitos paradigmas, descrevendo e interpretando os fenômenos de maneira diversa. Para ser classificada uma determinada área do saber como ciência, existe a necessidade de um único paradigma ser adotado pela comunidade científica. Tal paradigma é representado por uma teoria que unifica as atividades dos cientistas e que sua prática é chamada de ciência normal. O autor chama atenção para o fato de que uma teoria para ser considerada como

[17] A verdade aqui não significa instância em que se alcança em definitivo, mas uma forma de ver o mundo, de interpretação dos fenômenos ligados a crenças dos cientistas, razão porque Kuhn concebe como a atividade dos cientistas constituídas de dogmas (KUHN, 1979). A verdade para Kuhn é histórica, na medida em que para uma determinada época o que é verdade pode ser considerada como absurdo para outro período de ciência normal.

paradigma, deverá “ser melhor” que suas competidoras, não querendo dizer que essa teoria vai explicar toda a gama de fenômenos existentes, mas deverá ser bem sucedida para explicar grande parte dos problemas que uma dada tradição científica acredita ser importante. Nas palavras de Kuhn, o paradigma

> [...] é, em grande parte, uma promessa de sucesso que pode ser descoberta em exemplos selecionados e ainda incompletos. A 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 predições do paradigma e articulando-se ainda mais o próprio paradigma. (KUHN, 1998 p. 44).

Para que a ciência amplie o conhecimento dos fatos é necessária uma educação científica para os aspirantes a cientistas, dentro do paradigma. Esta é pautada em livros (que, segundo Kuhn, se tornaram populares no final do século XIX) em que estão compreendidas as conquistas e aplicações bem-sucedidas do paradigma. Nos livros estão descritos os métodos e os problemas pertinentes que a comunidade científica adota como relevantes. O futuro cientista é treinado a aplicar as regras, sem espírito crítico, já que o praticante não questiona a atividade científica dentro da ciência normal. Portanto, a preparação dos cientistas é “[...] uma iniciação relativamente dogmática a uma tradição pré-estabelecida de resolver problemas, para a qual o estudante não é convidado e não está preparado para apreciar”. (Kuhn, 1970 p.50).

Nem mesmo o cientista normal ficará questionando os fundamentos do paradigma, pois, assim, não praticará esta ciência. Ainda que limitadora da visão do cientista, a pesquisa normal aprofunda o conhecimento da natureza fazendo, desse modo, um “trabalho de limpeza” indicando que a ciência normal falha ao tentar explicar a natureza pelo paradigma adotado.

O cientista normal não se preocupará em inventar novas teorias e sim aplicará o paradigma aos fenômenos que interessa para a atividade científica da época. A ciência normal trata-se de pesquisa especializada (MENDONÇA, 2012). O cientista é um especialista, um perito em resolver problemas; e, se não conseguir a devida articulação da teoria com o fenômeno ou não conseguir resolver um determinado problema teórico, foi falha do cientista e não da teoria. Os problemas da ciência normal são semelhantes aos jogos de quebra-cabeças (KUHN, 1998), pois para seguir os passos do paradigma vigente é necessário obedecer a regras “[...] que limitam tanto a natureza das soluções aceitáveis como os passos necessários para obtê-las”. (KUHN, 1998 p.61).

> Resolver um problema da pesquisa normal é alcançar o antecipado de uma nova-maneira. Isso requer a solução de todo o tipo de complexos quebra-cabeças instrumentais, conceituais e matemáticos. O indivíduo que é bem-sucedido nessa tarefa prova que é um perito na resolução de quebra-cabeças. O desafio apresentado pelo quebra-cabeça constitui uma parte importante da motivação do cientista para o trabalho (KUHN, 1998 p.59).

A ciência normal é altamente conservadora e rígida. Dentro desse arcabouço de quebra-cabeças, mediante o processo da "limpeza" do paradigma, o acúmulo de conhecimentos mostra o sucesso do empreendimento científico. É também dogmática e exotérica na medida em que o cientista não se preocupa prontamente com os fundamentos, metodologias e origem do paradigma. O cientista normal acredita fielmente na teoria e somente a aplica aos fenômenos. Ele só recorre aos fundamentos e metodologias do paradigma quando surgem certas anomalias, que são fracassos em resolver determinados problemas.

Quando se verifica uma determinada anomalia, ou seja, quando não se conseguem forçar a natureza a se adequar à teoria, os defensores do paradigma farão "[...] articulações e modificações ***ad hoc*** de sua teoria, a fim de eliminar qualquer conflito aparente" (Kuhn, 1998 p. 108, negrito do original). Essas anomalias podem não ser resolvidas ficando de lado; todavia, pode acontecer que as anomalias surjam em grandes quantidades, ameaçando os fundamentos do paradigma. Tal acontecimento pode despertar desconfiança na comunidade científica sobre a legitimidade das teorias e procedimentos metodológicos, ocasionando uma crise.

3.2.2 PERÍODO DE CRISE

A crise é um período de insegurança profissional em relação ao paradigma vigente. Para Kuhn, todo paradigma tem limitações e chega ao ponto em que não consegue mais ser tão bem-sucedido como antes. Isso se deve ao próprio sucesso do paradigma no processo de "limpeza" por meio da resolução de quebra-cabeças, fornecendo um aumento da precisão e suficiente abrangência. Quando o paradigma começa a se esgotar, em termos de explicações e previsões, as anomalias ficam cada vez mais evidentes e em maior número, outras teorias concorrentes começam a aparecer, surgindo ocasiões para mudanças (OSTERMANN, 1996). Equivale dizer que uma determinada anomalia possa colocar em "cheque" os fundamentos do paradigma.

Existe uma resistência à mudança de paradigma por parte da comunidade científica tradicional, devido ao dogmatismo da ciência normal e muitos cientistas que acreditam ainda na teoria que defendem. Esses tentam de todas as formas a reconstrução do paradigma em esgotamento. Kuhn seleciona depoimentos de físicos que passam por momentos de crise na ciência: Einstein (1879 - 1955) escreveu "[...] Foi como se o solo debaixo de nossos pés tivesse sido retirado, sem que nenhum fundamento firme sobre o qual pudesse construir, estivesse à vista" (KUHN, 1998 p. 115). Pauli (1900 - 1958) afirma que "[...] Gostaria de ter-me tornado comediante de cinema ou algo do gênero e nunca ter ouvido falar de física" (KUHN, 1998 p. 115).

As crises podem terminar de três maneiras segundo Kuhn (1998):

- Quando a ciência normal consegue tratar o problema que provoca a crise;
- O problema pode ser posto de lado e deixado para outras gerações devido à possibilidade destes possuírem equipamentos mais elaborados;
- Quando existe um novo candidato a paradigma e alguns adeptos que trabalham para sua aceitação, caminhando para uma possível revolução científica.

No caso das revoluções científicas, que é a transição para uma nova tradição de ciência normal, Kuhn pontua que a emergência de um novo paradigma se dá antes mesmo da finalização de uma crise. Novas teorias começam a romper com a tradição metodológica antiga iniciando o período de revolução.

3.2.3 Período de Revolução

Thomas Kuhn define as revoluções científicas como episódios em que a ciência se desenvolve de forma não cumulativa, diferente da forma em que a ciência normal progride, pois que um paradigma antigo poderá ser totalmente, ou parcialmente, substituído por outro. O paradigma anterior é incompatível com o novo, devido a uma reestruturação dos fundamentos e métodos que altera seus princípios básicos. Entretanto, não se pode dizer que o novo paradigma é melhor do que o paradigma antigo, pois são incomensuráveis (Kuhn, 1998).

O termo "incomensurabilidade de paradigmas" pode ser entendido como a incompatibilidade lógica de um paradigma para outro. Mesmo havendo coincidências no tipo de problemas que são solucionados, existe uma ruptura na concepção de mundo e na visão da natureza ditada pelo novo paradigma que tem suas próprias regras e metodologias. Equivale

dizer que visualizam problemas antigos, embora utilizando teorias diferentes - o que Kuhn compara com a figura de *Gestalt*.

Todavia, o dogmatismo para Kuhn ocorre em períodos consideráveis de ciência normal. Tal dogmatismo na ciência tem um caráter psicológico por depender da linguagem entre os membros de um determinado paradigma, cuja racionalidade existe dentro de questões compartilhadas pela comunidade científica. Não pode haver uma discussão racional entre dois paradigmas distintos, pois são incomensuráveis (KUHN, 1998). A esse aspecto, Kuhn é considerado um relativista (POPPER, 1979) (a discussão é relativa a um referencial e é impossível julgar um referencial sem aceitar previamente um) e irracionalista (um cientista não poderá comparar e avaliar, racionalmente, diversos referenciais).

Kuhn não se considera um relativista. Para julgar a respeito de um referencial teórico, o cientista deverá escolher esse referencial, que contém em si uma linguagem própria, e essa escolha se dá por meio da formação dos cientistas. O cientista é educado, pelos livros e pelas aulas de laboratório montadas, a ter uma linguagem, a observar as regras do jogo e só então poderá participar da discussão racional dentro da comunidade que adotou um paradigma.

Só se invalida um determinado paradigma, caso exista outro para substituí-lo, implicando que descartar um paradigma é aceitar outro no lugar. O empreendimento científico revolucionário pode ser comparado com as revoluções políticas que nascem em período de crise na sociedade, em que indivíduos se comprometem cada vez mais com um novo projeto ou defendem a velha instituição. A decisão de aceitar entre um paradigma e outro levará em conta mais a argumentação persuasiva do que a lógica e os "dados da natureza", assemelhando-se à conversão religiosa. O indivíduo tem fé no paradigma escolhido, não sendo, portanto, uma escolha racional. Para Kuhn, um cientista pode escolher mudar de paradigma por vários motivos que não estejam ligados a prática científica.

Quando um novo paradigma é aceito pela maioria da comunidade científica relevante de uma época, há um novo período de ciência normal e uma nova tradição de ciência. Os mais velhos que resistem, vão com o tempo morrendo, um a um, até que só reste um paradigma.

3.3 A CRÍTICA DE LACEY À KUHN

Concentramos aqui as críticas de Lacey a Kuhn. Lacey possui influências da filosofia kuhniana, embora discorde de alguns aspectos de sua teoria. Evidenciaremos neste tópico, os pontos convergentes e os divergentes, com o propósito de ressaltar os pontos de vista de Kuhn

e de mostrar a necessidade da adoção da filosofia de Lacey com vistas a abrir o caminho para discutir contribuições para o Ensino campo CTS nos capítulos seguintes.

3.3.1 HISTORICIDADE

Lacey concorda com Kuhn a respeito do papel da história na atividade científica, criticando o pensamento da tradição científica moderna. Nessa tradição, questões históricas não modificam a metodologia científica em termos estruturais, contribuindo apenas para um refinamento (precisão, detalhes, etc.) e acumulação do conhecimento (LACEY, 2010). Saber em qual momento histórico um determinado objeto foi investigado não é importante para a metodologia científica. Já para Kuhn, os objetos de investigação são criados de acordo com o paradigma que, quando esgotado seu poder explicativo ao longo do período de limpeza, passa pelo momento histórico de mudança, dando lugar a outro paradigma que determina quais quebra-cabeças adotar. O paradigma é uma inovação metodológica, não sendo a-histórico. Kuhn utiliza a historicidade como metodologia para seus próprios argumentos, mostrando que, no decorrer do tempo, um mesmo objeto de investigação pode sofrer diferentes abordagens ditadas por diferentes paradigmas. Por tal ideia, Kuhn é rotulado de relativista, como se os conhecimentos advindos da investigação de fenômenos, bem como os resultados e aplicações, fossem relativos a um determinado paradigma localizado historicamente.

Lacey utiliza a noção de paradigma para criar o conceito de estratégia. Para Lacey, as estratégias mudam o caráter fundamental da investigação, embora permitam haver um resíduo de conhecimento que poderá vir a ser rearticulado em uma nova estratégia. Dessa forma, Lacey fica ao lado de Kuhn, defendendo que a

> [...] historicidade das práticas científicas não implica relatividade histórica do conhecimento científico, embora se ajuste facilmente à relatividade histórica de interesses na aplicação de itens particulares do conhecimento científico. (LACEY, 2010, p. 75)

São os interesses que determinam a escolha da estratégia a ser adotada nas práticas científicas e esses interesses são relativos a uma determinada época.

3.3.2 INCOMENSURABILIDADE

Kuhn defende haver uma incomensurabilidade entre paradigmas diferentes, comparando o paradigma a um “mundo” que tem suas próprias estruturas organizacionais,

hábitos, diferentes habilidades (LACEY, 2012). Lacey (2012) concorda que diferentes paradigmas, ou estratégias, possam ser incompatíveis. Contudo, existe a possibilidade de estratégias diferentes se complementarem e exemplifica que

> [...] as pesquisas biotecnológicas e agroecológicas que podem ser consideradas como "jogos" como futebol e rugby – que podem não ser jogados ao mesmo tempo nos mesmos campos, mas eles podem ser jogados (sob certas circunstâncias) simultaneamente em campos diferentes (LACEY, 2012, p. 429).

Com respeito à aceitação de teorias, tanto nos termos de Popper quanto nos termos de Kuhn, é sempre provisória. Porém, para Lacey (2012), a aceitação de teorias feita de forma correta (levando em conta a imparcialidade) é sempre com relação a um domínio específico de fenômenos e não é provisória:

> A aceitação$_1$[18] não é provisória no mesmo sentido [de Popper e de Kuhn]. T é aceita$_1$ de D [domínio de fenômenos] em concordância com a imparcialidade somente se toda pesquisa, que poderia levar a sua rejeição$_1$, proposta no curso da discussão crítica ampliada, tenha sido conduzida de modo que a investigação adicional seria somente uma duplicação da pesquisa adequadamente conduzida. Assim, embora permaneça logicamente possível que a pesquisa subsequente possa levar à sua rejeição$_1$, não existe nenhuma razão efetiva para antecipar que esse seria o caso, e existe boa razão para antecipar que ela não levaria a isso [...]. Quando T é propriamente aceita$_1$ de D [...] então resume com sucesso as possibilidades relevantes desses fenômenos, independente de qual teoria geral posterior possa vir a ser aceita$_2$ em lugar de T (LACEY, 2012, p. 433).

Se a teoria é aceita para um dado domínio de fenômenos, desde que avaliada corretamente, ela sintetiza as possibilidades daquele domínio e é traduzida em aplicações condizentes com a teoria. Lacey considera que o próprio Kuhn chega a concordar com seu posicionamento quando diz ser a teoria newtoniana uma verdadeira teoria científica apoiada pela evidência e que "[...] a teoria newtoniana nunca foi desafiada e nem pode sê-lo" (KUHN, 1998, p.133)[19]. Atualmente a teoria de Newton é bastante usada por engenheiros e não pode

---

[18] Esse termo é referente à distinção de diferentes tipos de aceitar uma teoria (T). Aceitar$_1$ significa do modo que Lacey pensa ser a aceitação de teorias. Aceitar$_2$ significa o modo que Kuhn vê a aceitação de teorias e aceitar$_3$ seria o modo como Popper vê a aceitação de teorias (LACEY, 2012).

[19] Lacey (2012) traduz a citação referida e explica, utilizando o símbolo colchete [ ]: "Na medida em que a teoria newtoniana foi verdadeiramente uma teoria científica [isto é, uma teoria de certos fenômenos propriamente aceita$_1$] apoiada pela evidência, ela ainda permanece assim. Somente afirmações extravagantes a favor da teoria – afirmações que nunca foram propriamente partes da ciência [isto é, afirmações que não diziam respeito aos fenômenos pelos quais a teoria foi solidamente aceita$_1$] – podem ter sido demonstradas como erradas por

ser considerada errada nem ultrapassada. Tal teoria promove previsões e explicações para um domínio de fenômenos estabelecidos pela própria teoria.

De acordo com Lacey (2012), estratégias competidoras, quando incompatíveis entre si, podem ser aplicáveis ao mesmo tempo, porém em diferentes contextos. Isso porque as teorias que são produzidas por estratégias diferentes podem ter como estudo o mesmo domínio de fenômenos, como é o caso das sementes, objeto de pesquisa tanto da biotecnologia quanto da agroecologia, embora "[...] não podem ser conjuntamente efetivadas nos mesmos espaços sociais" (LACEY, 2012, p. 437). A competição entre essas estratégias, mesmos que sendo abordadas em espaços sociais diferentes, continuam a competir, sejam por recursos, condições para implementações, etc.; tal competição é decorrente de valores sociais quem entram em choque de interesses num mesmo espaço-tempo.

Para adoção de uma estratégia deve-se considerar tanto sua fecundidade, relacionada a valores cognitivos, quanto a significação da estratégia que está comprometida com valores sociais. Para Kuhn apenas a fecundidade pode ser considerada como apropriado na escolha da estratégia (LACEY, 2012). Como já dissemos, a ciência normal de Kuhn é desenvolvida tendo como base uma única estratégia, utilizando o conceito de Lacey, que poderá ser substituída caso sua fecundidade esteja comprometida por outra estratégia mais fecunda. Entretanto, atualmente, é a combinação da fecundidade com a significação (moderno esquema de valor do controle) que emprega o uso exclusivo de estratégias ligadas à abordagem descontextualizada. Assim, Lacey se afasta de Kuhn quando propõe um modelo para decidir qual estratégia adotar:

> Adotar somente uma estratégia (potencialmente) fecunda; porém, se ambas estratégias concorrentes E1 e E2 são (potencialmente) fecundas, adotar aquela que possa produzir o entendimento do significado dos valores culturais, éticos e sociais que alguém defende racionalmente (LACEY, 2012, p. 442).

Entretanto esse modelo, que pode ser usado tanto por grupos de cientistas quanto por cientistas individuais, deve ter em conta o princípio de que:

> Deve-se fornecer apoio à pesquisa desenvolvida a partir de um conjunto apropriado de estratégias concebidas com o intuito de assegurar que o fenômeno possa ser adequadamente investigado através de um modo que seja sensível ao ideal da imparcialidade (LACEY, 2012, p. 442).

Einstein. Livre dessas extravagâncias meramente humanas, a teoria de Newton nunca foi, nem pode ser, desafiada (Kuhn, 1970, p. 99)".

O ideal da imparcialidade para Lacey significa que, para a avaliação de teorias, apenas valores cognitivos podem ser utilizados, sendo descartada qualquer perspectiva de valor que seja pessoal, social, política, econômica, etc. Para que esse princípio seja seguido de forma a contemplar o modelo de decisão de estratégias, é necessária uma desconstrução das instituições científicas atuais, de forma que disputas entre estratégias concorrentes seriam consideradas como "período normal" e não "revolucionário", utilizando os termos de Kuhn (LACEY, 2012). Para Lacey, isso é desafiador porque leva em conta mudanças em outros níveis, como o socioeconômico. Todavia, a pluralidade de estratégias pode fazer com que o ideal da neutralidade seja realmente efetivado e que conhecimentos tradicionais, indígenas e outras estratégias alternativas, todas sujeitas à restrição empírica[20], sejam legitimadas como ciência, com vistas ao verdadeiro bem-estar social.

3.3.3 UNIDADE DAS CIÊNCIAS

Kuhn, como Lacey, sugere haver uma unidade entre as ciências naturais e as ciências humanas. Para ele o papel interpretativo está presente também nas ciências naturais, embora não de maneira explicita como nas ciências humanas. Existe apenas um lapso de tempo entre esses diferentes tipos de ciência quanto à construção e consolidação de uma teoria, que seria o estado pré-paradigmático das ciências sociais (LACEY, 2008). Portanto, não se pode dizer que uma teoria estabelece o entendimento do mundo natural de forma independente de suas relações com os homens que, também, faz parte do mundo natural. Lacey concorda com esse aspecto e sugere que qualquer termo quantitativo não pode ser dissociado nem reduzido a instrumentos meramente operacionais. Interesses moldam as práticas instrumentais e de medição, sendo uma construção humana que relaciona objeto e instrumento. Além disso, fenômenos da vida humana requer o uso de termos e explicações fisicalistas, ou seja, quantitativos que envolvem objetos de operações tais como medição, cálculo, experimento, etc. (LACEY, 2008a). Nas sociedades em que o valor do controle não é tão forte, as pesquisas nas ciências humanas poderão contribuir em termos de legitimidade dos dados empíricos dirigindo o foco das práticas científicas naturais para o bem-estar local.

[20] Essas restrições não devem ser exclusivamente feitas por dados construídos em laboratórios, embora necessite incluir testes da prática, do tempo, do saber-fazer, etc. (LACEY, 2012).

3.3.4 FATOS E VALORES

Para Kuhn, os fatos não podem ser o centro das disputas científicas, pois não existe fato puro. Todos os dados são construídos pela observação que está fundamentada em uma teoria. Kuhn seleciona cinco características de uma boa teoria científica: exatidão, consistência, alcance, simplicidade e fecundidade. Essas características desempenham o papel na escolha de teorias rivais (KUHN, 1977).

> [...] individualmente, os critérios são imprecisos: os indivíduos podem legitimamente diferir quanto à respectiva aplicação em casos concretos. Além disso, quando desenvolvidos em conjunto, mostram repetidamente entrar em conflito uns com os outros; a exatidão pode, por exemplo, ditar a escolha de uma teoria, o alcance pode ditar a escolha da sua rival (KUHN, 1977, p. 386).

Essas características que não são regras, mas sim valores, podem garantir a objetividade na ciência, embora dependam da subjetividade dos cientistas, da variação temporal e de uma área para outra. Lacey concorda com o desenvolvimento dos valores na atividade científica. Tanto para Kuhn quanto para Lacey os valores cognitivos podem depender de valores sociais e morais.

> [...] Parte da vantagem em explicar a racionalidade científica em termos de valores cognitivos, em vez de regras indutivas, está em ganhar certa flexibilidade e abertura a interpretações controvertidas. A ordenação, ponderação e interpretação de valores específicos podem variar com o pesquisador, o momento, ou o contexto (LACEY, 2008, p. 233)

Lacey não se preocupa com o que é ou não considerado científico, e cita autores que defendem os conhecimentos tradicionais e indígenas (LACEY, 2012). Lacey (2012) também não considera seu argumento relativista, ou seja, relativo a valores culturais, e seus argumentos independem de como a palavra “ciência” é usada. Ele defende que o importante são as credenciais empíricas legítimas para formulações teóricas, não dependente exclusivamente das categorias empregadas pelas estratégias que utilizam a abordagem descontextualizada. E afirma que:

> A conotação de relativismo, [...], é desnecessária (e infundada). O que está sendo tratado aqui não é o conhecimento relativo às culturas particulares, mas abordagens de investigação que refletem adequadamente o caráter, os aspectos ou as possibilidades do objeto investigado (aspectos que podem ser considerados importantes, nos quais são mantidos valores culturalmente específicos), e possibilidades que podem ser realizadas em sua maior parte somente em condições fornecidas pela cultura. (LACEY, 2012, p. 448)

Para Lacey (2012), tanto Popper quanto Kuhn não se interessaram muito pela ciência aplicada, não considerando sua relevância para a adoção de estratégias. Não consideraram que mesmo a teoria sendo rejeitada, no sentido de Popper, ou na mudança de paradigma, no sentido de Kuhn, o estoque de conhecimento científico consolidado, justificado pelas aplicações científicas, continua a crescer. Isso porque uma teoria é aceita quando ela fornece o entendimento de um domínio específico de fenômenos. A aceitação correta da teoria deve estar condizente com a imparcialidade, em que a teoria manifesta valores cognitivos pela observação de fenômenos no domínio considerado.

Para Kuhn, a tecnologia não exerce papel fundamental na metodologia científica para a produção de teorias. Ele não considera a relação dialética existente entre ciência e tecnologia, mostrando lacunas em sua filosofia. Essas lacunas poderiam ser preenchidas pelas descrições a respeito do controle tecnológico, o que é explicado pelas ideias de Lacey e condiz mais apropriadamente com o contexto que vivemos, permeado de produtos tecnocientíficos. Alguns exemplos do que falta ser explicado na filosofia kuhniana, considerado por Lacey (2008) como falhas graves, seriam:

1. "Uma explicação de por que certos valores científicos são interpretados de certas maneiras" (LACEY, 2008, p. 234). De acordo com Lacey, a ciência moderna tem uma abrangência explicativa voltada para uma valorização de certos domínios que favorece o conhecimento extensivo e não completo (esses conceitos serão abordados no capítulo 4). Além disso, o valor cognitivo "precisão" é interpretado como exatidão quantitativa em detrimento das descrições qualitativas. Isso porque os espaços tecnológicos de controle requerem a mobilização de teorias que utilizem termos fisicalistas. Dessa forma, Lacey sugere que "[...] o léxico estruturado na ciência moderna foi restringido de modo que as coisas são representadas nele de maneira exigida pelos objetivos do controle e isso molda a interpretação dos valores cognitivos" (LACEY, 2008, p. 237)
2. Falta uma "[...] explicação da hierarquia [*ranking*] dos valores cognitivos dentro da matriz disciplinar da ciência moderna" (LACEY, 2008, p. 234). Por exemplo, a precisão é considerada um valor superior na ciência moderna e é necessária para o controle tecnológico.
3. A inexistência de "[...] explicação da centralidade do experimento na ciência moderna" (LACEY, 2008, p. 235). As investigações empíricas fornecem padrões e tendências para os fenômenos, entretanto o entendimento da natureza

deveria estar além das práticas empíricas sendo legitimadas em outros aspectos. Entretanto, o experimento favorece o controle de objetos que podem ou não vir a se transformar em aparatos tecnológicos.

4. “Uma explicação de por que a atividade de resolver quebra-cabeças da ciência moderna veio a ser reconhecida como significativa para tantas culturas”. A grande maioria dos recursos para a resolução de quebra-cabeças é para a ciência moderna, enquanto que poucos recursos têm sido destinados a outros tipos de quebra-cabeças, tais como: o problema da pobreza, o aumento do uso de drogas lícitas e ilícitas, questões ecológicas prioritárias e preventivas, etc. Isso se deve por conta do moderno esquema de valor do controle que é altamente valorizado na sociedade moderna.

Mesmo que a tecnologia favoreça teorias, contribuindo com evidências, Kuhn nega a conexão da tecnologia com a racionalidade científica. Isso é um forte erro para Lacey, que vê relações dialéticas entre a tecnologia e a atividade científica.

3.3.5 Educação científica

A explicação sobre a relação de reforço mútuo entre a ciência e a tecnologia, considerada aqui como tecnociência, é uma das maiores contribuições da filosofia de Lacey para as questões do ensino que envolve a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. Além disso, a questão metodológica expressa no conceito de estratégia pode ser vista como uma solução para a transformação social por meio da educação científica, possibilitando aos alunos, futuros cidadãos, o reconhecimento de outras possibilidades que não seja a estratégia adotada pela abordagem descontextualizada. Para isso a formação do professor em uma filosofia que descreve o contexto tecnocientífico na sociedade, é de grande importância para que os alunos atinjam essa visão (essas ideias serão mais bem discutidas nos Capítulos seguintes).

Contudo, não somente a educação científica dos cidadãos é importante. Lacey aposta em uma educação do cientista diferente da concepção de Kuhn. Para Kuhn, o cientista que deseja contribuir com o desenrolar da ciência em período de ciência normal precisa ser acrítico e não realizar reflexões filosóficas e sociológicas em relação a suas práticas. Lacey considera que o cientista deve ter um autoconhecimento em relação à sua pesquisa e às implicações disso para a sociedade. Necessita compreender o seu papel individual e coletivo e para quais valores está a serviço. A descrição de Kuhn sobre o cientista é ainda muito atual, pois questões sociais, históricas e filosóficas pertinentes ao conhecimento de sua própria

atividade são poucas ou nulas no bacharelado ou nas pós-graduações. Também é papel da educação científica investir em um ensino que contemple as relações CTS juntamente com uma filosofia da ciência que se mostre atual, tal como a de Lacey, para a educação dos futuros cientistas.

3. 4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Lacey defende que novas formas de pesquisa conectadas com o pluralismo de valores pode beneficiar a humanidade. Partilhamos a mesma opinião do autor e trazendo essas concepções para o Ensino de Ciências, defendemos que os alunos precisam perceber como a pesquisa atual funciona, o que contribuirá para desmistificar algumas compreensões sobre a ciência e proporcionará consciência crítica sobre ela. Depois disso, para uma melhora em nível social, buscando ampla democracia, deverão ser apresentadas aos alunos novas possibilidades, formando assim, cidadãos que participem; e que haja uma ciência realmente voltada para o bem-estar social e individual, tal como o ideal baconiano. Essa consciência crítica de cidadãos que lutam pela democracia é o ideal do Ensino de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Concordo com esse autor que conhecimento é poder, e em nossa sociedade esse poder se concentra em poucas mãos, tais como o capital. Entretanto, discordamos quando afirma que o conhecimento é um meio seguro para controlar a natureza a benefício do homem, já que tanto Lacey quanto o campo epistemológico e educacional CTS mostram que essa concepção é linear e ingênua, pois a complexidade das relações entre a tecnociência e os impactos sociais não refletem esse “bem-estar”. Pelas pesquisas atuais, como as pesquisas em sementes e as aplicações da nanotecnologia, vemos exatamente o contrário: implementações em cosméticos e em alimentos com pouco ou nenhum estudo sobre os riscos para a natureza e toxicidade para o homem.

Em relação a Kuhn, vemos que há críticas epistemológicas sobre as diferentes definições que ele emprega ao paradigma (MASTERMAN, 1979) e que sua descrição histórica da ciência é considerada irracional. Além disso, a existência de um paradigma único como demarcação científica é demasiadamente inflexível e irreal, do ponto de vista da história da ciência. Contudo, o estudo de seus pensamentos muito ajuda a compreender o empreendimento científico e questões sociais e ideológicas dentro dessa atividade. O estudo dos pensamentos de Kuhn auxilia na compreensão de que a atividade dos cientistas está longe de ser neutra e linear. Os pensamentos de Lacey, na nossa visão, superam a filosofia

kuhniana, pelas reflexões atuais e importantes que seus conceitos trazem para a formação do professor e do cientista, dentro de um ensino que contemple as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

4 FILOSOFIA ENGAJADA DE HUGH LACEY

O intento dessa pesquisa é testar a relação de associação entre a filosofia de Lacey e CTS. No capítulo anterior foram enfatizados os dois fundamentos principais das ideias de Lacey que é o conceito de estratégia e o vínculo com a utilidade que dá origem a um conjunto de valores que explica a tecnociência atualmente. Neste capítulo, o objetivo é fazer uma descrição conceitual da filosofia valorativa de Hugh Lacey.

A filosofia de Lacey, objeto de estudo da presente pesquisa, está distribuída entre livros e artigos publicados em diversas revistas. A forma de ver o fenômeno pretendido é por meio da escrita, no caso, uma articulação em palavras fornecida pelo autor. Para descrever esse fenômeno de forma a estabelecer uma relação de associação posterior, utilizamos a análise textual, inspirada na Análise Textual Discursiva (ATD) de Roque Moraes (2003).

O objetivo da descrição seguinte é compreender os principais conceitos do autor. Lacey utiliza, para expressão de seus argumentos, a metodologia da filosofia analítica, o que não abordaremos. Seus recursos metodológicos, bem como a riqueza de suas diversas argumentações, não é o objetivo aqui, e nem é nossa pretensão, devido ao risco de reducionismo de sua complexidade. Quem se interessar pela filosofia de Lacey deverá lê-la integralmente. A meta, nesse capítulo, é produzir um metatexto que evidencie aos nossos olhos os conceitos principais para compreensão das relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade.

Como as ideias de Lacey estão “espalhadas” numa diversidade de textos com diferentes datas, pretendemos organizar seus conceitos em um único texto. O autor é altamente dialético e a dificuldade em expressar categorias com as regras da pesquisa documental, que utiliza a análise de conteúdo, se tornaram inviáveis devido à impossibilidade de satisfazer a propriedade de exclusão mútua (BARDIN, 2006). Na ATD esse critério não se sustenta, já que um texto pode ter múltiplos caminhos, de forma que uma unidade de análise poderá ser classificada em mais de uma categoria (MORAIS, 2003). Essa flexibilidade é necessária, já que os conceitos, por exemplo de “estratégia”, são variáveis que dependem de valores e isso determinará outro tipo de conceito, por exemplo, o conceito de “entendimento científico”.

De acordo com Roque Moraes (2003) toda análise textual é feita a partir de um *corpus* compreendido por um conjunto de informações que se constituirá a pesquisa, designados por “dados”. Os “dados”, aqui entre aspas, significa que nada está realmente dado, que são objetos construídos por quem analisa. O *corpus* da análise textual é a matéria prima, um conjunto de produções textuais referentes a um determinado fenômeno, ou fenômenos, que

podem ser lidos, descritos e interpretados. O *corpus* de análise dessa pesquisa será a produção textual filosófica do autor.

Entretanto, não se trabalha com todo o *corpus* da análise. É necessário delimitar uma amostra, capaz de representar adequadamente os fenômenos investigados para a produção de resultados válidos e isso se dá por meio do critério de saturação (MORAES, 2003). A saturação é atingida quando novas informações para a análise não são mais relevantes para a ênfase que se quer dar ao trabalho. Note que um dado *corpus* de análise poderá ser interpretado de variadas formas, que dependerá da ênfase que se deseja na pesquisa, já que há diversidade de direções para um mesmo *corpus* e diferentes escolhas para seleção da amostra. A objetividade aqui terá sua permanência em relação ao autor do texto original, o objeto de estudo.

> Os textos não carregam um significado a ser apenas identificado; são significantes exigindo que o leitor ou pesquisador construa significados com base em suas teorias e pontos de vista. Isso exige que o pesquisador em seu trabalho se assuma como autor das interpretações que constrói dos textos que analisa. Naturalmente, nesse exercício hermenêutico de interpretação, é preciso ter sempre em mente o outro polo, o autor do texto original. (MORAES, 2003, p.194)

Com o *corpus*, temos a delimitação da amostra dada pelas obras:

1- LACEY, Hugh. **Is Science value free? Values and scientific understanding**. Routledge. London and New York. 2005.

2- LACEY, Hugh. Valores e atividade Científica 1. Associação Filosófica Scientiae Studia. São Paulo. 2008a[21].

---

[21] Cap 1: Ciência e valores," Manuscrito 20 (1997): 9-36; Cadernos Renop 4: 5-27
Cap 2: tradução LACEY, Hugh., SCHWARTZ, Barry. The formation and transformation of values. In: O'DONOHUE & KITCHENER, F (Org). **The Philosophy of Psycology**. London: Sage, 1996, p.319-38.
Cap 3: Tradução de LACEY, Hugh.The constitutive values of science. **Principia**, 1, p. 3-40, 1997.
Cap 4: Tradução de LACEY, Hugh. The rationality of Science. In: MARGOLIS, J.; KRAUSZ, M; BURIAN, R. (Orgs). **Rationality, relativism and the human sciences**. Haia: Nijhoff, 1986, p. 127-49.
Cap 5: Tradução de LACEY, Hugh. Scientific understanding and the control of nature. **Science and Education**, 8, p. 13-35, 1999.
Cap. 6: Tradução de LACEY, Hugh.The dialectic of Science and advanced technology: na alternative? **Democracy and Nature**, 10, p. 34-53, 1998
Cap. 7: Tradução de LACEY, Hugh. Interpretation and theory in the natural and human sciences: a note on Kuhn and Taylor. **Journal for the Theory of Social Behavior**, 20, p.197-212, 1990.

3- LACEY, Hugh. Ciência, respeito à natureza e bem-estar humano. **Scientiae Studia**. São Paulo. V.6, n.3 pp. 297-327, 2008b.

4- LACEY, Hugh. **Valores e atividade científica 2**. Editora 34. São Paulo. 2010[22]

5- LACEY, Hugh. Pluralismo metodológico, incomensurabilidade e o status científico do conhecimento tradicional. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 425-53, 2012.

6- LACEY, Hugh; MARICONDA, Pablo Rubén. O modelo das interações entre as atividades científicas e os valores**. Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 643-68. 2014.

A escolha dessas obras se deu após aprofundamento da pesquisa, já que inclui as principais ideias do autor para o objetivo da tese, que trata dos valores na atividade científica.

Cap. 8: Tradução de LACEY, Hugh. Neutrality in the social sciences: on Bhaskar's argument for the essencial emancipatory impulse in the social sciences. **Journal for the Theory of Social Behavior**, 27, p. 213-41, 1997.

[22] Cap 1: "The ways in which the sciences are and are not value free," in P. Gardenfors, K. Kijania-Placek & J. Wolenski (eds), In the scope of logic, methodolology and philosophy of science: Volume two of the 11th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, Cracow, August 1999, pp. 513-526. Dordrecht: Kluwer, 2002. (Portuguese translation: "As formas nas quais as ciências são e não são livre de valores," Crítica 6 (2000) , No. 21: 89-111)
Cap. 2 The social location of scientific practices," in Tom Rockmore & Joseph Margolis (eds), **History, Historicity and Science**, pp. 137-166. Aldershot (UK): Ashgate, 2006.
Cap. 3: A ciência e o bem-estar humano: uma nova maneira de estruturar a atividade cientifica, " in Boaventura de Sousa Santos (ed.), **Conhecimento Prudente para uma Vida Decente: Um Discurso sobre as Ciências** *Revisitado.*, pp. 449-469. Porto: Afrrontamento, 2003; (São Paulo: Cortez Editora, 2004, pp. 471-493).
Cap. 5: Perspectivas éticas: O uso de OGMs na agricultura. **Ciencia Hoje** 34 (Abril 2004), No. 203; 50-52.
Cap 6: As sementes e o conhecimento que elas incorporam. **São Paulo em Perspectiva** 14 (2000), No. 3: 53-59.
Cap. 7: A tecnociência e os valores do Fórum social mundial – In: Loureiro, I; Leite, J. C. Cevasco, M. E. (Org). **Espírito de Porto Alegre**. Petrópolis: Paz e Terra, 2002. P. 123-47.
Cap. 8: Alternativas para a tecnociência: as ideias de Vandana Shiva
Cap. 9: Assessing the environmental risks of transgenic crops. **Science and Engineering Ethics**, 8, 2002, p. 497-511.
Cap. 10: Investigating the environmental risks of transgenic crops. **Transformação**. 27 (1), 2004: 111-131
Cap 11: Existe uma distinção relevante entre valores cognitivos e valores sociais? **Scientiae Studia**. 1, 2, 2003, p. 121-49. Is there a significant distinction between cognitive and social values? In Peter Machamer & Gereon Wolters (eds), Science, values and objectivity, pp. 24-51. Pittsburgh: Pittsburgh University Press, 2004.
Cap. 12: A águia e os estorninhos: Galileu sobre a autonomia da ciência" (co-author: P. Mariconda), **Tempo Social** 13 (2001): 49-65.

A maioria das obras de Lacey, tais como as escolhidas, são de fácil acesso para professores brasileiros que não dominam a língua inglesa, já que foram publicados em outros locais e traduzidos para o português, além de nos dar a ideia da construção epistemológica feita pelo autor ao longo dos anos.

A partir do *corpus* delimitado o processo seguinte foi de desconstrução e unitarização, fragmentando o texto e codificando cada unidade de forma a destacar os elementos constituintes do *corpus*. A fragmentação do texto foi resultado de leituras exaustivas e construções de mapas mentais (abordados em 4.5), que foram sendo elaborados e reelaborados por várias leituras, de forma a se compreender o fenômeno investigado. Não foram feitos códigos específicos, já que inserimos a utilização dos mapas mentais, por se constituir uma ferramenta mais prática para os diferentes artigos de Lacey, que se constituíram em idas e vindas de conceitos altamente dialéticos. Dessa forma, as unidades de sentido foram citadas de modo a satisfazer os objetivos descritivos originais, em que mantivemos as regras de citação da ABNT.

Mesmo usando os princípios norteadores da ATD, não a usamos de forma completa. Tivemos o auxílio dos mapas mentais, justamente pelo próprio movimento dialético do autor. A descrição da ATD foi feita de maneira parcial para emergir os conceitos fundamentais que contêm o rigor das propriedades de uma categoria, mantendo a pertinência, a homogeneidade (fornecida pelos valores), embora pelo afastamento da exclusão mútua (em que uma mesma unidade poderá, com esse afastamento, ser classificada em mais de uma categoria).

> [...] quando se trata da propriedade de "exclusão mútua", uma outra propriedade de um conjunto de categorias, já não há a mesma concordância. Mesmo que nas formas mais tradicionais de análise de conteúdo se exija que um mesmo dado seja categorizado em uma única categoria, o critério da exclusão mútua, entendemos que esse critério já não se sustenta frente às múltiplas leituras de um texto. Uma mesma unidade pode ser lida de diferentes perspectivas, resultando em múltiplos sentidos, dependendo do foco ou da perspectiva em que seja examinada. Por essa razão, aceitamos que uma mesma unidade possa ser classificada em mais de uma categoria, ainda que com sentidos diferentes. Isso representa um movimento positivo no sentido da superação da fragmentação, em direções a descrições e compreensões mais holísticas e mais globalizadas. [...] cabe, no entanto, um alerta em relação à necessidade do pesquisador explicitar seus pressupostos de análise, a fim de que os leitores não sejam confundidos (MORAES, 2003, p. 199).

É certo que toda compreensão é feita a partir de uma teoria, seja o autor consciente ou inconsciente dela. Como pesquisadora do enfoque educacional em CTS, a leitura de qualquer texto passará por esse viés, e que podemos dizer ser um dos motivos que nos impulsionou

uma atração pela filosofia de Lacey. Entretanto, não utilizamos os conceitos do campo CTS como categorias teóricas a priori. No movimento do desarranjar das estruturas textuais pela unitarização e reestruturação em um novo texto, um metatexto, as categorias emergiram por meio da indução, como primeiro momento. Já no capítulo em que relacionamos Lacey e CTS, mesmo que a indução ainda esteja presente, o processo de dedução está mais explícito.

Após esses processos, segue a descrição da filosofia de Lacey, referentes às seções 4.1 a 4.5 deste capítulo. A análise só é finalizada na última seção em que são concretizadas as categorias, de forma a atingir a precisão e amplitude (seção 4.6). Temos, então, uma separação de unidades que ainda não satisfaz o processo de construção de categorias, mas que é necessário para o entendimento dos conceitos do autor. Dessa forma, iniciamos com unidades de análise que trazem uma compreensão mais geral sobre os valores, sendo abordados os valores cognitivos, individuais, morais e sociais. Depois disso, descrevemos as unidades que tratam do entendimento, da estratégia e do moderno esquema do valor do controle.

Essas três separações de unidades serão, posteriormente, designadas como as mais fundamentais, embora não as descrevemos como categorias finais, para melhor compreensão do leitor a respeito dos conceitos de Lacey. Após essa estrutura conceitual, juntamos todos os elementos já enfatizados, para mostrar como se constitui a atividade tecnocientífica pela ótica de Lacey. E, por último, são reescritas as unidades de análise que representam como a tecnociência deveria ser conduzida para um verdadeiro bem-estar social.

Com essa descrição feita, de maneira conjunta com a elaboração de vários mapas, estes foram sintetizados em um único mapa mental (APÊNDICE A). Com esse mapa mental sintetizado, juntamente com o metatexto construído, emergiram as categorias que satisfazem as propriedades de validade e pertinência, homogeneidade, amplitude e precisão e exaustividade, delimitadas pelo critério de saturação (MORAES & GALIAZZI, 2007).

Para emergência de conceitos-chaves utilizamos o mapa sintetizado. Só após esse movimento é que é feita a análise de Lacey com o campo CTS contida no capítulo 5. Por não seguir os passos da maneira tradicional pela ADT, utilizamos a ATD como uma inspiração para a descrição do objeto de estudo, juntamente com o auxílio dos mapas mentais para a emergência de conceitos chave.

Por razões didáticas, cada tópico é iniciado com as próprias teses do autor. Ao todo são dez teses, juntamente com quatro teses complementares, usadas para iniciar a discussão e enfatizar o que será discutido em cada seção. Essas teses estão disponíveis no início do livro:

"*Valores e atividade científica 2*", em que, segundo o próprio autor, é um resumo de suas ideias.

4.1 A CIÊNCIA E OS VALORES

> ***Tese 1:*** *A ideia de que a ciência é livre de valores é mais bem entendida como uma combinação de três componentes: a imparcialidade, a neutralidade e a autonomia, e é bem representada pela tese de que são os três valores constitutivos das práticas e instituições científicas. A imparcialidade pressupõe uma distinção entre valores cognitivos e valores sociais, ou seja, valores morais e valores não cognitivos de outros tipos; a neutralidade corresponde à não existência de juízos de valor no conjunto de implicações lógicas das teorias científicas. (LACEY, 2010, p. 16)*[23]

Para Lacey (2008) a atividade científica está permeada de valores. Por um lado a metafísica materialista defende não haver de modo algum a influência de valores na ciência; por outro, perspectivas pós-modernas entendem que a objetividade não pode ser concretizada, já que valores não são separados das construções humanas e a ciência, como tal, possui interesses que levam em conta perspectivas sociais, econômicas, políticas, religiosas, etc. Contudo, a descrição aqui feita mostra que os valores podem ser inteligíveis de forma objetiva, tendo um papel causal no comportamento ou em fenômenos.

Entendendo que a palavra "valor" pode ter vários significados e direcionamentos para o conhecimento comum, Lacey faz distinções entre valores pessoais, valores sociais e valores cognitivos. Segundo o autor, a palavra valor pode ter uma variedade de usos e pode se referir a diversas práticas da atividade humana. O próprio reconhecimento do que vem a ser a palavra valor para uma pessoa vai depender do conjunto de valores que ela sustenta (LACEY. 2008). Segundo o autor, no discurso comum, um valor pessoal pode se referir a:

1. Um bem fundamental que uma pessoa persegue de forma consistente por um extenso período de tempo de sua vida; uma das razões definitivas da pessoa para a ação;
2. Uma qualidade (ou uma prática) que proporcione valia, excelência, dignidade, significado ou um caráter de realização à vida que uma pessoa está levando, ou aspirando a levar;
3. Uma qualidade (ou uma prática) que é parcialmente constitutiva da identidade de uma pessoa, como um ser auto avaliador, auto interpretante e auto formador;
4. Um critério fundamental para uma pessoa escolher o bom (ou o melhor) entre possíveis cursos de ação;

[23] Nessa citação o autor não escreveu sobre a autonomia.

> 5. Um padrão fundamental em relação ao qual alguém avalia o comportamento de si mesmo e dos outros;
> 6. Um "objeto de valor", com o qual uma relação apropriada é parcialmente constitutiva, tanto de uma vida que vale a pena ser vivida quanto da identidade de alguém. Os objetos de valor podem incluir obras de arte, teorias científicas, dispositivos tecnológicos, objetos sagrados, culturas, tradições, instituições, outras pessoas e a própria natureza. As relações apropriadas com objetos de valor, dependendo do objeto específico, incluem as seguintes: produção, reprodução, respeito, educação, manutenção, preservação, adoração, amor, reconhecimento público, posse (cf. Anderson, 1993) (LACEY, 2008, p.47; LACEY, 2005, p. 23).

O caráter dos valores é visto como privados e subjetivos; no entanto, Lacey considera uma incoerência quando essa concepção se aplica a todos os valores. Geralmente, a ação e os valores estão ligados e podem ser avaliados de forma objetiva, embora a afirmação de que fatos (causa objetiva) não implicam valores. Em termos avaliativos existe a distinção entre fatos e valores. Os fatos são o caso, a realidade, e os valores podem representar o que é bom para uma pessoa específica. Contudo, na prática, fatos e valores são inseparáveis: "Considere-se, por exemplo, [...] os desvalidos de Los Angeles, uma vez tendo sido atingidos seus limites de tolerância à injustiça, ergueram-se em rebelião" (LACEY, 2008, p. 49). Assim, parece haver em um fato objetivo a presença de valores.

A discussão crítica dos valores, segundo o autor, está descrita nas cinco modalidades inseparáveis a seguir:

- Manifestação no comportamento: os valores podem se manifestar no comportamento por meio de sentimentos e emoções que ajudem a compreender, juntamente com outros esquemas explicativos, o comportamento de uma pessoa;
- Entrelaçamento em uma vida: Podemos avaliar os valores quando estes são vistos durante padrões de comportamento de um determinado agente ou grupo. Como padrões, aqui nos referimos como sendo comportamento que se manifesta de forma constante, consistente e recorrentemente os valores;
- Expressão em uma prática: o valor está ligado à conduta de um agente e "requer o comportamento que o manifeste" (LACEY, 2008, p. 54);
- Presença na consciência: "Os valores podem também estar presentes (tanto como algo que se sente como algo sobre o que se reflete) na consciência" (LACEY, 2008, p. 54);
- Articulação em palavras: representa a descrição de uma pessoa sobre si mesma, do que ela é ou gostaria de ser ou mesmo do que gostaria que os outros

> pensassem que ela é, suas aspirações e desejos. Mas não é apenas uma conversa sobre os valores, não há como separar a representação verbal da realidade.

Essas modalidades são inseparáveis devido à complexidade humana, então, para uma avaliação mais próxima do real sobre o que uma pessoa tem como valor ou não, devem ser considerados os vários níveis possíveis de articulação. Por conseguinte, não se pode reduzir, por exemplo, os valores presentes apenas na articulação em palavras, já que sempre existirá uma "brecha" entre valores manifestados ou articulados. Essa brecha poderá ser maior ou menor, dependendo de vários fatores como: o comprometimento consciente na diminuição da brecha, auto compreensão inadequada, auto interpretação limitada, desejo de aparentar determinados valores para ser aceito por um grupo, etc. Com essa brecha ou gap, o discurso do agente poderá ser deformado.

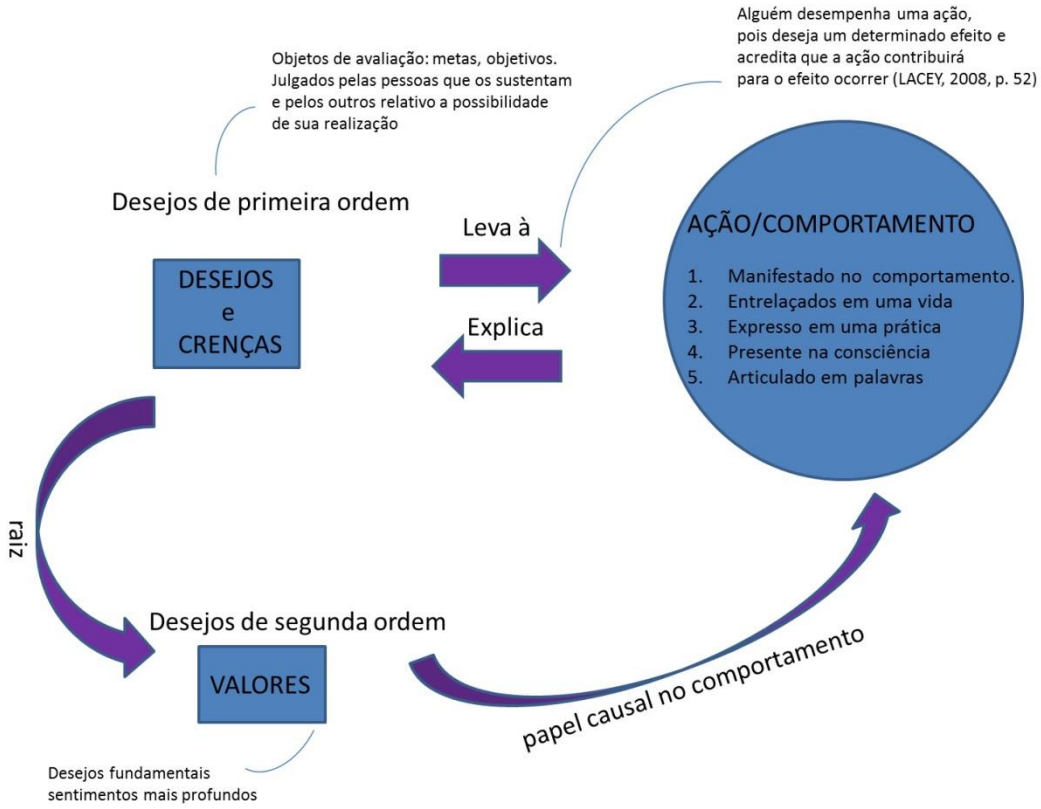
> O discurso é deformado quando aquilo que uma pessoa chama "valores" é separado de seus desejos, aspirações, do sentido do que é genuinamente possível, e das tentativas de uma pessoa para definir a trajetória de sua vida. (LACEY, 2008, p.55)

Mesmo sendo essas modalidades inseparáveis, a articulação auxilia na definição de aspirações e desejos de uma pessoa, podendo ser objeto de investigação. Em consequência da articulação, podem-se formar grupos que refletem os mesmos valores, permitindo uma reflexão racional.

Já dissemos que fatos e valores são inseparáveis na prática e que uma ação pode dizer muito sobre os valores de uma pessoa. Além disso, segundo Lacey (2008), "[...] os valores pessoais são, dialeticamente, tanto produto quanto pontos de referência de processos com os quais nós refletimos e avaliamos nossos desejos" (LACEY, 2008, p. 53).

Vamos avaliar a ligação entre valores e a ação de uma pessoa. Para Lacey, os desejos e as crenças são importantes para explicar a ação humana. A Figura 2 representa a relação entre os valores, desejos e crenças.

Figura 2: Os valores e dimensões de desejo e crença.



Fonte: Elaboração própria.

Os valores têm dimensões de desejos e crenças. Uma pessoa pode ter um desejo formulado em objetivos e metas que produzem a ação. Entretanto a raiz desse desejo está ligada a sentimentos e desejos fundamentais. Nas palavras do autor:

> Os valores são desejos de que apenas desejos de primeira ordem com certas qualidades venham a caracterizar nossas vidas como aquelas que permitem às pessoas sentirem-se realizadas, vidas vistas como dignas de um ser humano. Sustentar um valor envolve o desejo de segunda ordem, o qual representa um dos objetivos fundamentais de uma pessoa, de que os desejos de primeira ordem (que levam a ação, diferentemente de meramente sentidos) sejam ou se tornem das espécies que levem a ações que moldam ou produzem uma vida caracterizada por certa qualidade [...]. (LACEY, 2008, p. 53)

Os desejos, sendo expressos como carência, alguma meta ou objetivo a ser alcançado, podem ser avaliados racionalmente, de modo que a ação de um agente está relacionada a outras ações, o que leva Lacey a considerar que os valores desempenham um papel causal no comportamento. Levando em conta uma ação, os valores podem ser o objeto explicativo das ações de um agente, identificando os objetivos e prioridades e avaliando seus valores. Assim

entendido, temos um caráter dialético em relação aos valores, já que eles servem tanto para explicar/avaliar ações, quanto para produzir ações na sociedade, o que leva à adoção dos valores no campo da objetividade. As ações são explicadas por meio de silogismos práticos que podem ser suficientemente expandidos para a avaliação dos valores (LACEY, 2008, p. 251).

Os valores pessoais também envolvem crenças que levam pessoas a fazerem determinadas escolhas em detrimento de outras estando ligadas aos sentimentos, emoções e desejos. Envolve, então, uma crença de que se agir de uma determinada forma poderá levar ao efeito pretendido.

> Crenças são atitudes proposicionais que desempenham papéis causais (junto com desejos, intenções, ter objetivos etc.) na geração de ações. [...] O papel causal das crenças é representado em "silogismos práticos" (não em esquemas do tipo de leis), em que as ações de um agente são representadas como decorrentes (racionalmente) do fato de ele ter certas metas (desejos) e crenças [...]. As crenças de um agente (de X), por sua vez, tem causas, as quais podem ou não *incluir* suas avaliações das evidências, e de outros fatores explicitamente cognitivos ou racionais. (LACEY, 2008, p.247-248, itálico do original)

Dessas considerações sobre as crenças, Lacey define um agente (X) e em um dado domínio de valores, representados por $[V]$, dizemos que:

$$[V]X\ valoriza\ que\ \Phi \text{ é } caracterizado\ por\ v,$$
$$em\ que\ v \text{ é } um\ valor\ de\ um\ agente\ ou\ agentes.$$
$$Se\ \Phi\ =\ eu\ próprio, tenho\ meus\ valores\ pessoais;$$
$$Se\ \Phi\ =\ sociedade,\quad temos\ os\ valores\ sociais;$$
$$Se\ \Phi =\ arte, temos\ os\ valores\ estéticos;$$
$$Se\ \Phi\ =\ teorias\ científicas\ ou\ corpos\ sistemáticos\ de\ conhecimento,$$
$$valores\ cognitivos.$$

Já dizemos que os valores têm dimensão tanto de desejo ($[D]$, *desire*) quanto de crença ($[B]$, *belief*). Então,

$$[V]\ implica \begin{cases} [D]\ X\ e\ \Phi\ seja\ caracterizado\ por\ v, e\ talvez\ porque \\ [B]\ X\ acredita\ que\ ser\ caracterizado\ por\ v \text{ é } constitutivo \\ em\ parte\ de\ um\ \Phi\ "bom" \end{cases}$$

Os valores sociais são "[...] manifestados nos programas, leis, e políticas de uma sociedade e expressos nas práticas cujas condições eles proporcionam e reforçam" (LACEY,

2008, p.60). Assim, os valores sociais e os valores pessoais têm uma relação estreita na medida em que mesmo uma sociedade incorporando certos valores pessoais, as instâncias de poder, com a ideologia dominante, sustentam ideias e crenças que se manifestam nos indivíduos, criando concepções que podem parecer, até certo ponto, inevitáveis e naturais da condição humana. No entanto, existem diferenças entre ter, sustentar e adotar uma crença ou valores, que Lacey considera tanto para um agente quanto para uma instituição social, descrita no Quadro1 (LACEY, 2008, p. 251-253):

Quadro 1: Diferentes graus de avaliação dos valores.

Ter	Sustentar	Adotar
i) X tem um valor v na medida que em que ele se manifesta (entrelaçado na vida ou articula em palavras) em seu comportamento ii) v explica parcialmente os objetivos imediatos das ações de X iii) quando X articula um v que não é manifestado na sociedade, se espera que X manifeste v com dificuldade	X sustenta o valor v se subscreve v refletidamente em articulação se comprometendo a diminuir a brecha entre a manifestação e a articulação.	X adota um esquema {v}, que significa que uma pessoa sustenta valores em aglomerados ou esquemas, se X sustenta cada v em {v}.

Fonte: Elaboração própria feita com base em Lacey (2008).

Essas distinções são importantes aqui, tendo em vista qualquer que seja o Φ. Para Lacey, manifestar um valor é uma questão de grau que pode ser avaliado. Na manifestação desses valores, existe uma tensão entre as dimensões de desejo e crença. A discussão aqui se refere a qualquer tipo de valor, seja ele pessoal, social ou cognitivo.

Discutiremos mais profundamente a respeito dos valores cognitivos nas próximas seções. Aqui basta compreender que valores cognitivos é uma alternativa para escolha racional entre teorias. O autor ilustra alguns valores considerados cognitivos, tais como a

adequação empírica, consistência teórica (tanto dentro da própria teoria quanto das demais teorias aceitas), simplicidade, fecundidade, poder explicativo e certeza[24].

Lacey baseia sua filosofia na concepção de que a ciência, embora não seja neutra de forma completa, necessita ser imparcial devido a uma distinção lógica entre os valores e os valores cognitivos, que não têm papeis legítimos lado a lado para uma avaliação racional entre teorias. A racionalidade está presente na atividade científica, não por aplicação algoritmizada de regras, mas por valores cognitivos advindos do diálogo entre os membros de uma comunidade científica (LACEY, 2008).

O senso comum da tradição científica está pautado na crença de que a ciência é livre de valores. Nessa concepção, valores sociais, valores individuais, domínio de crenças, etc., não estão vinculados à prática científica. O ideal da racionalidade é um valor para a ciência e é, desse modo, necessário que haja um compromisso com a imparcialidade, a neutralidade e a autonomia.

A imparcialidade diz respeito ao processo de seleção de teorias, em que somente os valores cognitivos são relevantes. Se a imparcialidade se sustenta, as teorias segundo o método científico são neutras (Tese da Neutralidade) e as inovações tecnológicas decorrente das teorias são aplicáveis em qualquer sociedade, podendo ser usada tanto para o bem quanto para o mal (OLIVEIRA, 1999). Assim, se as práticas científicas são orientadas para o objetivo de obter teorias imparciais e neutras, então, elas não estão sujeitas a influências externas, que é a tese da autonomia da ciência. Na concepção cientificista é inaceitável que valores possam ser incluídos na produção e nos critérios de escolha de teorias científicas. Essa maneira de ver a prática da ciência está pautada na metafísica do materialismo científico, que afirma ser o mundo tal como representado nas teorias corretamente aceitas. O mundo é constituído de objetos que independem dos valores humanos e que podem ser descritos por meio de leis. Essas leis têm pressupostos quantificáveis e estabelecem relações com os dados experimentais que, por sua vez, são os que estabelecem o contato com o mundo. Os critérios quantificáveis e a experiência sensível garantem a imparcialidade, de acordo com a metafísica materialista, já que os dados empíricos são abstraídos dos contextos humanos e de qualquer perspectiva de valor. De acordo com Lacey (2008), se uma teoria T representa o mundo como ele é, então o

[24] A certeza aqui não é considerada absoluta, mas historicamente situada.

ideal da neutralidade é um fato. Contudo não é legítimo a afirmação de que uma teoria representa o mundo como ele realmente é.

Por outro lado, as críticas pós-modernas rejeitam a imparcialidade. Se não pode haver imparcialidade, também não pode haver neutralidade. Contudo, existe uma diferença entre a neutralidade e a imparcialidade para Lacey. Ser imparcial significa que a avaliação objetiva é feita de forma que apenas valores cognitivos estão presentes, não implicando que juízos éticos ou sociais são favorecidos, em detrimento de outros, por meio das consequências dedutivas que uma teoria apresenta. Assim, a neutralidade cognitiva é uma consequência lógica da imparcialidade (LACEY & MARICONDA, 2014). Entretanto os produtos advindos da teoria em questão estão comprometidos com uma perspectiva de valor, interesses que direcionaram a pesquisa para ser avaliada de forma racional. Se há valores contidos na aplicação do conhecimento legitimamente aceito pela avaliação imparcial, não poderá haver neutralidade aplicada. Os críticos pós-modernos, segundo Lacey (2008), rejeitam inclusive, o papel da avaliação imparcial e, por conseguinte, não conseguem explicar o sucesso tecnológico. A aplicação tecnológica é mais uma evidência de que um dado corpo de conhecimentos foi avaliado corretamente por meio de valores cognitivos. Um exemplo disso é o computador, que pode ser utilizado por qualquer pessoa que possui qualquer tipo de valores, tenha ela religião ou não, seja ela comprometida com ideais feministas ou que se aproxime de vertentes nazistas.

Todavia, para os pós-modernos a metafísica materialista, que considera a ciência livre de valores, é entendida como ideológica, servindo aos interesses de valores dominantes. Tais críticas pós-modernas estão baseadas em uma vertente epistemológica que abrange as teses da: subdeterminação, invulnerabilidade e da incomensurabilidade, esclarecidas a seguir.

Vejamos a tese da subdeterminação. De acordo com Lacey (2008) essa tese é baseada nas explicações empiristas da aceitação racional de teorias. Nesta concepção os dados empíricos estão em primeiro lugar e a teoria científica tem por base uma análise hipotética-dedutiva desses dados. Existe uma relação de dedução entre os dados e a teoria, de forma que quanto maior forem os dados empíricos, melhor sustentação terá a teoria. Observemos que, de acordo com essa tese, os valores cognitivos são reduzidos a somente um: a adequação empírica. Vejamos o que Lacey diz sobre essas premissas: “[...] se *E* [dados empíricos]

contém um determinado ítem *(e)* e *T* [teoria] implica ~*e*[25], então *T* [...] é falsa" (LACEY, 2008, p. 31). As conclusões é que, de acordo com a subdeterminação dos dados empíricos, não importa a quantidade de dados empíricos que uma teoria contenha, pois se houver algum outro dado diferente do conjunto de dados disponíveis, a teoria deverá ser abandonada. Além disso, não importa que uma teoria tenha sucesso em grande número de comprovações empíricas, pois sempre haverá a chance de existir outra teoria diferente (incompatível) com a primeira, que seja sustentada pelos mesmos conjuntos de dados. Por exemplo, no século XV o sistema copernicano é sustentado pelo mesmo conjunto de dados que sustenta o sistema ptolomaico. Os dados empíricos não poderiam decidir qual teoria é correta e, portanto, uma teoria não pode representar o mundo tal como ele é (LACEY, 2008). Caso se escolha entre uma teoria ou outra, não seria pelo conjunto de dados empíricos, mas por crenças, escolhas metafísicas, preconceitos, etc.

A tese da invulnerabilidade consiste na recusa da análise hipotético-dedutiva, embora afirme que a teoria seja estruturada por hipóteses (LACEY, 2008). Nessa tese a teoria é invulnerável aos dados empíricos, pois na teoria não contém, em geral, dados empíricos em suas premissas. Existe um conjunto de hipóteses auxiliares (A) que contém dados empíricos; então uma predição é derivada da teoria (T) e de um conjunto de hipóteses auxiliares A_1, por exemplo. Caso a predição seja refutada, T ou A_1 é falsa. Se o investigador julgar que o conjunto de hipóteses auxiliares é falso, poderá substituir por outro conjunto de hipóteses A_2. Esta descrição aplica-se às três leis e à teoria da gravitação newtoniana que podemos denominar de (T) e o modelo do sistema planetário como (A). Utilizando (T) o astrônomo francês Urbain Jean Joseph Le Verriere (1811 – 1877) e também o astrônomo inglês John Couch Adams (1819 – 1892) previram que a posição de Urano, quando comparado com dados observacionais, indicavam uma irregularidade na sua órbita. Qual deve ser refutada, (T) ou (A)? Mantiveram a teoria (T) e alteram o modelo (A) incluindo um novo planeta: Netuno. Dessa forma, não importa os dados para aceitação de uma teoria. Pode-se aceitar uma teoria tendo em vista um conjunto de valores sociais ou pessoais. No exemplo, foi mantida uma teoria de grande prestígio por uma escolha pessoal dos pesquisadores.

A tese da incomensurabilidade considera que as teorias são formuladas dentro de paradigmas. Proposta por Thomas Kuhn, essa tese rejeita as teses anteriores e considera que a

---

[25] ~*e* = [não]*e*.

ciência tem por base um paradigma, sendo ele histórico e único, vigente em um dado período de tempo. O paradigma possui uma linguagem própria, contém um léxico estruturado e define estratégias que não podem ser comparadas com outros paradigmas. Dessa forma, não existe inconsistência entre diferentes paradigmas, pois cada paradigma tem diferentes estratégias e tais contêm suas próprias categorias para restringir e selecionar os dados empíricos (LACEY, 2005). De acordo com Kuhn, que considera existir valores na atividade científica, "[...] as estratégias fecundas sempre têm precedência sobre os valores morais ou sociais que sustentam um velho paradigma" (LACEY, 2008, p. 36). Entretanto, as estratégias fecundas é somente uma das condições pois, entre dois paradigmas em conflito, os valores sociais entram no mesmo nível dos valores cognitivos para a escolha do paradigma. Usando o termo de Kuhn, a decisão entre o velho e o novo paradigma se assemelha a uma conversão religiosa.

Para o materialismo científico as críticas pós-modernas são consideradas irracionalistas, pois consideram que os valores, e não a racionalidade (advinda da adequação empírica, do método e de categorias matemáticas), esteja presente na atividade científica.

De acordo com Lacey (2008), o materialismo científico (considerado pelas críticas pós-modernas como sendo ideológico) explica o sucesso tecnológico, mas não consegue explicar a resposta do porque a teoria científica descreve o mundo tal como ele é. Por outro lado, as críticas pós-modernas consideram que valores estão presentes na atividade científica e recusam a imparcialidade, embora não consigam explicar os avanços tecnológicos informados pela ciência.

Assim, Lacey (2008) propõe uma filosofia que evidencia o papel dos valores na atividade científica, principalmente para a escolha de teorias, por meio de estratégias de restrição de teorias e seleção de dados, mas admite que o ideal da imparcialidade deva ser preservado para uma correta avaliação de teorias. Concordamos com a postura de Oliveira (1998) quando afirma que as ideias de Lacey "[...] não constitui um meio-termo entre os dois polos, mas sim uma verdadeira síntese superadora da contradição da tese cientificista e a antítese pós-moderna". (OLIVERIRA, 1998, p.3). Superadora aqui, não no sentido de que desmereça as teorias ou mesmo que sua filosofia já tenha alcançado o status de "verdade", mas no sentido de que traz concepções que refletem o que vivemos nesse momento histórico, contribuindo para rumos mais igualitários com a tecnociência.

É abordado, a seguir, como Lacey admite haver a imparcialidade na atividade científica e para isso, recorremos à sua definição de entendimento científico.

4.2 ENTENDIMENTO CIENTÍFICO E O IDEAL DA IMPARCIALIDADE

> ***Tese 2****: Apenas a imparcialidade pode ser sustentada sem restrições. Simplificando, ela expressa o valor de aceitar uma teoria (a respeito de um domínio de fenômenos) se e somente se ela manifestar os valores cognitivos em grau elevado à luz dos dados empíricos relevantes, e de rejeitar uma teoria se e somente se ela for inconsistente com outra teoria corretamente aceita. Assim não há um papel apropriado para os valores sociais, ao lado dos valores cognitivos, quando está em jogo a aceitação de uma teoria. A autonomia não é um valor realizável; e a neutralidade, embora comprometida nas práticas científicas usuais, poderia manifestar-se mais completamente se as pesquisas científicas fossem conduzidas de acordo com um adequado pluralismo de abordagens metodológicas. (LACEY, 2010, p. 16)*

De acordo com Lacey (2010), o objetivo da atividade científica[26](levando em conta as ciências sociais), embora ele mesmo advirta sobre a existência de desacordos, seria:

> (i) obter teorias que expressem entendimento empiricamente fundamentado e bem confirmado a respeito dos fenômenos, (ii) tendo em vista suas aplicações práticas (quando apropriado), (iii) de modo que as teorias obtidas sejam aceitas para domínios de fenômenos cada vez maiores, (iv) e que nenhum fenômeno significativo na experiência humana ou na prática da vida social fique, em princípio, fora do alcance das investigações científicas. (LACEY, 2010, p. 17).

Vamos nos concentrar na citação acima. Note que em (iv), se refere a um ideal de abrangência que é valorizado nas práticas científicas modernas, porém tem sido violado por perspectivas de valor ligadas ao mercado, que será abordado mais adiante no tópico sobre estratégia. Outra consideração é sobre a noção de teorias em (i), em que Lacey não chega a descrever sua natureza estrutural. Ele usa o conceito de teoria no sentido amplo, "[...] para se referir a corpos organizados – em diferentes graus de generalidade – de hipóteses, reivindicações, explicações e encapsulações de possibilidades" (LACEY & MARICONDA, p. 644). As teorias, nesse aspecto, são a encapsulação estrutural dos produtos cognitivos de uma pesquisa científica.

Agora, para obter entendimento empiricamente fundamentado e confirmado sobre um objeto ou conjunto de fenômenos, necessita de respostas, de acordo com o autor, às perguntas tais como: "O que é?", "Por que?" e "Como?". (LACEY, 2008, 2010).

---

[26] Esse objetivo da atividade científica proposto inclui todas as "formas de investigação empírica sistemática" (LACEY, 2010, p. 17) porque o autor não quer se comprometer com definições sobre o que é ou não ciência, ou assumir *a priori* algum tipo de status epistêmico na comparação com a ciência moderna.

Para a pergunta “O que é?”, leva em conta determinar suas propriedades, comportamento para diferentes condições, as relações entre variáveis de temperatura, pressão, tempo, etc. Já as respostas das duas últimas perguntas estão ligadas ao contexto e interesses de quem produz a teoria. Dessa forma, diferentes respostas podem ser fornecidas para as mesmas perguntas. Existe a necessidade de perguntar “Por que?” essas coisas são o que são, fornecendo um tipo de inventário de suas possibilidades realizadas, realizáveis e não realizáveis. Já a pergunta “Como?” fornece antecipações sobre a forma de aplicar ou colocar em práticas as possibilidades sintetizadas (LACEY, 2008, 2010).

Por meio dessas perguntas se consegue a formulação de teorias que tenham um entendimento empiricamente fundamentado e confirmado, em que valores cognitivos são manifestados em alto grau para um dado domínio de fenômenos. A aceitação desse entendimento é feita de forma que não poderá haver outros tipos de valores que não sejam os cognitivos. Desse modo, podemos dizer que o objetivo da ciência é produzir teorias aceitas de acordo com a imparcialidade, fornecendo o entendimento cada vez maior dos fenômenos e sintetizando as possibilidades para aplicação. Se esse for o objetivo da ciência, vemos que se “[...] justifica que a *imparcialidade* seja sustentada pelos cientistas” (LACEY, 2010, p.18, itálico no original).

A imparcialidade é definida por Lacey (2008) em diferentes lugares:

> [...] a imparcialidade pressupõe uma distinção entre valores cognitivos e outros tipos (moral, social) de valores, e afirma que uma teoria é apropriadamente aceita somente se ela manifesta os valores cognitivos num alto grau à luz dos dados empíricos disponíveis e de outras teorias apropriadamente aceitas; como ela se relaciona com os valores morais e sociais nada tem a ver com a aceitabilidade de uma teoria (LACEY, 2008, p. 15).

> Imparcialidade: juízos científicos bem fundamentados acerca da “aceitação” de uma teoria com relação a um dado domínio sustentam-se unicamente em considerações sobre o grau em que a teoria manifesta os valores cognitivos (à luz dos dados empíricos disponíveis e de outras teorias aceitas), independentemente de como a teoria pode estar de acordo ou a serviço dos interesses de quaisquer perspectivas de valor (LACEY, 2008, p. 101-102).

> Imparcialidade: é a concepção de que as teorias são corretamente aceitas apenas em virtude de manifestarem os valores cognitivos em alto grau, segundo os mais rigorosos padrões de avaliação e com o respeito a uma série apropriada de dados empíricos. [...] a imparcialidade implica que servir a determinados valores ou ser consistente com as pressuposições do esquema de algum valor particular é irrelevante para a legítima aceitação de uma teoria (LACEY, 2008, p. 179-180).

> A imparcialidade é uma tese sobre as razões epistêmicas ou cognitivas para aceitar ou rejeitar teorias. Afirma que escolhemos adequadamente teorias

> com base apenas no cumprimento de certos valores cognitivos, mediante os quais fica estabelecido que uma teoria aceitável exibe certas relações com os dados empíricos disponíveis e com as demais teorias. [...] De acordo com a imparcialidade, as relações que uma teoria mantém com qualquer perspectiva de valor são irrelevantes para a sua legítima aceitação (LACEY, 2008, p. 20-21).

> A objetividade é o valor segundo o qual somente os dados empíricos e critérios cognitivos (epistêmicos) apropriados devem ser relevantes para avaliar a confirmação de teorias e hipóteses cientificas e pressupõe que esses critérios não permitem nenhum papel para os valores éticos e sociais ou os interesses dos poderosos (LACEY, 2006, p. 376).

O valor de se considerar somente critérios cognitivos ou juízos epistêmicos é chamado por Lacey, na maioria das vezes, de imparcialidade, embora em alguns artigos ele venha a utilizar a objetividade. Observando que não há contradições e sim textos complementares, podemos entender que existe imparcialidade (ou objetividade, como está na última citação) na atividade científica quando, para a aceitação de uma teoria, os padrões de avaliação não requerem um comprometimento com qualquer tipo de valor que não seja os cognitivos, expressados em alto grau. Se uma teoria foi corretamente aceita, ela é incluída ao estoque de conhecimentos já avaliados. Entretanto, a teoria é avaliada em relação à sua adequação com os dados empíricos e também com outras teorias já aceitas pela comunidade de cientistas, além da manifestação de outros valores cognitivos que se relacionam ao domínio de fenômenos determinados pela condição de contorno estabelecida. Dessa forma, para Lacey, uma teoria corretamente aceita não implica na sintetização de todas as possibilidades. Para ser uma boa teoria não necessita explicar todos os domínios e todos os fenômenos envolvidos. A imparcialidade não nega a existência de valores na atividade científica, mas nega que ela exista no processo de aceitação ou rejeição de teoria (LACEY, 2010, p.18). Ela precisa, como já foi dito, expressar os valores cognitivos em alto grau, dentro de uma determinada condição de contorno específica, além de estar de acordo com outras teorias já aceitas.

Lacey utiliza as ideias do filósofo irlandês Ernan McMullin (1924 - 2011) e de Kuhn sobre o que seriam os valores cognitivos; e sobre como eles deveriam ser distinguidos de outros valores, como os sociais e morais, tendo em vista um juízo científico correto para escolha de teorias. O grande argumento de Lacey é mostrar que é possível haver a racionalidade na ciência, não por meio de regras, mas por meio dos valores cognitivos, evidenciando que a tese da imparcialidade na atividade científica é um ideal factível.

Existem controvérsias acerca de quais seriam os valores cognitivos a entrarem na lista e quais seriam suas disposições hierárquicas entre si. Os valores cognitivos para uma teoria

podem aparecer em menor ou maior grau que em outra teoria. Isso implica que, mesmo que haja concordância em um conjunto de valores cognitivos para a avaliação de qual teoria deveria ser aceita, não há como existir concordância exata nesta lista, já que para diferentes teorias os valores cognitivos podem se manifestar em diferentes graus (LACEY, 2008, p.85).

Estão na lista de valores cognitivos, fortemente considerados em pelo menos um período da história, a adequação empírica, a consistência teórica, a simplicidade, a fecundidade, o poder explicativo e certeza. Para incluir um valor cognitivo na lista, duas condições deverão ser satisfeitas:

> [...] 1) que seja necessário para explicar (mediante reconstrução racional) as escolhas de teoria efetivamente realizadas pela comunidade científica; e 2) que sua significação cognitiva ou racional seja bem sustentada. [...] devem cumprir tanto encargos explicativos quanto normativos (LACEY, 2008, p. 88).

Os valores cognitivos podem ser avaliados em termos de sua manifestação em teorias corretamente aceitas, mas nem sempre, num dado domínio de fenômenos, poderemos dizer que um valor cognitivo é mais importante que outro. Isso vai depender de que tipo de teoria compete com outra, para avaliar qual representa melhor um dado domínio de fenômenos. Para tanto, deve-se avaliar o padrão que é manifestado nos valores cognitivos em uma teoria (T), juntamente com os dados empíricos disponíveis (E) para um domínio de fenômenos (D):

> Quais os padrões de acordo com os quais medimos o grau de manifestação dos valores cognitivos? [...] (a) os itens de E foram confiavelmente obtidos (replicados? replicáveis?) e as generalizações empíricas obtidas a partir deles refletem análises indutivas e estatísticas confiáveis (b) E incluem itens pertinentes à colocação de T em confronto crítico com as rivais, e à definição clara dos limites dos domínios para os quais T é corretamente aceita. (c) E contém os itens que são representativos de dados possíveis que poderiam ser obtidos pela observação de fenômenos característicos dos domínios para os quais T é aceita (frequentemente depois da sua construção). (Observe que esses três padrões se aplicam especificamente à adequação empírica.) (d) T foi testada em contraposição a uma gama "suficiente" ou "adequada" de rivais. (e) É favorável a comparação do grau de manifestação dos valores cognitivos em T (de D) com o das mais solidamente arraigadas teorias. (f) As críticas (particularmente as que tornam explícito o que contraria como manifestação mais adequada) de que T não manifesta os cv27 em grau suficiente para garantir que seja incluída no corpo do conhecimento científico foram adequadamente respondidas de acordo com o consenso da comunidade científica. (g) A comunidade dos cientistas é adequadamente constituída para garantir a deferência ao consenso a que ela chega (LACEY, 2010, p. 256-257).

---

[27] *Cognitive Values*: Valores Cognitivos.

A forma como é avaliada uma teoria pela imparcialidade, por meio de valores cognitivos que se manifestam em graus diferentes, dependendo da teoria, é mais flexível e tem maior poder de legitimidade que avaliar por regras, que nem sempre são aplicáveis. Com a expressão de valores cognitivos em alto grau, como observado na citação acima, é de se esperar que uma teoria corretamente aceita de acordo com a imparcialidade seja fecunda e que nos satisfaça o entendimento, já que a verdade absoluta não é um ideal a ser seguido. Uma dada comunidade deverá entrar em consenso, discutindo os valores cognitivos mais adequados para o contexto histórico vivido.

Entretanto, os cientistas são pessoas, ligados a instituições e partilham de desejos, crenças, aspirações. Os valores, portanto, devem estar presentes em algum momento da atividade científica. Vejamos a pergunta feita por Lacey para mostrar o lugar dos valores para a aceitação de teorias: "Os valores são relevantes para responder à pergunta: por que uma teoria *desse tipo* foi considerada, produzida ou desenvolvida?" (LACEY, 2008, p. 103 itálicos do original). Podemos notar que o itálico se refere à condição de contorno estabelecida por uma estratégia escolhida e a reposta da pergunta tem condições de revelar o interesse (valores) em se considerar, produzir ou desenvolver uma determinada pesquisa gerando resultados e uma teoria. Agora para a pergunta: "[...] por que *esta* teoria foi aceita?" (LACEY, 2008, p. 103 itálicos do original), podemos compreender que os valores não desempenham nenhum papel, já que somente os valores cognitivos poderão estabelecer juízos científicos corretos, com um conjunto de dados empíricos fornecidos pelas condições de contorno consideradas.

Lacey (2008) defende que na atividade científica há tantos valores sociais quanto valores cognitivos, mas a disposição deles deve ser considerada. Valores sociais e valores cognitivos não se misturam, estão logicamente separados em diferentes momentos que serão descritos posteriormente. Se uma teoria foi aceita levando em conta valores sociais ou interesses, então não foi corretamente avaliada.

As práticas científicas são históricas e socialmente localizadas e seu objetivo é "[...] produzir teorias que se tornem aceitas de acordo com a imparcialidade" (LACEY, 2010, p.19). Entretanto, segundo o autor, produzir teorias de acordo com a imparcialidade não diz muito sobre os procedimentos e metodologias dos cientistas. Não indica os tipos de dados empíricos que são relevantes, nem as categorias que possam descrever esses dados. É por isso que o autor lança mão do conceito de estratégia, descendente da noção de paradigma proposto por Kuhn, para nortear a atividade científica.

4.3 ESTRATÉGIAS DE RESTRIÇÃO E SELEÇÃO

> ***Tese 3:*** *(a) a pesquisa científica é sempre empreendida segundo uma estratégia cujo papel principal é, em primeiro lugar, prescrever restrições aos tipos de teorias a serem consideradas e investigadas, e aos tipos de categorias que elas podem empregar e, assim, especificar os tipos de possibilidades que podem ser identificadas no curso da pesquisa e, em segundo lugar, selecionar os tipos relevantes de dados empíricos a serem obtidos e registrados, e os fenômenos e aspectos dos fenômenos a serem observados e tomados como objeto de experimentos. b) O objetivo da ciência permite que pesquisas bem-sucedidas sejam conduzidas segundo uma variedade de estratégias. (LACEY, 2010, p. 20)*

O papel das estratégias é de conduzir a pesquisa para um determinado setor, ditar o que deve ser pesquisado e como deverá gerenciar a formação dos pesquisadores, que tipo de preparo científico terão, etc. São as estratégias que direcionam a pesquisa, por isso o autor considera necessárias várias estratégias para que haja efetivamente a neutralidade na atividade científica.

As estratégias prescrevem o que se deve restringir e selecionar. Dependendo da intencionalidade e do interesse, as estratégias restringirão certos tipos de teoria para um dado domínio de fenômenos e selecionará certos tipos de dados empíricos necessários à descrição dos fenômenos considerados. E a estratégia direciona o tipo de entendimento científico que se deseja e quais as listas de valores cognitivos que interessa.

Lacey abordou o objetivo da ciência de forma genérica. Veremos agora como esse objetivo é utilizado nas práticas atuais por meio do entendimento científico moderno.

4.3.1 ESTRATÉGIA E ENTENDIMENTO CIENTÍFICO MODERNO

De acordo com as reflexões de Lacey (2008), existe um valor cognitivo fundamental para o estabelecimento de critérios para escolha racional de teorias. Esse valor cognitivo seria a *adequação empírica*, que nada mais é que o "ajuste" (*fit*) entre a teoria e a observação. Disso vem a importância do experimento na atividade científica e das contestações observacionais, principalmente na atividade científica moderna.

O entendimento científico moderno, para Lacey, é obtido por meio de práticas que envolvem tanto a observação do fenômeno quanto sua intervenção ativa sobre ele. Dessa forma, os fenômenos são vistos como objetos de investigação científica e como produtos da ordem subjacente (abreviação de estruturas, processos e leis subjacentes). Na ordem

subjacente, todos os objetos são caracterizados por equações e leis matemáticas, sendo abstraídos da vida prática humana (Lacey diz experiência vivida e vida prática).

Uma conclusão que se pode chegar é que, se todos os objetos são exprimíveis por leis e são quantificáveis, não são considerados objetos de valor para ser abstraído da vida prática. Lacey exemplifica usando o problema da semente que, no ponto de vista do estudo do entendimento científico moderno e apreendendo a ordem subjacente dos fenômenos, o estudo inclui o aumento de rendimentos, mas não leva em conta a possibilidade de a semente virar mercadoria, excluindo a semente como objeto de valor. Assim, a ordem subjacente permite diferentes possibilidades materiais das coisas, em que para um mesmo objeto pode-se haver diferentes fenômenos gerados por condições de contorno diferentes. Entretanto, a ordem subjacente de um objeto não permite a visualização e o entendimento amplo das possibilidades, já que ela exclui o objeto das práticas sociais e humanas.

> [...] as estruturas, os processos e as leis que caracterizam a ordem subjacente são *ontologicamente* independentes da investigação, da percepção e das ações humanas; não variam com os compromissos teóricos, as perspectivas, os interesses e os valores dos pesquisadores. (LACEY, 2008 p. 155, itálico do original).

O entendimento científico moderno é expresso com a ajuda de teorias e tais devem utilizar categorias que abstraia o objeto da vida prática. Essa abstração é feita tendo em vista o entendimento moderno dos fenômenos apresentados. Essa é a forma que atualmente usamos para entender o fenômeno, utilizando categorias quantificáveis. Tal forma de entendimento tem se mostrado útil, explicando o sucesso tecnológico. Entretanto, no entendimento científico moderno,

> [...] nenhuma teoria deveria ser nem mesmo provisoriamente acolhida, a menos que satisfizesse a restrição de empregar categorias aptas a representar a classe apropriada de ordem subjacente e, por conseguinte, de empregar categorias materialistas e não categorias, p. ex., teleológicas, intencionais ou sensoriais (LACEY, 2008, p. 156).

O entendimento científico moderno é direcionado pelas estratégias materialistas de restrição e seleção, ou abordagem descontextualizada[28]. Essa abordagem intervém na escolha

[28] Lacey utilizou, primeiramente, o termo "estratégias materialistas" ou estratégias de restrição/seleção materialistas. Entretanto, já em "Valores e atividade científica 1", na introdução, o autor esclarece que passa a mudar o termo para estratégias da "abordagem descontextualizada", devido a confusões da estratégia materialista com a metafísica materialista. Neste texto optamos por utilizar ambas, pois os leitores podem se familiarizar com os termos e seguir de forma mais segura pela epistemologia de Lacey.

das teorias que empregam a ordem subjacente e, portanto, as teorias precisam se adequar aos dados empíricos. As teorias são escolhidas ou rejeitadas de acordo com sua íntima relação com os dados empíricos, e elas devem expressar os valores cognitivos em alto grau. Dessa forma, uma boa teoria deverá ter relações com outras teorias formalmente aceitas, deverá se adequar à experiência e à experimentação, necessita prever, explicar e unificar, além de não envolver hipóteses *ad hoc*. Como veremos mais adiante, Lacey mostra que essa não é a única forma de entendimento e sua filosofia engajada se compromete com outras possibilidades. Grande parte da comunidade científica atual prioriza um único conjunto de estratégias, o que torna a atividade científica parcial e distorcida.

Se tomarmos, por exemplo, dentro das estratégias materialistas, uma teoria será aceita se ela sintetiza

> [...] as possibilidades materiais das coisas, aquelas que podem ser caracterizadas como originàveis das leis, estruturas e processos subjacentes às coisas; também proporciona um entendimento abrangente de fenômenos presentes em muitos espaços definidos por condições de contorno que vigoram onde a atuação humana não é relevante. (LACEY, 2008, p. 103).

Podemos observar que mesmo os valores estão presentes de forma parcial na definição de condições de contorno, ou nos espaços que interessa aos valores, entretanto, nada se pode afirmar sobre as possibilidades concretas (LACEY, 2008). Os fenômenos produzidos sobre essas condições não dependerão do interesse das estratégias materialistas, de forma que a imparcialidade é um ideal factível para o autor.

Entretanto, Lacey chama atenção para o fato de que na ciência moderna apenas algumas contestações observacionais são relevantes, tais como as que são abstraídas das práticas humanas e que envolvem descrições materialistas, o que levanta a questão que não somente os valores cognitivos se constituem como critério definitivo para a escolha de teorias. Dessa forma, nas palavras de Lacey:

> Eu esclareceria o sentido de adequação empírica, conforme a expressão é usada por McMullin, e consistentemente com grande parte da prática científica, como algo que inclui explicitamente a notória preeminência das constatações obtidas em operações experimentais e de medida, além de acrescentar o critério suplementar de restrição das teorias aquelas que empregam exclusivamente categorias materialistas (incluindo as categorias reducionistas) (LACEY, 2008, p.91)

Observando melhor esse sentido, fornecido por Lacey (2008), de adequação empírica, podemos perceber dois critérios que se interagem mutuamente: a seleção (seleciona as constatações observacionais obtidas por operações experimentais) e restrição (de teorias que empreguem somente categorias materialistas). Essas considerações serão abordadas a seguir.

4.3.2 ESTRATÉGIAS MATERIALISTAS DE RESTRIÇÃO E SELEÇÃO

> ***Tese 4****: a pesquisa na ciência moderna tem sido conduzida quase exclusivamente segundo um tipo particular de estratégia – na terminologia que adoto, as estratégias materialistas, das quais existe uma variedade de formas. As estratégias materialistas restringem as teorias àquelas que representam fenômenos e arrolam possibilidades conforme possam ser geradas a partir de estruturas, processos e interações subjacentes, e das leis que os governam (em geral expressas matematicamente); e estipulam que os dados empíricos sejam expressos em termos de categorias descritivas tipicamente quantitativas, aplicáveis em virtude de operações de medida, instrumentais e experimentais. (LACEY, 2010. p.21-22)*

> ***Tese 5****: A pesquisa científica – investigação empírica sistemática produzindo resultados de acordo com a imparcialidade – pode ser conduzida segundo estratégias que, embora possam utilizar livremente resultados estabelecidos segundo estratégias materialistas, não são redutíveis a estas. (LACEY, 2010. p.22)*

Vimos que a adequação empírica empregada na ciência moderna, no sentido proposto por Lacey, seleciona e restringe teorias de forma mutua e é daí que vem a definição de "estratégias materialistas de restrição e seleção". Dessa forma, o que Lacey chama de estratégias de restrição e seleção é a combinação da seleção dos dados empíricos com a restrição de teorias que empregam somente categorias materialistas. Nas palavras de Lacey "A seletividade dos dados empíricos e a restrição das teorias caminham lado a lado, sustentando-se mutuamente e formam a combinação que chamarei de uma estratégia de restrição e seleção" (LACEY, 2008, p. 91). Nas estratégias materialistas as teorias necessitam estar relacionadas em alto grau com os dados empíricos, com linguagem descritiva e com termos materialistas, ou seja, quantitativos e matemáticos, descrevendo os fenômenos por meio de práticas experimentais, com testes observacionais em que os fenômenos são representados pela ordem subjacente[29].

As estratégias materialistas de restrição e seleção são assim chamadas devido a uma dupla seletividade: em primeiro lugar *"*[...] são obtidas em práticas experimentais e envolvem descrições materialistas*"* (Lacey, 2008, p.91), além disso, restringe teorias que sejam tipicamente feitas por categorias "[...] quantitativas, matemáticas e materialistas, pois somente tais teorias podem possuir a "qualidade de ajuste" com as constatações observacionais

[29] A ordem subjacente é uma abreviação de estruturas, processos e leis subjacente dos fenômenos, que será melhor compreendida no tópico sobre entendimento científico.

selecionadas" (Lacey, 2008, p.91). Essa "qualidade do ajuste", já mencionada anteriormente, é a chamada adequação empírica, um valor cognitivo fundamental para McMullin[30], segundo Lacey (2008).

Assim, podemos perceber que nem todas as possibilidades relativas ao domínio dos fenômenos são contempladas. Tais estratégias abstraem a vida humana e o ambiente das práticas científicas. Existe um reducionismo epistêmico, já que nem todas as possibilidades dos fenômenos são expressas nas teorias restringidas e selecionadas pelas estratégias materialistas. Essas estratégias determinam os critérios de escolha para teorias, vinculadas a valores além dos cognitivos, embora venha da definição de adequação empírica proposta por Lacey (2008).

O objetivo da ciência já foi tratado em 4.2, para o tratamento do entendimento científico e sobre imparcialidade. Queremos agora retomar a questão do objetivo para reaver questões sobre o ideal da abrangência, que tem sido violado pela adoção quase exclusiva de estratégias materialistas. Assim, vemos qual seria o objetivo da ciência descrito de duas formas diferentes. Essa questão é importante pois, dependendo do objetivo da ciência, as listas de valores cognitivos podem ser alteradas. Lacey utiliza um objetivo realista para a ciência mas, segundo ele, os mesmos argumentos podem ser utilizados para outras vertentes empiristas. Além disso, a lista de valores cognitivos pode variar com a época ou com o domínio de conhecimento e ainda há problemas entre o que as pessoas dizem e o que elas realmente fazem (LACEY, 2008).

Um objetivo expresso por cientistas e filósofos realistas da ciência seria o que Lacey chama de O_1: "O objetivo da ciência é representar (em teorias racionalmente aceitáveis) as estruturas, processos e leis subjacentes aos fenômenos e, a partir disso, descobrir novos fenômenos" (LACEY, 2008, p. 93).

Se esse for o real objetivo da ciência, podemos ver que a interferência e a prática humana não são relevantes e que os valores cognitivos ditos anteriormente estão todos presentes na lista (LACEY, 2008). Para Lacey, a descoberta representa um valor institucional (social) na ciência. Além disso, dentro desse objetivo, explicar algo é representar os fenômenos por meio de leis, de processos e de estruturas subjacentes. Podemos ver o

[30] De acordo com Lacey (2008), McMullin explora bem a abordagem de que a racionalidade científica é feita por meio de um diálogo entre a comunidade científica, de acordo com valores e não por regras ou algoritmos aplicados. Entretanto o primeiro a dizer sobre a abordagem de valores foi Kuhn (LACEY, 2008, p. 83).

reducionismo e uma descontextualização quando o objetivo da ciência passa a ser como o de O_1.

Existiria alguma perda para o entendimento de um determinado fenômeno ou objeto se o objetivo da ciência fosse mais abrangente do que O_1? Lacey toma como exemplo a flecha, que é um objeto cultural, entretanto se levarmos em conta os aspectos e as possibilidades materialistas ela pode ser bem compreendida sendo abstraída do contexto humano, levando em conta a velocidade e a distância, por exemplo. Entretanto não se poderá compreender, somente observando seus processos subjacentes, os motivos que levaram ou levam uma flecha ser atirada em um determinado alvo, ou quais as possibilidades e mudanças que ocorrem na sociedade e no ambiente pela criação e produção, em larga escala, de uma flecha (LACEY, 2008).

Se o objetivo da ciência se configura como O_1, então as estratégias materialistas podem ser compreendidas como um valor cognitivo ou mesmo um estruturador dos valores cognitivos desejáveis para a escolha de teorias. Isso porque o interesse desse objetivo é de sintetizar as possibilidades apenas por meio de leis, de processos e de estruturas subjacentes, desvinculando a vida prática, o ambiente e a figura humana dos fenômenos.

Todavia Lacey (2008), também levando em conta uma perspectiva realista, reescreve um objetivo para a ciência mais abrangente que inclui os contextos humanos e da vida prática, além de ***não excluir*** $\boldsymbol{O_1}$. O objetivo mais abrangente seria o objetivo *O*: "O objetivo da ciência é sintetizar (confiavelmente, em teorias racionalmente aceitáveis) as possibilidades de um domínio de objetos e descobrir meios para a realização de algumas das possibilidades até agora não realizadas" (LACEY, 2008, p.95). De acordo com Lacey (2008):

> A motivação para a adoção de O é a manutenção em primeiro plano da questão: que tipos de entendimento sistemático e empiricamente fundamentado deveríamos procurar a fim de informar a gama completa das práticas humanas. A adoção de O não permitiria a limitação das constatações observacionais relevantes àquelas selecionadas pelas estratégias materialistas. (LACEY, 2008, p.95)

Observamos que as estratégias materialistas tendem a ter O_1 como o objetivo da ciência. Mas, por que adotar estratégias materialistas? Por que não adotar um objetivo mais abrangente, que leve em conta todas as possibilidades dos fenômenos e não somente as suas possibilidades materiais? Lacey coloca três possíveis respostas: um apelo à metafísica materialista, a utilidade baconiana, puro interesse intelectual.

I) A metafísica materialista

A metafísica materialista afirma que "[...] o mundo realmente é tal que todos os fenômenos são produtos da ordem subjacente" (LACEY, 2008, p. 158). Em outro trecho do mesmo livro, Lacey diz que tal metafísica afirma que "[...] o mundo realmente é tal que todos os objetos presentes nele (inclusive seres humanos) são inteiramente caracterizáveis por propriedades e relações materialistas" (LACEY, 2008, p. 174 e 175). Assim, observar os fenômenos como objetos da ordem subjacente será suficiente para apreender todas as suas possibilidades.

II) A utilidade baconiana

Para Bacon, o controle da Natureza é o objetivo principal da Ciência em que ,por meio da indução, se apreende as estruturas dos objetos e os torna passíveis de controle, trazendo bem-estar e facilidades para a humanidade. No mundo atual temos o moderno esquema de valor do controle, que tornou-se um valor social fortemente reforçado. Lacey esclarece que "esquemas" se refere a um agrupamento de valores em que "[...] podem ser interpretados como algo que possui uma hierarquia e cujas manifestações concretas em atividades ou em instituições tendem a se reforçar" (LACEY, 2008, p.164). Em nossa sociedade, para Lacey (2008), o controle é a chave para o bem-estar humano e o princípio organizador da sociedade moderna. No moderno esquema de valor do controle, o que interessa são as possibilidades sintetizadas para o exercício do controle da natureza, portanto, o objeto é abstraído da vida prática, do social e das estruturas ecológicas e cósmicas. De acordo com o autor, o valor do controle está no topo dos valores da sociedade moderna, ou seja, não é subordinado a outros valores sociais. Entretanto, nem todo o controle é valorizado quando intervém no controle do ser humano. O ser humano faz parte da natureza.

III) Puro interesse intelectual

Para quem vê a ciência pelo puro interesse intelectual, as estratégias materialistas são aliadas, por considerar os fenômenos com alto grau de valores cognitivos, além de que estas estratégias tendem a ampliar e a adicionar novos conhecimentos. Essa forma de entender os objetos pela perspectiva das estratégias materialistas foi tão bem-sucedida para angariar conhecimentos que parece não haver outra forma de conceber a ciência que possa ser explorada para dar mais e melhores resultados.

Lacey (2010) assume que as estratégias materialistas têm cumprido grande parte dos objetivos da ciência, elaborando teorias que expressem entendimento para grande quantidade de fenômenos com alto grau de manifestação dos valores cognitivos (LACEY, 2010). As estratégias materialistas têm-se mostrado ampliáveis e adaptáveis[31]. O contínuo uso das estratégias materialistas seria devido a um valor social altamente valorizado na população em geral, advindo da utilidade baconiana. As respostas à pergunta desse tópico são que as estratégias materialistas são altamente valorizadas, devido à combinação do entendimento científico moderno e do moderno esquema de valor do controle.

4.4 O MODERNO ESQUEMA DE VALOR DE CONTROLE

> ***Tese 6****: (a) A adoção quase exclusiva de estratégias materialistas pela ciência moderna explica-se por: (i) sua fecundidade e potencial de desenvolvimento praticamente ilimitado, (ii) pela existência de relações mutuamente reforçadoras entre elas e um conjunto de valores sociais que denomino de valorização moderna de controle, e (iii) pelo fato de que essa valorização é amplamente adotada nos países industriais avançados e altamente incorporada em suas instituições mais importantes. (b) existem boas razões para manter o privilégio conquistado pelas estratégias materialistas apenas na medida em que haja boas razões para sustentar-se a valorização moderna do controle. (LACEY, 2010, p.26)*

Para Lacey o controle é fundamental para o ser humano, que é um ser ativo e que interage com a natureza, a fim de produzir condições favoráveis para sua vida prática. O controle nada mais é que uma ação intencional humana sobre um determinado objeto ou fenômeno, que tem implicações para a sociedade. Historicamente, o ser humano sempre fez esforços tendo em vista a expansão de suas possibilidades materiais sobre as coisas, dependendo da sua cultura, crenças e objetivos. De acordo com o autor, o controle pode contrastar com a reciprocidade, a mutualidade e o respeito, dependendo do valor de interação e do seu valor instrumental (LACEY, 2008).

Dentro de qualquer cultura o controle é valorizado, mas nem sempre é praticado; vai depender de qual valor é mais importante, culturalmente. O controle serve para o

---

[31] Entretanto, as estratégias materialistas são descontextualizadas e está em conflito com o ítem (iv) do objetivo da ciência, descrito na citação do tópico sobre imparcialidade. Esse ítem exige a abrangência de os fenômenos levarem em conta a vida prática e social humana nas investigações científicas. Ver também (LACEY, 2010, p.24).

entendimento prático[32] e exercemos controle sobre objetos quando "[...] os submetemos deliberadamente e de um modo bem-sucedido ao nosso poder e os utilizamos como meios para os nossos fins" (LACEY, 2008, p. 160).

Em certas culturas o controle pode estar subordinado a outros valores sociais, como o ideal do florescimento humano[33], que é o respeito ao ambiente, à ordem social desejada e às visões cósmicas. Dependendo da ordem social desejada, as possibilidades de controle são limitadas. Mesmo nessas culturas o controle é valorizado e praticado; entretanto, não explorará ao extremo de prejudicar a natureza e os próprios seres humanos, pelo bem do entendimento prático. Na verdade, segundo Lacey (2008), o moderno esquema do valor do controle tem como objetivo intensificar o florescimento humano, embora outras perspectivas[34], como o feminismo e os ambientalistas, discordem.

Já na modernidade e na sociedade capitalista o controle não é subordinado aos demais valores sociais. A natureza, o ambiente é respeitado apenas em alguns poucos casos e quando possível. No entanto, nem todo o exercício do controle é valorizado, já que o bem-estar humano é um valor prioritário e entendido como padrão de avaliação. O que podemos perceber, segundo Lacey, é que o controle da natureza é um valor social altamente valorizado, tanto pela população em geral quanto pelas instituições sociais. A vida prática é permeada de produtos de controle. Para a sociedade atual o controle é valorizado devido à sua capacidade de entendimento dos fenômenos e de ampliar o bem-estar humano, intimamente ligado aos avanços tecnológicos. Dessa forma,

> Não se trata de tomar, de uma forma inequívoca, o controle da natureza como se fosse um valor em seu próprio benefício. Ao contrário, via implementações e avanços tecnológicos, ele é tomado como capaz de servir a todos os valores sociais e ideais de florescimento humano viáveis e, a longo prazo, servir à ampliação do bem-estar humano em geral. (LACEY, 2008, p. 162)

Essa citação mostra que o valor do controle tem certa autonomia perante os outros valores. De acordo com Lacey, esse valor é o princípio organizador da sociedade moderna e

---

[32] O entendimento prático é definido por Lacey como o entendimento dos efeitos de nossas ações sobre as coisas e de seus efeitos sobre nós. (LACEY, 2008, p.160).

[33] O florescimento humano é o mesmo que bem-estar, uma concepção da natureza humana (LACEY, 2010 p. 274).

[34] Ver em (LACEY, 2008 p. 183).

isso aumenta a convicção da maioria da sociedade capitalista de que qualquer problema que surgir, em termos de inovações tecnológicas, pode ser remediado ou mesmo controlado por novos estudos. Por conseguinte, não há razão para ter receios quanto à implementação de algum produto novo gerado pela tecnociência. Além disso, Lacey considera que as "[...] consequências ameaçarão as liberdades civis ou produzirão devastação ambiental, mas a modernidade expandiu-se com a convicção de que o risco vale a pena [...] e que seus problemas podem ser remediados" (LACEY, 2008, p. 163 nota 9).

O controle está no topo de uma hierarquia com outros valores adicionais. São valores secundários ou de segunda ordem, originando o que Lacey considera como esquemas.

> Valores são sustentados no que chamarei *esquemas* (ou complexos), agrupamentos de valores nos quais eles podem ser interpretados como algo que possui uma hierarquia e cujas manifestações concretas em atividades e instituições tendem a se reforçar mutuamente. No *moderno esquema de valor de controle*, a expansão da capacidade humana de controlar a natureza coloca-se no topo da hierarquia" (LACEY, 2008, p.164 itálico do original).

Como dito por Lacey (2008), o moderno esquema de valor do controle ou a valorização moderna do controle[35] (LACEY, 2010), levará a uma gama de outros valores, tais como: exercício do controle, buscas de implementação do controle, associação de instituições que fomentam o controle, além do que os produtos advindos da tecnologia serão considerados objetos de valor, por um determinado tempo (LACEY, 2008).

O controle serve para o entendimento prático. Para que haja controle de um objeto, o moderno esquema do valor do controle utiliza o entendimento científico que abstraia o objeto da prática e dos contextos da experiência vivida. Para Lacey (2008), "Os limites do controle possível serão inseparáveis dos limites desse entendimento" (LACEY, 2008, p.165).

Se o controle de um determinado objeto é efetivado pelo entendimento científico e se tal entendimento emprega categorias materialistas, como foi descrito anteriormente, então existe uma profunda afinidade eletiva[36] entre as estratégias materialistas e o exercício do controle da natureza.

---

[35] No livro "*Valores e atividade científica 1*" Lacey chama de "moderno esquema de valor do controle". Já no livro "*Valores e atividade científica 2*" o mesmo conceito é chamado de "valorização moderna do controle".

[36] O termo "afinidade eletiva" foi proposto inicialmente por Max Weber e Lacey o utiliza em outro contexto que será abordado mais adiante. (LACEY, 2008, p.100).

4.4.1 AS ESTRATÉGIAS MATERIALISTAS E O MODERNO ESQUEMA DE VALOR DO CONTROLE

> ***Tese 7****: Valores sociais podem constituir uma razão suficientemente forte para a adoção de um tipo particular de estratégia tendo em vista relações mutuamente reforçadoras que elas possam ter com valores sociais. Na prática, isso pode significar que se deve adotar estratégias segundo as quais as possibilidades valorizadas podem ser identificadas sistematicamente e os meios de realizá-las podem ser descobertos, ou que tenham o potencial de produzir resultados cujas aplicações podem promover os interesses definidos por esses valores. Tudo isso sujeito sempre à condição de que as estratégias sejam frutíferas e de que os resultados tenham sido obtidos de acordo com a imparcialidade, junto com o reconhecimento de que uma possibilidade não deixa de ser genuína por não poder ser estabelecida por uma estratégia particular. (LACEY, 2010, p. 28).*

De acordo com Lacey (2008) as estratégias materialistas e o moderno esquema de valor de controle têm histórias diferentes e cada qual possui características diferentes, uma não submetendo a outra. Isso pode ser entendido observando-se que nem toda teoria científica pode ser experimentada ou pertence aos fenômenos testáveis, não nos fornecendo ampla capacidade de controle. Por outro lado, não podemos dizer que todos os produtos tecnológicos advêm do entendimento científico da natureza. No mundo moderno existe uma dificuldade em separar as teorias que empregam as categorias materialistas da possibilidade de controle dos objetos, tornando-os tecnológicos.

Para Lacey, existe um reforço mútuo entre as estratégias materialistas e o valor do controle. Embora sejam valores diferentes, se identificam nos interesses. E, com isso, enfatiza que "O conhecimento (como se obtém na ciência) e a utilidade (vinculada ao moderno esquema de valor do controle) subsistem como valores tão distintos quanto, seguindo a analogia weberiana, Deus e a riqueza" (LACEY, 2008, p.166 nota 11). Não há como o moderno esquema de valor do controle existir se o mundo não for passível de ser controlado. Vejamos como se controla um objeto na visão do autor:

> Suponhamos que desejamos atuar sobre um objeto X, a fim de produzir um estado de coisas E, em que E é caracterizado sendo abstraído de seu lugar na experiência vivida e na vida prática. Então, precisamos identificar condições tais que, sendo dadas: 1) a ocorrência de E pode ser representada com uma função da aquisição de X de uma propriedade P; 2) podemos fazer que X adquira P por ação direta; 3) cada condição seja tal que i) sua ocorrência ou manutenção está ao alcance do poder humano direto, ou ii) pode ser controlada por um processo similar, mas independente daquele envolvido no controle de E, ou iii) temos boas razões para aceitar que ela permanece presente no contexto; 4) fato de que E seja uma função do que o corre a X possa refletir uma conexão regulada por leis (ou uma regularidade empírica) entre E e a realização de E por X, talvez mediada por várias conexões reguladas por leis, ou que o vir a ser P de X inicie um processo que, salvo outras intervenções, resultará em E. A ocorrência de E está dentro de nossa

> capacidade de controle, se houver objetos que nos seja permitido manipular de acordo com esses esquemas de controle. (LACEY, 2008, p.167-168)

Esse conjunto de condições se expande devido às estratégias materialistas, que produzem postulados regulados por leis, vinculados a ordem subjacente e pelo uso da indução, fazendo com que os objetos de sua investigação se tornem possíveis objetos de controle. Entretanto, um objeto só será passível de controle humano quando se puder "[...] produzir e manipular diretamente os eventos relevantes iniciais e nos assegurarmos de que as condições de contorno relevantes permaneçam imutáveis" (LACEY, 2008, p.169). Assim, a afinidade eletiva se dá de forma que os objetos de investigação selecionados pelas estratégias materialistas sejam idênticos aos objetos do moderno esquema de valor do controle que, por sua vez, atua dentro da esfera humana. Além de ser, no entendimento materialista, o que "[...] melhor contribui para intensificar nossa capacidade de exercer controle" (LACEY, 2008, p.170).

O controle pode ser exercido em diferentes tipos de práticas. Por exemplo, as práticas experimentais são práticas de controle, lugar que a pesquisa materialista obtém dados empíricos dos fenômenos observados. Dentro das práticas experimentais os fenômenos são descritos com categorias materialistas, com as condições de contorno em que os fenômenos ocorrem e no estabelecimento de condições iniciais (p.173). A expectativa da sociedade moderna, que manifesta o moderno esquema do valor do controle, é que o fenômeno saia das práticas experimentais para ser generalizado para outras práticas de controle, como as práticas tecnológicas ou mesmo para espaços naturais que não necessitem da intervenção do homem. Para Lacey (2008) essas generalizações são consideradas

> [...] cruciais para a aquisição do conhecimento adequado dos fenômenos em espaços naturais. Ao dizer isso não estou negando que esses fenômenos possam e (devam) ser aprendidos inicialmente pela observação e que a ordem em que estão dispostos seja captada até certo ponto – por meio de inferências indutivas" (LACEY, 2008, p.173).

Aqui, Lacey mostra seu caráter empirista e chega a concordar sobre as generalizações se caracterizarem pelo aspecto indutivo. Os fenômenos, para o autor, precisam ser caracterizados por categorias advindas das práticas experimentais e chega a concordar também com os que defendem que a essência da ciência moderna seja a experimental.

> O experimento, de certo modo, situa-se entre os espaços tecnológico e natural, proporcionando a ambos uma base para generalizações, um modelo do modo como as coisas são e um contexto para testes críticos. Assim como a tecnologia, o experimento é uma prática humana de controle. Assim como os fenômenos de alguns espaços naturais determinados, os fenômenos

> experimentais podem ser característica e convenientemente retratados como produtos da estrutura, processos e leis subjacentes. No experimento, alcançamos a identificação e a confirmação dos poderes da natureza dos quais podemos dispor para exercer controle sobre as coisas. (LACEY, 2008, p.174)

Podemos ver, portanto, uma dialética entre o entendimento científico moderno, que gera teorias, e o desenvolvimento tecnológico. Se, como já foi dito, as estratégias materialistas contribuem para o exercício do controle, temos que os desenvolvimentos teóricos necessitam de desenvolvimentos tecnológicos para uma melhor abrangência de fenômenos no espaço experimental, nos fornecendo acesso a fenômenos desconhecidos (LACEY, 2008). Dessa forma, a tecnologia faz parte da prática científica atual; mesmo sendo independentes, uma interfere na outra. Dessa forma, o desenvolvimento tecnológico auxilia na definição de novos problemas teóricos, dá acesso a fenômenos até então desconhecidos, promove instrumentos para investigação empírica e contribui para nossa capacidade de expandir o controle. Vemos, portanto, que o desenvolvimento tecnológico é interno à prática científica e não um mero produto da ciência.

Entretanto, Lacey salienta que a dialética entre a ciência e a tecnologia só pode acontecer em sociedades que manifestam, de forma intensa, o moderno esquema do valor do controle. Nas sociedades que manifestam tal valor, as instituições de poder (sociais, políticas e econômicas) se vinculam a valores como: propriedade privada, o livre-comércio, ação governamental reduzida, que, de acordo com Lacey (2008), refletem um ideal individualista do florescimento humano. Esses valores são expressões das sociedades neoliberais, em que a ciência é considerada propriedade intelectual.

Lacey (2008) faz uma reflexão importante dentro do contexto apresentado. Segundo o autor, quanto mais o moderno esquema de valor do controle se manifesta em alto grau, mais a sociedade fica permeada de produtos tecnológicos que, por sua vez, são explicados pelo entendimento materialista. De acordo com o autor, o valor do controle (ou a valorização moderna do controle) "[...] infiltra tão completamente essa interpretação que seus defensores não a enxergam, assumindo, sem reflexão, que ela representa valores universais" (LACEY, 2010, p. 113). Isso gera uma profunda contradição: o entendimento materialista exclui a vida prática, embora os produtos tecnológicos produzam mudanças na vida das pessoas e no ambiente.

Outra situação que alimenta a afinidade eletiva entre as estratégias materialistas e o moderno esquema de valor do controle é a metafísica materialista, que foi descrita anteriormente. Se o mundo é tal que todas as possibilidades são descritas pelas relações

materialistas, então as estratégias materialistas são abrangentes em não deixam nenhuma possibilidade de fora. Se não há outra possibilidade, essa metafísica reforça a adesão pelo entendimento materialista do mundo, o que por sua vez reforça o controle da natureza. Utilizando essa perspectiva, a própria natureza do mundo sustenta o controle e faz com que os objetos sejam vistos como possíveis objetos de controle. Assim, fica a ideia de que as estratégias materialistas são utilizadas por não haver outras opções, já que o entendimento do mundo só pode ser apreendido utilizando as descrições das categorias materialistas.

Para Lacey (2008) isso se constitui uma extrapolação de categorias bem estabelecidas da estratégia materialista que atua em um determinado espaço (empírico e tecnológico), para todos os fenômenos do mundo. Tanto a atividade científica quanto a vida prática estão pautadas no entendimento que é expresso em categorias intencionais e, portanto, não materialistas. Dessa forma, existe o valor de que o ser humano não pode ser considerado objeto de controle, porque são agentes, que atuam sobre algo e têm a capacidade de agir sobre objetos ou fenômenos. Para Lacey, não é nem necessário haver metafísica conjugada com a ciência, como fazem os empiristas (LACEY, 2008). O comprometimento da atividade científica está pautado nos valores e não em qualquer metafísica.

4.5 OS MOMENTOS E OS DIFERENTES PAPÉIS DOS VALORES NA ATIVIDADE CIENTÍFICA

> ***Tese 8****: O momento em que uma estratégia é adotada pode ser separado logicamente do momento em que se toma a decisão de aceitar ou rejeitar uma teoria (relativa a um domínio específico de fenômenos) construída segundo uma estratégia, de forma que o compromisso com a imparcialidade pode ser mantido no momento posterior, mesmo que valores sociais tenham papel legítimo no primeiro momento. Além disso, os valores sociais em jogo no primeiro momento podem ser os mesmos cuja promoção é servida em um terceiro momento, o da aplicação do conhecimento. (LACEY, 2010, p. 28-29)*

Se existe uma afinidade eletiva entre as estratégias materialistas e o moderno esquema de valor do controle, percebemos que a atividade científica está repleta de valores. Mas em quais níveis podemos observar os valores sociais e os cognitivos dentro da ciência? Existe uma concepção institucional na comunidade científica de que a ciência é livre de valores, composta de três teses: a imparcialidade, a neutralidade e a autonomia. Já discutimos a imparcialidade. Neste tópico discutiremos as teses da neutralidade e da autonomia, não deixando de mencionar a tese da imparcialidade e do envolvimento entre os valores sociais e os valores.

4.5.1 A NEUTRALIDADE NA ATIVIDADE CIENTÍFICA

A tese da neutralidade diz que na aceitação de teorias, não é considerada perspectiva de valor e que qualquer esquema de valor pode ser adotado, pois a prática científica é neutra. Vejamos como Lacey enuncia a tese da neutralidade em diferentes lugares:

> A neutralidade afirma que nenhum conjunto particular de valores é especialmente bem servido por uma teoria cientifica aceita: uma teoria não tem consequências lógicas concernentes aos valores que são sustentados por uma pessoa ou comunidade; e, em princípio, pode ser aplicada na prática independentemente dos valores que são sustentados (LACEY, 2008, p. 15).

> A neutralidade é uma tese sobre as consequências das teorias científicas. Numa primeira aproximação, e segundo uma de suas possíveis interpretações [...] a neutralidade afirma que uma teoria poderia ser aplicada, *em princípio*, a práticas pertinentes a qualquer perspectiva de valor e não serve de modo especial aos interesses de nenhuma perspectiva de valor particular (LACEY, 2008, p. 20, itálico do original).

> A neutralidade pressupõe, primeiro, que as teorias científicas não implicam logicamente que quaisquer valores particulares devam ser adotados; segundo, que o conjunto de teorias corretamente aceitas deixa em aberto um domínio de perspectivas de valor viáveis (LACEY, 2010, p. 42).

> Neutralidade: exceto no caso de uma proposição teórica bem confirmada contradizer uma pressuposição de uma perspectiva de valor (ou cultural), as proposições científicas nem sustentam nem solapam qualquer perspectiva de valor e – em princípio – podem ser aplicadas em qualquer uma delas. (LACEY, 2008, p. 102).

> [...] a neutralidade, a tese de que a ciência não privilegia qualquer valor social particular – de que teorias científicas devem exibir *neutralidade cognitiva*: juízos de valor social não fazem parte de suas implicações lógicas; e *neutralidade aplicada*: quando aplicadas, elas devem em princípio informar equitativamente os interesses de uma ampla gama de valores. (LACEY, 2010, p.104-105, itálico do original).

> A neutralidade estabelece que as teorias não implicam nenhum enunciado sobre valores e, em princípio, podem ser adotadas em práticas realizadas no interior de qualquer esquema de valor; além disso, a aceitação de uma teoria não tem nenhuma implicação para os valores fundamentais adotados (LACEY, 2008, p. 180).

> [...] neutralidade: as teorias aceitas são disponíveis para aplicação em qualquer estrutura avaliativa (LACEY, 2008, p. 192).

Não há como haver neutralidade sem a imparcialidade. A imparcialidade, como já foi dito, diz que uma teoria corretamente aceita deverá manifestar somente valores cognitivos em alto grau e que os outros valores não podem estar presentes na avaliação da teoria. Já dissemos, no tópico sobre imparcialidade, que os valores desempenham, sim, seus papéis na

atividade científica; entretanto, estão logicamente separados. De acordo com Lacey (2010) "a imparcialidade é claramente necessária para a neutralidade, mas não é suficiente" (LACEY, 2010, p. 43). Se os valores desempenham algum papel na escolha de teorias, então a atividade científica não pode ser neutra (LACEY, 2008).

Tanto a imparcialidade quanto a neutralidade são viáveis para Lacey. Entretanto a imparcialidade, na maioria dos casos, está presente na atividade científica, o que explica o sucesso tecnológico. Já a neutralidade não tem sido totalmente manifestada, pois as mesmas práticas que produzem teorias de acordo com a imparcialidade estão ligadas a valorização moderna do controle, não considerando outras perspectivas de valor viáveis[37].

Vimos anteriormente que o entendimento está ligado a questões sobre "o que é?"; "por que" uma determinada coisa ou objeto é o que é?; o que é possível? ("como?"). A primeira está ligada ao conhecimento das condições e propriedades e as duas últimas estão ligadas ao contexto e interesses de quem produz a teoria. Dessa forma, diferentes respostas podem ser fornecidas para as mesmas perguntas. Vejamos dois casos que Lacey (2008) exemplifica, o caso da semente como objeto quantificável e como objeto que participa de processos sociais.

No caso do entendimento moderno, que excluí o objeto estudado da vida prática e dos contextos sociais a pergunta "o que é?", para o caso da semente, pode ser respondida como sendo um objeto de experiência/experimentação que pode ser manipulada e gerar fenômenos até então desconhecidos com a tecnologia genética. Tais manipulações geram resultados, como aumento do rendimento, caso o cultivo esteja em condições específicas e adequadas. Sendo a pesquisa orientada pelas estratégias materialistas, utilizam o corpo de conhecimento já aceito como os conhecimentos físicos, químicos e da bioquímica. Além disso, é necessário o uso de variáveis quantificáveis para a investigação dos rendimentos, como o uso do fertilizante adequado; introdução de pesticidas e inseticidas; a quantidade de água necessária; a tecnologia das máquinas de produção e cultivo; diferentes variedades de sementes; etc. Dessa forma, é possível um aumento do rendimento se consideradas essas condições de contorno fornecidas pela experiência.

No caso de ver a semente como objeto que traz consequências sociais, podemos considerar que o aumento de rendimento faz com que a semente vire um produto especial para

---

[37] De acordo com o autor, uma perspectiva de valor é viável se "[...] suas pressuposições são consistentes com o conhecimento científico corretamente aceito. A viabilidade é uma condição necessária para a adoção racional de uma perspectiva de valor" (LACEY, 2010, p. 36).

as empresas capitalistas. Da abstração da vida prática do laboratório ou de regiões de estudo para generalização do contexto prático, a semente gera mais rendimentos para empresas e é produzida, intensamente, várias vezes no ano, mudando as condições sociais que eram conseguidas quando produzidas em colheitas com saberes locais (LACEY, 2008). Esse tipo de pesquisa, chamada de revolução verde, altera os arranjos sociais já estabelecidos e traz sérias consequências socioambientais. Essa pesquisa é conduzida pelas estratégias materialistas que tem afinidade com o moderno esquema do valor de controle, cujo objetivo se diz intensificar o florescimento humano (LACEY, 2008). Entretanto, em outras perspectivas, tais como as dos ambientalistas, as dos movimentos populares, etc. esses tipos de pesquisas só levam em conta rendimentos e lucro, além da manifestação do valor social da propriedade individual. Com o aumento das áreas de cultivo, temos fortes exportações nacionais que deixam o solo esgotado e improdutivo, além fomentar campos com pragas. Mas, como abordado anteriormente, os que aderem ao moderno esquema de valor de controle contam que posteriores desenvolvimentos teóricos e tecnológicos poderão reverter esses danos, além de entenderem que transformações sociais advindas de implementações tecnológicas são necessárias com vistas ao chamado "progresso" ou "desenvolvimento" (LACEY, 2008).

Para que haja realmente a neutralidade, outras perspectivas de valor além da valorização moderna de controle devem ser adotadas e outras estratégias que não a materialista/ descontextualizada deveriam conduzir as pesquisas. Entretanto, o problema pode ser mais complexo, quando existe a impossibilidade de realizar conjuntamente duas abordagens diferentes. Lacey exemplifica que "[...] a implementação, em uma escala significativa, de uma agricultura informada pela biotecnologia tende a solapar as condições para a agroecologia e vice-versa" (LACEY, 2010, p. 50). Pesquisas em diferentes abordagens podem ser incompatíveis. Esse tipo de problema pode colocar obstáculos à neutralidade (no caso neutralidade aplicada), embora continue a preservar a imparcialidade.

4.5.2 A AUTONOMIA NA ATIVIDADE CIENTÍFICA

A autonomia na atividade científica, de acordo com Lacey (2010) pressupõe a distinção entre pesquisa básica e aplicada. A autonomia se refere à pesquisa básica realizada em instituições autônomas, cujo interesse é a manutenção da imparcialidade e da neutralidade. Vejamos como Lacey define a autonomia em diferentes partes do livro:

> A autonomia afirma que as práticas científicas são guiadas para o objetivo de obter teorias que satisfaçam aos requisitos de imparcialidade e neutralidade e, portanto, que elas procedam melhor se não estão sujeitas a "influencias externas" (LACEY, 2008, p. 15-16).
>
> [...] a autonomia, [diz respeito] às características da metodologia científica e do direcionamento da pesquisa (LACEY, 2010, p. 16).
>
> Autonomia: as agendas da pesquisa científica tendem a refletir o interesse da comunidade científica no estabelecimento de mais e melhores proposições sobre quais teorias manifestam os valores cognitivos em grau elevado, bem como na descoberta de novos fenômenos que favoreçam tal interesse (LACEY, 2008, p.102).
>
> A autonomia afirma que as agendas da investigação científica são adaptadas e institucionalizadas pelo interesse em produzir teorias que manifestem imparcialidade e neutralidade e em descobrir novos fenômenos que favoreçam esse interesse (LACEY, 2008, p.180).
>
> [...] autonomia: a dedicação à ciência é moldada pelo objetivo de obter teorias que gradativamente expandem nosso entendimento da realidade e que satisfazem os requisitos de imparcialidade e neutralidade (LACEY, 2008, p. 192).

Os valores desempenham papel na adoção da estratégia, que refletem os interesses em se produzir ou desenvolver uma teoria. Depois de desenvolvida, a teoria é submetida à avaliação e sua aceitação depende de valores exclusivamente cognitivos em algo grau, mostrando ser a imparcialidade um ideal factível. Entretanto, se existem estratégias que selecionam e restringem as teorias que serão submetidas posteriormente a rigorosos padrões de avaliação, então não poderá haver autonomia na atividade científica, já que valores interferem na estratégia adotada (LACEY, 2008).

Na autonomia, a comunidade científica e as instituições de pesquisa focam no entendimento e produção de novos fenômenos da ordem subjacente. Contudo, podemos ver que uma parte considerável da pesquisa atual leva em conta o interesse em produzir fenômenos que auxiliem de algum modo instituições não científicas, tais como as Forças Armadas, indústrias eletrônicas e farmacêuticas e empresas agrícolas (LACEY, 2008). Nas palavras de Lacey (2008),

> [...] o interesse na descoberta da maioria desses fenômenos e, consequentemente, a orientação assumida pela pesquisa, são decorrentes não da contribuição que possam proporcionar a pesquisa fundamental, mas dos valores e interesses de poderosas instituições (LACEY, 2008, p.104 e 105).

A autonomia não pode direcionar a investigação científica se ela tem por base a garantia de que as pesquisas tenham imparcialidade e neutralidade, ou seja, apenas o uso de valores

cognitivos. A autonomia não aponta o domínio de fenômenos a serem pesquisados e nem as categorias para a descrição e análise dos dados empíricos. Esse é o papel da estratégia adotada, como foi falado anteriormente. A estratégia está intimamente relacionada a valores externos, a interesses e determinadas prioridades. Se existe a estratégia proposta por Lacey, a autonomia não poderá ser viável.

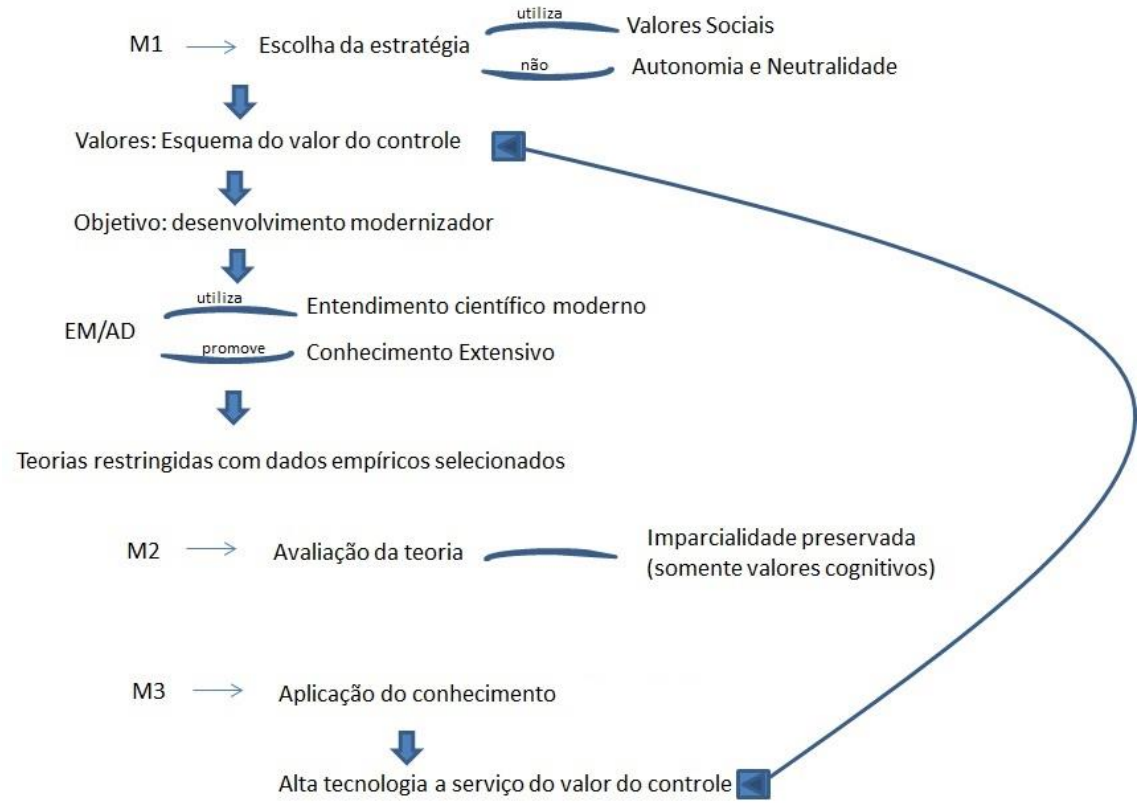
4.5.3 OS DIFERENTES NÍVEIS DOS VALORES NA ATIVIDADE CIENTÍFICA

Já que vimos tanto os valores sociais quanto os valores cognitivos na atividade científica, importa entender seus níveis de atuação na ciência. Dissemos, anteriormente, que não é possível misturar os valores cognitivos e os sociais, por terem papéis logicamente diferentes na escolha de teorias. Para uma teoria ser avaliada corretamente e ser agregada ao corpo de conhecimento aceito, ela precisa expressar valores cognitivos em alto grau, o que demostra ser a imparcialidade um ideal factível. Mas qual o papel das estratégias, no caso moderno, as estratégias de restrição e seleção?

Para Lacey (2010) existem três momentos na atividade científica, ver Figura 3, distintos no ponto de vista lógico e não necessariamente no temporal:

- M_1: o primeiro momento diz respeito ao direcionamento da pesquisa, as prioridades e metodologias;
- M_2: avaliação das teorias científicas vem no segundo momento da atividade científica. Nesse momento apenas os valores cognitivos deverão estar presentes para uma correta avaliação da teoria;
- M_3: é o momento que o conhecimento científico é aplicado. É o momento que pressupõe que a avaliação em M_2 da teoria foi positiva.

Figura 3: Momentos da tecnociência atual.



Fonte: Elaboração própria baseado em Lacey (2008, 2010).

Na Figura 3, o primeiro nível de seleção de teorias são as que envolvem a estratégia adotada, no caso da ciência moderna, as estratégias de restrição e seleção que excluem teorias que não se ajustam às restrições estabelecidas pela estratégia. Depois de restringidas em um dado domínio de fenômenos, existem teorias que, mesmo se ajustando a restrições, são incompatíveis entre si. Dessa forma, não há como as estratégias de restrição e seleção determinarem a teoria a ser aceita. É necessário outro nível de seleção para teorias, em que os valores cognitivos e outras teorias já aceitas sejam responsáveis pela decisão. Nesse segundo nível, valores sociais não entram, senão a teoria não foi corretamente aceita.

As estratégias de restrição e seleção, valor social, serão adotadas pelo interesse das possibilidades de sintetizar teorias mediante a estratégia. A estratégia vai traçar características sobre tais possibilidades, estruturando a investigação, embora não ofereça garantia de busca bem-sucedida. Já uma teoria que seja corretamente aceita, sintetizará possibilidades concretamente identificadas (LACEY, 2008).

> Alguém poderia, então, adotar estratégias de restrição e seleção em virtude das relações que mantém com seus valores pessoais [...]. Isso não significa [...] que essa pessoa não leva em consideração teorias que não se ajustam aquelas estratégias porque acredita que estas sejam falsas, mas sim porque

> não se proveem meios para identificar as possibilidades de seu interesse. [...]. Nem todas as estratégias são semelhantes à estratégia materialista [...]. O fracasso persistente em desenvolver teorias que manifestem os valores cognitivos num grau elevado, mediante estratégias é (*ceteris paribus*) uma razão decisiva para abandonar essas estratégias. Portanto, a adoção de estratégias não está somente vinculada dialeticamente aos valores, mas também está sujeita a restrições empíricas que se aplicam a longo prazo (LACEY, 2008, p.114 e 115).

Nesta citação podemos fazer várias considerações interessantes. Em primeiro lugar temos a adoção de uma estratégia que pode ser escolhida em virtude de valores pessoais, de interesse do pesquisador, ou mesmo em determinação a instituições de financiamento que designam grande verba para certa linha específica. Dessa forma, o cientista poderá ser inclinado a fazer pesquisas em uma área que terá melhores oportunidades de financiamento e que deverá utilizar um determinado tipo de estratégia, o que mostra os valores sociais e pessoais presentes na atividade científica. Em segundo lugar, pode-se adotar diferentes estratégias para seleção e restrição de dados empíricos que não sejam as materialistas, entretanto é necessário que a teoria selecionada e restringida manifeste valores cognitivos em alto grau para ser bem avaliada e, consequentemente, aceita.

Para o materialismo científico tradicional só haveria entrada de outros valores que não sejam os valores cognitivos em M3 devido à aplicação do conhecimento aceito. Entretanto, ainda insistem na existência de uma neutralidade aplicada, pois que, acreditam eles, podemos utilizar o entendimento científico fundamentado tanto para o bem quanto para o mal (LACEY, 2010, p. 106). Esse entendimento é devido ao valor social do controle, que está presente na maioria da população sem que os defensores da ideia de neutralidade aplicada percebam que a valorização moderna do controle esteja profundamente infiltrada em seus valores (ver Lacey, 2010, p. 113). Dessa forma, não veem outras possibilidades que não sejam as estratégias materialistas, e o entendimento advindo de suas metodologias, a única explicação da realidade ou "ciência *per se*".

Dessa forma, tanto em M_1 quanto em M_3 a neutralidade não pode existir, ou seja, nem a autonomia ou mesmo a neutralidade aplicada. As teorias aceitas em M_2 segundo a imparcialidade foram desenvolvidas de acordo com uma estratégia contida em M_1, pois explicam os fenômenos apenas em certo domínio limitado pelos "[...] valores que motivaram a adoção da estratégia" (LACEY, 2010, p.116). E em M_3 também não pode haver a neutralidade aplicada, pois as possibilidades sintetizadas pelas teorias estarão a serviço das perspectivas de valor ligadas à adoção das estratégias em M_1.

Queremos abrir um parêntese e colocar os momentos de outra maneira, que chamaremos de 5 momentos de Lacey, descritos em Lacey e Mariconda (2014). Na nossa visão, os momentos já apresentados - os 3 momentos - não se perdem com a reflexão dos 5 momentos que serão discutidos a seguir, mostrando a evolução das ideias do autor:

M_1' – da adoção da estratégia da pesquisa;

M_2' – do empreendimento da pesquisa;

M_3' – da avaliação cognitiva das teorias e hipóteses;

M_4' – da disseminação dos resultados científicos;

M_5' – da aplicação do conhecimento científico. (LACEY & MARICONDA, 2014, p. 645)

Colocamos essas cinco etapas com o caractere (') para distinguir dos três momentos já ressaltados sobre a atividade científica.

Em M_1' Temos o momento da adoção da estratégia para um dado domínio de fenômenos, que está intimamente ligada a uma perspectiva de valor. Dado o ideal da abrangência[38], sustentado pela tradição científica moderna, cabe ao cientista a escolha de fenômenos a serem investigados para esse domínio. Para cada domínio a ser investigado uma estratégia diferente deve ser adotada:

> Precisamos também de um tipo de estratégia para investigar as estruturas dos genomas das plantas, e de outro tipo de estratégia para as possibilidades dos agroecossistemas sustentáveis, um tipo de estratégia para obter conhecimento que contribui para a geração de inovações e outros tipos diferentes para a investigação dos riscos do uso das inovações, ou ainda, tipos de estratégias diferentes para a investigação do tratamento e da prevenção de doenças etc. (LACEY & MARICONDA, 2014, p. 646)

Esse domínio ligado a perspectivas de valores é bastante amplo e o caminho a ser perseguido, após a escolha da estratégia durante o processo de pesquisa, dependerá do cientista.

No momento do empreendimento da pesquisa, em M_2', os valores também representam papel legítimo na seleção dos objetos/fenômenos particulares de pesquisa imediata, do

[38] Em Lacey e Mariconda (2014) o ideal da abrangência pode ser compreendido como: "Em princípio, qualquer objeto/fenômeno do mundo – inclusive os fenômenos de importância no mundo da vida (e hipóteses sobre eles) e, portanto, fenômenos e objetos descobertos, produzidos ou propostos no curso de operações experimentais e de mensuração – pode ser submetido à pesquisa científica, com a esperança (pelo menos a longo prazo) de que ele pertença a um domínio para o qual uma teoria tornar-se-á aceita de acordo com a imparcialidade (LACEY & MARICONDA, 2014, p. 647).

domínio geral de fenômenos escolhido em M_1' (LACEY & MARICONDA, 2014). Nesse momento, os comitês de ética atuam para observância dos direitos humanos e dos códigos de ética, para manutenção de condições favoráveis para a aceitação da teoria de acordo com a imparcialidade. Dessa forma, ainda em M_2', há restrições de teorias e seleções de dados empíricos para esse domínio de fenômenos escolhido em M_1'. Aqui também há um tipo de avaliação que não incorpora somente valores cognitivos, sendo os dados empíricos endossados por valores éticos e sociais muitas vezes decididos urgentemente. Entretanto, não existe papel legítimo desses valores ao lado dos valores cognitivos e, mesmo que haja essa avaliação de qual teoria deve ser aceita por avaliação ética e social, ainda não poderá se juntar ao corpo de conhecimentos aceitos de acordo com a imparcialidade. É uma aceitação momentânea, já que os resultados de uma atividade de pesquisa estão sujeitas a condições sociais, políticas e econômicas em que os investigadores têm seus objetivos e motivações próprias para endossar uma teoria (LACEY & MARICONDA, 2014).

> Na etapa M_2' [39] a teoria T é adotada, desenvolvida, transformada e submetida a teste sob uma estratégia S, a qual é em parte adotada por causa de suas relações mutuamente reforçadoras com {V}[perspectiva de valor adotada] e (algumas vezes) em virtude da expectativa de que as aplicações de T na etapa M_5' serão significativas para os interesses que refletem {V} (LACEY & MARICONDA, 2014, p. 648).

Na etapa M_3' somente os valores cognitivos são conclusivos para a obtenção de uma avaliação imparcial e objetiva para um dado domínio de fenômentos. Uma teoria será aceita dentro de um corpo de conhecimentos bem estabelecidos se: i) A teoria manifesta valores cognitivos em alto grau, em comparação com as teorias rivais, em que seus dados empíricos são relevantes e suficientes para explicação dos fenômenos de um dado domínio e ii) uma teoria T_1 poderá ser rejeitada por outra teoria T_2, ambas incompatíveis entre si, em que T_2 manifeste valores cognitivos em maior grau que T_1 para um mesmo domínio de fenômenos. Aceitar T de acordo com a imparcialidade é ter o juízo de que por hora não é necessário ser feito mais nenhum teste e que os dados empíricos são suficientes para compreensão do domínio específico. Se T é uma teoria do tipo universal, tal como a mecânica quântica, a física newtoniana ou a relatividade, deve-se sempre utilizar T_D (Teoria para um domínio), pois é independente do domínio de aplicação "[...] uma vez que T fica aberta à rejeição quando se

[39] O caractere (') não está no original. Atribuímos esse caractere para diferenciar dos outros momentos da pesquisa atribuídos por Hugh Lacey.

realiza mais investigação de fenômenos que não pertencem ao domínio D" (LACEY & MARICONDA, 2014, p.646).

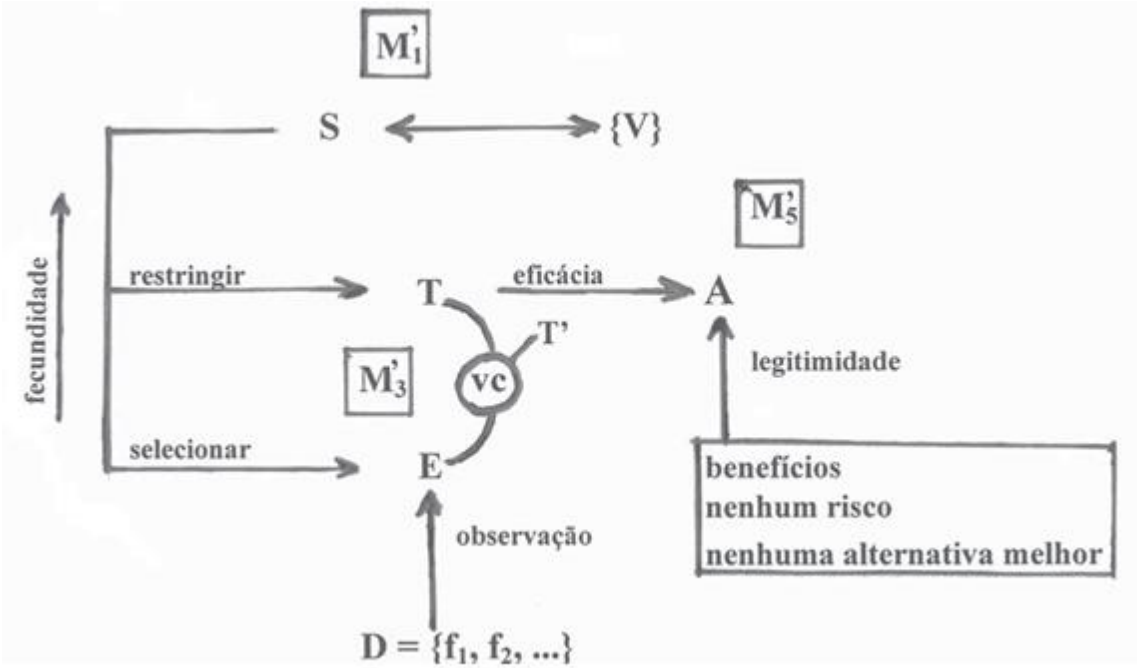
Em M_4', temos o meio de comunicação interna à ciência por meio de revistas especializadas, em que valores sociais e éticos são legitimamente utilizadados para a disseminação dos resultados de uma pesquisa para formação de pesquisadores ou mesmo para impulsionar mais pesquisas, além da divulgação para o público em geral. Lacey e Mariconda (2014) chamam atenção para casos em que resultados científicos são mantidos em sigilo devido a fins militares ou comerciais, mostrando que os valores permanecem nesse momento.

Já em M_5', os autores afirmam que valores sociais e éticos estão profundamente arraigados na aplicação dos conhecimentos, pois a aplicação se refere à ação e toda ação é intencional. Uma teoria, quando aplicada, mostra sua eficácia e o sucesso da avaliação da teoria de acordo com a imparcialidade. Entretanto, a aplicação geralmente reflete os mesmos valores da estratégia adotada em M_1' e a eficácia de uma teoria aplicada não garante sua legitimidade. A legitimidade envolve considerações sobre riscos, alternativas, benefícios, entre outras considerações valorativas que a teoria direcionada por uma dada estratégia não tem condições de explicar. A neutralidade aplicada não pode existir nesse momento e a autonomia é invalidada pela estratégia orientadora da pesquisa.

Note que apenas em M_3' os valores cognitivos atuam separadamente de outras perspectivas de valor, preservando o ideal da imparcialidade, que mantém uma neutralidade cognitiva, embora a autonomia também não possa ser afirmada, pois a teoria foi direcionada anteriormente por uma estratégia.

Nossa interpretação para que Lacey mude de três momentos para cinco momentos seria para explicar com maior profundidade a atividade científica e os papeis desempenhados por diferentes atores, separando o que compete ao cientista, principalmente em M_2'. Acreditamos que M_1, o papel das estratégias, foi destrinchado em M_1', M_2' e M_4'. Perceba que M_2 foi mantido em M_3', que se constitui o momento da avaliação imparcial das teorias de um dado domínio. Também vemos que em M_3 e M_5' se trata dos valores do contexto da aplicação. Essa variação dos momentos mostra a evolução do pensamento do autor.

Figura 4: Os cinco momentos da atividade científica.



Fonte: Adaptado de Lacey e Mariconda (2014)

Veja agora a Figura 4, que trata sobre esses cinco momentos descritos. Observe que aparecem na figura apenas os três momentos principais, no qual se pode reduzir aos primeiros três momentos em que iniciamos a seção. Nessa figura, está contida a eficácia já mencionada anteriormente, embora a legitimidade será melhor enfatizada com outros conceitos a seguir.

4.6 FILOSOFIA ENGAJADA COM O BEM-ESTAR SOCIAL

> ***Tese 9****: Tão forte é a preponderância das estratégias materialistas na ciência moderna que frequentemente não se percebe que pode haver possibilidades em certos domínios de fenômenos (por exemplo, na agricultura) que tem interesse quando a valorização moderna de controle é contestada, mas que não podem ser reveladas por estratégias materialistas, mas sim por outros tipos de estratégia (por exemplo, estratégias agroecológicas) (LACEY, 2010, p.29).*

> ***Tese 10****: O objetivo da ciência é bem servido pela institucionalização das práticas científicas sempre que uma pluralidade de estratégias, associadas respectivamente a diferentes valores sociais, possa ser ativamente adotada. Isso também tornaria possível uma maior manifestação da neutralidade, faria com que mais atenção fosse dada a questões de valor suscitadas por aplicações, e – acima de tudo – promoveria o fortalecimento de instituições de participação democrática (LACEY, 2010, p. 30).*

Lacey não somente observa e descreve como ele vê a ciência, dando riqueza de detalhes e construindo uma filosofia que explica a tecnociência atual, mas vai além. Ele se compromete com uma forma de ver o mundo científico e tecnológico que esteja engajado em resolver problemas sociais prioritários. Seu foco é nos países subdesenvolvidos, já que considera ser ainda possível, nesses países, associar um entendimento científico que seja mais abrangente do que as estratégias materialistas; e que esteja ligada a outras práticas sociais que não seja a do controle baconiano da Natureza.

Com isso ele lança a pergunta: "Como deve a ciência ser conduzida para promover o bem-estar humano?" (LACEY, 2010, p. 121). A pergunta já contém em si o direcionamento para resposta, fornecendo uma característica de complexidade, ao mesmo tempo em que implica o lugar em que nos encontramos, de mal-estar ou de um bem-estar restrito, manifestando urgência para promoção de um direito que deveria ser de todos.

4.6.1 TESES ADICIONAIS DE HUGH LACEY

Na tentativa de responder à pergunta acima, o autor afirma que a "[...] dimensão fundamental do bem-estar humano é o exercício cultivado e efetivo da capacidade de agir" (LACEY, 2010, p. 121). Essa afirmação gera profundas reflexões, pois uma pessoa age de acordo com seus valores (desejos, convicções, crenças, etc.) tanto os valores que manifestam quanto os valores que aspiram manifestar. É necessário o entendimento desses valores para compreender o que seria o bem-estar de cada pessoa ou grupo de pessoas, levando em conta a variação de um determinado conjunto de valores em diferentes regiões. Tais aspectos se mostram complexos e Lacey (2010) defende a necessidade de investigações sociais a esse respeito, com o objetivo de escolher diferentes tipos de estratégias para promover o bem-estar humano.

Para Lacey (2010) existe uma unidade entre as ciências naturais e as ciências sociais[40]. Na tese suplementar que diz: "***Tese 1***: há uma unidade profunda entre as ciências naturais e as ciências sociais, baseada na sua reciprocidade" (LACEY, 2010, p. 123, negrito no original). Com essa tese Lacey defende que, para reestruturação da ciência com vistas ao bem-estar humano, é necessária uma interação entre atividades científicas naturais e sociais. É a questão

[40] Lacey descreve e argumenta essa unidade tanto em "*Valores e atividade científica 1*", no Capítulo 7, quanto no Capítulo 3 de "*Valores e atividade científica 2*"

de que os avanços e aplicações da ciência e da tecnologia influenciam a sociedade, ampliando e modificando, ou mesmo criando novos comportamentos nas pessoas. Entretanto, dependendo das condições materiais e a ampla gama de estratégias desejáveis que podem ou não ser incompatíveis, a escolha de estratégias tende a ser um problema prioritário que demanda decisões democráticas

Na reestruturação da atividade científica, o que se deve ter em jogo, de acordo com Lacey, é a participação de várias estratégias, inclusive as estratégias materialistas de restrição e seleção. As estratégias materialistas devem, inclusive, ser mantidas por ocuparem uma posição importante, devido às sintetizações de possibilidades materiais dos fenômenos. No entanto, o uso quase exclusivo dessas estratégias dificulta a manifestação da neutralidade na aplicação e impossibilita se voltar para problemas prioritários que envolvem a legitimidade da pesquisa. Daí a necessidade de estratégias que vinculem as ciências sociais ou estratégias que não sejam reducionistas, já que:

> No mundo da vida, os agentes humanos podem explorar, avaliar e deliberar sobre as possibilidades futuras e contribuir causalmente para quais delas serão realizadas, e (caracteristicamente) as suas ações são explicadas em termos de suas crenças, deliberações, fins, desejos, valores e outros estados intencionais, todos os quais são ininteligíveis quando separados das instituições e dos ecossistemas que são os constituintes principais de suas situações sócio-históricas (LACEY & MARICONDA, 2014, p. 644).

Lacey (2010) exemplifica que as sementes que são produzidas devido às técnicas da engenharia genética, que utiliza estratégias materialistas, são consideradas mercadorias e, portanto, deverão ser estudadas pelas ciências sociais tendo em vista compreender todas as possibilidades, tais como os efeitos sociais provenientes da semente, os possíveis malefícios e benefícios tanto em termos sociais e ambientais quanto a respeito dos impactos na saúde humana.

A utilização de diferentes estratégias é defendida pelo autor e chama atenção para mais três teses adicionais: Tese 2, 3 e 4 (LACEY, 2010, p. 124-126). A tese adicional 2 diz que os conhecimentos científicos produzidos por diferentes estratégias, em que são escolhidas em M_1 devido a um determinado conjunto de valores e que podem ser aplicadas em M_3 a serviço do interesse desses mesmos valores, embora tal conhecimento só possa ser bem confirmado se, e somente se, em M_2 apenas valores cognitivos sejam manifestados.

A terceira tese adicional se refere à escolha de estratégias por parte dos cientistas, que devem reconhecer que existem limitações na elaboração de teorias produzidas em uma atividade intencional. Muitas vezes os cientistas se enganam quando acreditam ser a atividade

científica *per se*. Dessa forma, Lacey defende que um cientista verá essa limitação por meio do autoconhecimento, tendo a consciência dos motivos provenientes dos valores para a adoção das estratégias.

A quarta tese adicional leva em conta a participação democrática. Não somente o cientista deverá compreender as limitações na adoção de uma estratégia e na elaboração de teorias; os resultados da atividade científica afetam a vida social de forma geral e os cidadãos devem participar orientando e vigiando para que a tecnociência esteja a serviço do bem-estar humano.

O bem-estar de uma determinada sociedade está intimamente ligado à noção de desenvolvimento. Nas sociedades capitalistas o conceito de desenvolvimento está direcionado ao bem-estar de uma minoria. Entretanto, nem mesmo para a minoria o bem-estar está garantido, devido às degradações ambientais e efeitos colaterais decorrentes da tecnociência.

4.6.2 DESENVOLVIMENTO

Tendo em vista a exploração de alternativas mais abrangentes, Lacey lança mão de conceitos como Desenvolvimento e Ciência, pois dependendo dos valores sociais ou individuais adotados, esses conceitos ganham entendimentos diferentes.

O conceito de desenvolvimento, na sociedade capitalista regida pela democracia formal, é representado como um ideal moral que proporciona a liberdade individual e a superação da pobreza (LACEY, 2008, p. 190). Em tal sociedade, quanto maior o "desenvolvimento" mais qualidade de vida e maior poder individual se tem. Essas interpretações do desenvolvimento são contestadas, segundo o autor, por abstraírem a identidade individual da cultural, pelo valor da autonomia (termo mais inclinado para o individualismo) ser maior que o valor da solidariedade, etc. (LACEY, 2008). Para Lacey, o fato de contestar o "desenvolvimento" é

> [...] provavelmente inevitável no presente momento: por um lado, a aspiração a compartilhar de um modo de vida característico das sociedades industriais avançadas é obviamente sedutora; mas por outro lado, suas instituições são (e provavelmente permanecerão) implicadas nos sofrimentos profundos e multidimensionais de talvez a maioria da população nos países empobrecidos (LACEY, 2008, p. 191).

A ciência moderna se constitui como tendo produtos e formada por instituições. Vejamos, primeiramente, os produtos da ciência moderna, que podem ser tanto teorias quanto técnicas. No caso das teorias, são formadas, como já foi dito em outros tópicos, como sendo a representação das estruturas, processos e leis subjacentes relativos aos fenômenos de um dado

domínio e a sintetização das possibilidades materiais desses fenômenos. Num segundo aspecto, essas leis contribuem para que estas possibilidades possam sair do espaço empírico do laboratório e se efetivarem como objetos sociais, principalmente tecnológicos, derivados da técnica, originando possibilidades até então irrealizáveis. Tudo isso em espaços considerados como instituição da ciência, tais como: departamentos universitários, institutos de pesquisa e laboratórios de empresas, nos quais, frequentemente, "[...] se assume que a ciência *é* o que se faz nestas instituições, e que um item de conhecimento não pode ser apropriadamente chamado de "científico" se não for um produto delas" (LACEY, 2008, p. 192 itálicos do original). É válido lembrar que tais instituições científicas são guiadas pelo ideal de que a ciência é livre de valores, sendo considerada imparcial, neutra e autônoma.

Falamos até agora das teses defendidas de que a ciência é livre de valores e dos ideais da autonomia, neutralidade e imparcialidade na atividade científica. Todas elas foram contestadas e postas a prova por Lacey (2008) separadamente, sendo a imparcialidade um ideal factível para a escolha de teorias. Para tanto, ele apresenta conceitos com diferentes nomes, mas em um mesmo contexto, como será explicado mais adiante. É o caso do conhecimento extensivo e do conhecimento completo.

4.6.3 Conhecimento extensivo e conhecimento completo

Conhecimento extensivo pode ser concebido como o conhecimento informado pela prática científica atual, cujas características são as mesmas da estratégia materialista de restrição e seleção, nas quais o entendimento científico descreve a estrutura, os processos e as leis subjacentes aos fenômenos, em espaços experimentais, fora do contexto humano, social e ecológico. As categorias utilizadas são as materialistas, advindas dos conhecimentos da física, química e biologia. Além disso, esse conhecimento extensivo sintetiza as possíveis aplicabilidades em diversos espaços que não seja somente experimental, mas tecnológicos e naturais (LACEY, 2008, p. 192 e 193).

Conhecimento completo é derivado da tradição aristotélica em que as condições de contorno levam em conta os espaços humanos, contextos culturais e suas consequências ecológicas. O conhecimento abrange todas as dimensões que os fenômenos possam se apresentar, bem como suas particularidades. "O entendimento completo não abstrai a ciência nem da sociologia e da ecologia, nem das práticas e instituições que geram a ciência" (LACEY, 2008, p. 194).

Todavia, Lacey coloca em questão se realmente há a possibilidade de o conhecimento extensivo existir fora dos contextos em que o conhecimento completo é empregado. Ora, mesmo havendo tanto o conhecimento extensivo quanto o completo nas instituições científicas, o extensivo é o adotado.

Vejamos como os valores entram no conhecimento extensivo e no completo. O conhecimento extensivo manifesta a imparcialidade em alto grau e alguns princípios são descritos da melhor maneira por esse entendimento em espaços fechados, mas não de forma completa em espaços abertos, na Natureza em geral. Dessa forma, podemos dizer que existe uma neutralidade limitada, pois esse conhecimento pode ser aplicado em alguns contextos sociais diferentes do contexto social da descoberta. Observemos que o conceito de neutralidade diz que não importa o contexto de valor social. Os produtos e subprodutos advindos do entendimento científico produzido poderão ser aplicados em qualquer sistema de valor. Entretanto, a neutralidade parece ser integral se observarmos ser o controle da natureza um valor preeminente e universal na sociedade moderna, havendo a confusão de tomar a neutralidade limitada pela neutralidade não qualificada (LACEY, 2008, p. 195). O que se pode tirar disso é que não podemos compreender a Natureza tal como ela é, lançando mão do conhecimento extensivo, já que este só proporciona um conhecimento devido uma dada interação particular. Essa interação particular combina, como já foi dito, com o valor social universal do controle, sendo uma forma "[...] de entendimento que vem junto com a postura tecnológica moderna em relação à natureza" (LACEY, 2008, p.195).

Daí temos o primeiro impacto dos valores sociais na atividade científica. As estratégias materialistas são as melhores estratégias para exercer o controle, pois:

1- restringe as teorias, para que estas usem somente categorias quantitativas, utilizem leis que contenham expressões matemáticas, reduzam o objeto a nível molecular e abstraiam dos contextos humanos e ecológicos (LACEY, 2008, p.196).
2- seleciona os tipos de dados empíricos válidos, pois estes devem ser quantitativos e a prática experimental deve ser criada pelo homem com o auxílio de aparatos tecnológicos recentes (LACEY, 2008, p.196).

Tudo isso proporciona um aumento da capacidade humana de exercer controle sobre a Natureza, como já discutimos na afinidade eletiva entre a estratégia materialista e o moderno esquema de valor de controle. Nas palavras de Lacey (2008):

> Teorias que se tornam aceitas na estratégia materialista de fato fornecem a melhor explicação das tendências e possibilidades materiais de uma vasta

> gama de espaços fechados, particularmente os experimentais e tecnológicos. Uma vez que aceitemos as restrições impostas às hipóteses aceitáveis na estratégia materialista, nada mais senão sua relação com os dados empíricos selecionados é relevante para a escolha de teorias (LACEY, 2008, p.196).

O segundo impacto dos valores sociais na atividade científica é decorrente da significação da teoria ser aceita somente a luz do controle da Natureza, ou seja, dentro das estratégias materialistas. Teorias bem confirmadas são teorias significativas, úteis, que apresentam possibilidades de aplicação. E com isso Lacey vai além, quando sugere que não somente a ciência tem uma relação dialética com os projetos tecnológicos dominantes, mas também a própria organização capitalista da nossa sociedade (LACEY, 2008, p.196).

Os valores entram também na própria forma e característica dos cientistas e constituem o terceiro impacto dos valores na atividade científica. As instituições científicas educam os cientistas para que tenham um estilo de vida, que demanda tempo integral, competindo com valores diferentes dos exigidos. Tais instituições de pesquisas reforçam "[...] o primado do intelecto, o individualismo, a competitividade e o comprometimento exclusivo do cientista com sua área específica" (LACEY, 2008, p.198). Quem não compactuar com tais valores não pode participar da atividade científica. Entretanto, o cientista desfruta do que Lacey (2008) chama de "privilégio epistêmico", que segundo o autor é

> [...] um lugar privilegiado para emitir juízos de autoridade sobre o que é e o que não é possível, sendo tão amplamente aceito que a teoria científica moderna fornece as melhores sinopses do que é possível; um lugar privilegiado que dá origem a relações assimétricas, que levam a práticas de dominação entre aqueles de quem se espera que adaptem suas vidas para ficar de acordo com os imperativos do conhecimento científico (LACEY, 2008, p.199).

O cientista é, então, endeusado, posicionado de forma que manifeste valores em suas teorias que possibilite sintetizar os fenômenos materialmente com visas a aplicação em práticas tecnológicas. Dessa forma, os valores sociais tendem a ficar em segundo plano. O cientista não é incentivado a pensar nos problemas sociais que poderão advir de suas teorias quando efetivadas em práticas tecnológicas, pois a abstração humana é fortemente valorizada em suas práticas.

Importa compreender como o conhecimento, tanto extensivo quanto completo, gera diferentes tipos de conhecimentos.

4.6.4 INTEGRAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO COM O DESENVOLVIMENTO

Para fazer a integração da ciência com o desenvolvimento e mostrar uma filosofia engajada, Lacey inicia com diferentes definições de desenvolvimento. Primeiramente ele define desenvolvimento, de maneira geral, como a representação tanto da "[...] negação da condição presente dos povos empobrecidos quanto um processo de transformação" (LACEY, 2008, p.200). Por esse motivo, distingue duas formas de desenvolvimento: o desenvolvimento modernizador e o desenvolvimento autêntico.

No desenvolvimento modernizador o próprio "desenvolvimento" é bem definido, mas as condições que levam à pobreza são negadas. A condição dos povos empobrecidos é o subdesenvolvimento que se constitui na negação do desenvolvimento. Vejamos as características do desenvolvimento modernizador:

- É representado por instituições e valores dos países desenvolvidos, em que se integra a economia capitalista mundial;
- Fomenta o crescimento econômico e a industrialização avançada;
- Transfere tecnologia moderna entre países.

Para tais características, a ciência se constitui como fornecedora de conhecimentos do tipo do conhecimento científico extensivo que promova a relação dialética entre a ciência e a tecnologia avançada (LACEY, 2008, p. 201).

Já para o desenvolvimento autêntico o "desenvolvimento" se definirá gradualmente pela negação, ou no caso a eliminação das características que envolvem a pobreza. As condições de pobreza, como a opressão e dependência, são dados empíricos para seu mapeamento e teorização. As características do desenvolvimento autêntico são:

> Ele [desenvolvimento autêntico] procura integrar o crescimento econômico com a reconquista pelos pobres de sua capacidade humana de agir e com a liberação de suas capacidades de exercer responsabilidade na determinação das condições que estruturam suas vidas. Ele não exige uma ruptura radical com as culturas tradicionais e, em muitos casos, recorre as concepções de justiça social que procuram incorporar valores tais como a cooperação, a participação ampla, o compromisso com os direitos sociais, econômicos e sociais (bem como os direitos civis e políticos), a autoconfiança e o respeito pela natureza. Ele fica a vontade com a diversidade cultural e com a expectativa de que diferentes definições positivas de desenvolvimento irão emergir de diferentes culturas. A meta de desenvolvimento autêntico inclui seus meios para gerar um processo de negação do empobrecimento presente informado pelo entendimento dos próprios pobres, e com sua ativa participação. Desta forma, suas práticas centrais localizam-se nos movimentos sociais dos próprios pobres (LACEY, 2008, p.201).

A citação acima é importante porque dá uma noção dos próprios valores da filosofia de Lacey. A seguir apresentaremos alguns valores explicitados pelo autor na citação acima e o

que inferimos por meio de uma análise interpretativa, em que os valores são apresentados em negrito:

- O **crescimento econômico** é um valor para Lacey, na medida que é **integrado** com a **capacidade de agir** e a formação de **responsabilidade** dos pobres.
- Também a recuperação da capacidade dos pobres de estruturação de suas próprias vidas já implica na **autonomia** e na negação da condição de vítimas, já que são responsáveis pelas suas próprias vidas (aqui não significa que devem ser deixados por si mesmas, já que a cooperação é um valor para o desenvolvimento autêntico).
- **Justiça social**, **cooperação**, **participação** ampla, **compromisso**, **autoconfiança** e **respeito pela natureza** são valores que Lacey coloca explicitamente como desenvolvimento autêntico.
- Quando fala em compromisso com os direitos sociais, econômicos, políticos, civis, podemos dizer que a **igualdade** é um valor para Lacey.
- A não exigência de uma ruptura radical com culturas tradicionais implica em valores como **respeito à diversidade** e **tolerância com diferentes visões**.
- Como vimos na seção 4.1, a meta ou objetivo é representado pelo desejo, que é uma dimensão de valor. Assim, a meta do desenvolvimento autêntico é a negação do empobrecimento com a participação dos pobres, por meio de movimentos[41] sociais. Geralmente, uma meta está ligada a uma crença, também uma dimensão de valor, e aqui inferimos que, se a meta deve ser a negação do empobrecimento, é devido à crença de que a concretização desse objetivo levará a um maior bem-estar da população em geral, mostrando que o valor fundamental aqui seria o **bem-estar de todos** (bem-estar amplo ou para o maior número possível de pessoas, diferente do bem-estar preconizado pelo desenvolvimento modernizador.)

Para que uma sociedade subdesenvolvida possa gerar conhecimento para seu próprio desenvolvimento é necessário que tenha instituições científicas próprias, independentes dos

[41] Lacey exemplifica que o "ecodesenvolvimento" e o "autodesenvolvimento rural sustentável" podem se configurar como um tipo de desenvolvimento autêntico (LACEY, 2008, p.201).

países avançados. Entretanto, devido ao ideal de neutralidade que permeia a ciência, esse conhecimento pode ser feito em qualquer tipo de instituição e independente dos valores. A questão da neutralidade faz com que seja aparentemente mais viável permitir que a produção científica fique concentrada nas instituições dos países avançados ou em instituições financiadas, fazendo com que a ciência seja instrumento para perpetuar a dependência (LACEY, 2008, p. 202). Dessa forma, existe a necessidade de abordagens alternativas de ciência, que possa utilizar as estratégias materialistas de restrição e seleção, mas que não utilize o valor de controle como afinidade e que esteja vinculado ao ideal de desenvolvimento autêntico.

Um exemplo que Lacey fornece é o caso da agricultura[42] com a revolução verde (mais tarde revolução biotecnológica) e a agroecologia.

A revolução verde tem como foco o aumento da produtividade e rendimento de sementes, como o trigo e o arroz, em curto prazo. Dessa forma, a ciência que a informou tem em vista o entendimento extensivo, que abstrai e desvincula o ser humano de suas práticas da pesquisa, utilizando categorias materialistas com vistas a sintetizar as possibilidades dos fenômenos da ordem subjacente.

Ligado ao capital, houve grandes investimentos devido aos custos necessários para produção em larga escala, tendo em vista o desenvolvimento moderno. Junto com este desenvolvimento, vieram também os efeitos colaterais que a ciência extensiva não informou: esgotamento do solo; perda de variedade genética das sementes; construção de represas para irrigação do solo que perturbou os cursos naturais de água; desertificação; dependência de fertilizantes e todos os males que isso causa a pequenos insetos necessários à agricultura; envenenamento do solo, etc.

Devido ao desenvolvimento moderno, outros produtos que eram utilizados pelas culturas tradicionais para combater pragas foram diminuídos, aumentando pesticidas e herbicidas; além de transferência de tecnologias de países desenvolvidos para subdesenvolvidos, gerando dependência do mercado internacional.

Em relação às consequências sociais podemos perceber a diminuição de lavouras em pequena escala e a necessidade de mudanças de famílias para as grandes cidades, aumentando o subemprego, o desemprego, os sem-teto, etc. (LACEY, 2008).

---

[42] De acordo com o autor seria possível a realização de pesquisas independentes, em países pobres, ao menos em áreas como a agricultura, comunicação, energia, saúde, transporte e informação (LACEY, 2008, p. 203).

Uma reflexão considerada simplista por Lacey (2008) seria que o aumento da produtividade e das culturas realizadas pela revolução verde contribuiu para evitar a fome em um mundo com aumento rápido de população, não levando em conta o problema da relação existente entre produzir e distribuir. Além disso, essa reflexão se apoia em

> [...] uma pressuposição crucial: a de que não há mecanismos, exceto as tecnologias da revolução verde (ou das suas sucessoras biotecnológicas), para aumentar a produtividade da cultura. Em particular, os mecanismos agrícolas tradicionais não podem ser aperfeiçoados por meio da pesquisa de maneira que se tornem capazes de aumentar significativamente a produtividade; eles não podem nem remotamente se aproximar da eficiência introduzida pela "revolução verde" (LACEY, 2008, p. 205).

Essa forma de compreender tem como valor principal, ou norteador, o valor de controle. Lacey contrapõe essa compreensão com a agroecologia que visa o desenvolvimento autentico, de forma que o conhecimento local pudesse dar contribuições para o entendimento/conhecimento completo. De acordo com o autor, a lavoura tradicional,

> [...] desenvolveu práticas que são ecologicamente adequadas (mantendo o solo fértil por milênios, controlando pragas e doenças por meio de arranjos e combinações apropriadas de culturas etc.), processos de seleção que geraram um repositório genético ricamente diversificado, e modos de organização social em harmonia com os processos naturais (LACEY, 2008, p. 207).

A agroecologia, também, utiliza conhecimento empírico e sistemático, embora não faça abstrações como na biotecnologia (LACEY, 2010, p.142). O autor ainda diz que o conhecimento indígena sobre sementes foram aperfeiçoados por fazendeiros locais. Entretanto, as práticas agrícolas tradicionais não utilizam informação do material genético das plantas, não se podendo considerar conhecimento completo. Para Lacey, uma abordagem alternativa seria aliar o conhecimento tradicional com o conhecimento da pesquisa moderna, na tentativa de buscar uma versão do conhecimento completo (LACEY, 2008, p. 207).

Tendo em vista o desenvolvimento autêntico, é necessário haver uma tecnologia que não esteja vinculada ao moderno esquema de valor de controle. Dessa forma, Lacey define a tecnologia apropriada como sendo "[...] qualquer tecnologia que serve aos interesses do desenvolvimento autêntico" (LACEY, 2008, p. 213). Tal tecnologia interage de forma dialética com as relações de produção que tenham como base a participação universal (LACEY, 2008). Vejamos as características da tecnologia apropriada:

- A tecnologia apropriada leva em conta a necessidade do bem-estar humano em geral, em que uma comunidade tem acesso e controle sobre todos os

processos da produção, desde a matéria prima até a possibilidade de manutenção;

- A tecnologia apropriada pode ser tanto simples como de alta tecnologia e que promova, principalmente, o bem-estar do pobre, não privilegiando as desigualdades. Tanto quanto a tecnologia dominante, a tecnologia apropriada não é neutra, ela serve a valores e interesses. Poderá ser informada pela pesquisa extensiva, entretanto, o interesse se subordina aos objetivos do desenvolvimento autêntico;
- É explicita e informada pelo entendimento completo, interagindo com o conhecimento local e o técnico.

A tecnologia apropriada tem um caráter mais abrangente, pois formula questões sobre "[...] Como se pode produzir alimento de tal maneira que todas as pessoas de uma dada região tenham acesso a uma dieta equilibrada?" (LACEY, 2008, p.214).

Para essa e outras questões que dizem respeito ao bem-estar humano a multiplicidade de estratégias é importante e deve ser compartilhada com diferentes visões e diferentes autoridades intelectuais, bem como a sociedade em geral. Para tanto, o papel da controvérsia é importante.

4.6.5 CONTROVÉRSIAS

Para Lacey importa as decisões democráticas para a adoção de estratégias. Para tanto, o papel da controvérsia é indispensável, pois traz discussões que podem amadurecer ideias na argumentação contra e a favor da implementação ou o apoio a diferentes tipos de tecnociência (LACEY, 2010). Os valores sociais têm um papel fundamental nos diferentes aspectos, além da importância da investigação empírica. Por esse motivo, voltemos à questão entre os valores (sociais, morais, estéticos, pessoais) e os valores cognitivos.

Se pensarmos que os valores dependerão de preferências subjetivas, a questão do fato não é relevante. Para Lacey (2010) "[...] os valores não são redutíveis a preferências subjetivas" (LACEY, 2010, p. 272). Os fatos, que são enunciados estimativos de valor, permitem que a investigação empírica adicione ou elimine juízos de valor. Seja um arranjo econômico valorizado e que, por meio de evidências empíricas, constate que esse valor é a causa para o aumento da fome em grande escala. Surge, então, a controvérsia entre os tipos de valorização do bem-estar social; algum lado deverá ceder. Nesse caso temos que a

investigação racional e empírica poderá ajudar na decisão entre dois valores incompatíveis (LACEY, 2010).

É importante considerar também o papel da eficácia e legitimação. O conhecimento advindo do entendimento moderno corretamente aceito, quando aplicado, contém em si uma pressuposição de eficácia quando um objeto de estudo na ciência gera invenções tecnológicas, de forma que funcione efetivamente de acordo com o pretendido (LACEY, 2010). Para Lacey, a afinidade das estratégias materialistas com o valor de controle promove eficácia. Entretanto, existe uma competição entre valores sociais, quando de uma teoria elaborada a partir de estratégias alternativas, mesmo que também seja eficaz. Importa compreender então, para a solução de controvérsias, o papel da legitimação. Seja uma aplicação que foi eficaz. Para ser legítima, suas hipóteses deverão ter:

> *Nenhum efeito colateral negativo* (NEN)[43]: não existem efeitos colaterais negativos do ponto de vista do valor social decorrentes da aplicação, de magnitude, probabilidade de ocorrência e intratabilidade significativas.
> *Nenhuma forma "melhor"* (NFM): não existe outra forma, com valor social potencialmente maior, de realizar os fins imediatos da aplicação (ou fins rivais com valor social maior) (LACEY, 2010, p. 294, itálicos do original).

Para Lacey (2010), toda teoria aceita antes da sua implementação é submetida à análise de risco, em que cientistas formulam hipóteses de possíveis efeitos colaterais negativos. Entretanto, esses possíveis efeitos colaterais propostos pelas agendas de pesquisa, vinculados a estratégias materialistas, permitem que valores sociais estejam envolvidos, posto que não consideram intencionalmente os problemas de ordem social que podem ser apresentados em decorrência de uma determinada aplicação. A evidência em NEN se resume à ausência de contraexemplos identificados, mascarando o insucesso em identificá-los. Para Lacey (2010) um insucesso relevante é um "[...] insucesso após a realização de uma investigação apropriada, e "apropriada" é um termo impregnado de valor" (LACEY, 2010, p. 295). Após o risco padrão feito pela atividade científica conduzida pelas estratégias materialistas, o

[43] Essa parte está contida no Capítulo 11 em Lacey (2010), entretanto no Capítulo 10 o autor diz que uma condição necessária para a legitimação é que exista uma alegação como: "O risco ambiental é administrável (RA). Não há perigos ambientais decorrentes do uso de TGs que causem riscos sérios, de magnitude e probabilidade de ocorrência significativas, que não possam ser adequadamente administrados por regulamentações responsavelmente elaboradas"(LACEY, 2010, p.241). Em seguida o autor fala "A legitimação requer também uma tese análoga sobre a ausência de riscos sérios para a saúde humana, que não será discutida nesse Capítulo (LACEY, 2010, p. 242) ". Como se trata de uma coletânea de artigos, creditamos que em NEN é mais abrangente e já contém RA e os problemas relativos à saúde humana.

resultado (a prova de que não há riscos possíveis) é divulgado, mas acaba por não ser questionado, devido as condições da pesquisa não estarem disponíveis.

Em relação ao NFM, se as estratégias materialistas são predominantes, existe a crença de que não existe outra forma de conduzir as práticas científicas e, portanto, essas questões não fazem parte da agenda relativa a produtos da tecnociência. Desse modo, alternativas que contenham valores diferentes do valor de controle serão descartadas.

Em relação aos transgênicos44, dentro dos pressupostos das estratégias materialistas, suas pesquisas são vinculadas à valorização moderna do controle (vmc – que seria na notação valor moderno de controle). As sementes transgênicas contêm uma variedade genética de diferentes organismos com o objetivo de gerar qualidades desejáveis tais como resistência a inseticidas ou alimentos com maior quantidade de vitaminas. Com as perspectivas do neoliberalismo informado pela ciência da semente transgênica, arsenais de materiais para sua implementação são mobilizados, de forma a produzir grandes quantidades. Além disso, rotas econômicas baseadas no lucro e na propriedade individual são definidas, com o argumento de que não há outra maneira para alimentar a população mundial (LACEY, 2010, p. 160). Os valores sociais relacionados ao liberalismo são: a importância da economia e do mercado, o lucro, as inovações tecnocientíficas, iniciativa privada, liberdade individual, etc. Nessa perspectiva, os problemas sociais, ambientais e riscos para a saúde humana nada mais são que o "preço do progresso" (LACEY, 2010, p. 138).

O argumento contra os transgênicos tem em consideração valores como sustentabilidade, ambiente, cuidados com os riscos advindos da tecnologia, a consideração em relação aos pequenos produtores, conhecimento local, etc. Nesses argumentos, o controle da Natureza é importante se houver o bem-estar social, ou seja, o controle é subordinado a esses valores. A agroecologia vem a ser uma alternativa pois, mesmo com o conhecimento empírico, não deixa de ser contextual, devido à preocupação com o solo, com a saúde humana, com as tradições locais e com a participação popular em seu desenvolvimento (LACEY, 2010, p. 167).

Outro problema é em relação ao conhecimento científico que produziu sementes transgênicas ser considerado superior ao conhecimento das sementes selecionadas pelos agricultores (SA), (LACEY, 2010, p. 162). Foram a partir das sementes SA que as sementes

---

[44] Discutidos exaustivamente nos Capítulos de 4 a 10 em (LACEY, 2010).

transgênicas foram produzidas, entretanto os direitos de propriedade intelectual são apenas para as transgênicas. De acordo com Lacey, tal situação se configura como biopirataria, pois os que desenvolvem sementes transgênicas "[...] apropriam-se livremente das sementes SA, mas o agricultor não tem livre acesso as sementes TGs [transgênicas] (LACEY, 201, p. 162)". Isto reflete que o entendimento proveniente de estratégias materialistas é melhor consolidado e fundamentado do que outros tipos de conhecimentos que não abstraem a vida prática e questões sobre o florescimento humano. Não existe legitimação para dizer que as estratégias materialistas têm maior nível epistêmico do que outros tipos de conhecimentos.

A agroecologia tem conhecimento empírico fundamentado, e isso contesta o monopólio da ciência descontextualizada (LACEY, 2010, p. 215). Além disso, a investigação da agroecologia não despreza a contribuição da ciência reducionista, embora seja mais abrangente. O que Lacey propõe é exatamente que a ciência para o bem-estar da humanidade seja feita por meio de várias estratégias, inclusive as materialistas, com vistas à produção de conhecimentos abrangentes e possibilidades cada vez mais completas, permitindo assim a manifestação da neutralidade. Assim, fica a controvérsia, entre posições predominantemente científicas ligadas ao valor de controle e posições "anticientíficas" e, muitas vezes, irracionais. A chave para resolver a controvérsia, para Lacey (2010, p. 139), seria a investigação empírica, procurando resultados que seriam relevantes para ambos os lados. A investigação empírica irá pesquisar os riscos e alternativas. Se existir alternativas para os transgênicos então os riscos iniciais ganham novo aspecto. Caso não haja alternativas os riscos devem ser tolerados. Dessa forma, existem juízos de valor tais como: "O que é um risco sério? Quais os mecanismos de riscos? Qual o período de tempo apropriado para investigar os riscos? [...] Quando se pode afirmar que evidências suficientes foram obtidas?" (LACEY, 2010, p 155 e 156). É certo que não há neutralidade nas respostas, pois dependendo do conjunto de valores, haverá diferentes respostas. Entretanto, poderá haver investigação empírica, conduzida pelos juízos de valor; e o contrário também poderá acontecer – juízos de valor podem ser mudados ou derivados de resultados de investigações empíricas. Dessa forma, na concepção de Lacey (2010), deverá haver mais pesquisas que legitimem os transgênicos e não ficar apenas dominados pelas crenças de que não há alternativas ou que se não há riscos em curto prazo, também não haverá a médio/longo prazo. Lacey também aponta que políticas públicas devem ser determinadas tanto por cientistas quanto por outras diversas perspectivas de valores sociais.

4.6 SINTETIZAÇÕES DA PESQUISA: OS MAPAS MENTAIS

Os mapas mentais, idealizados por Tony Buzan (2009), é uma ferramenta utilizada para os mais diversos fins. BUZAN (2009) cria o conceito de Mapa mental (Mind Map) como um método de aprendizado e memorização de conteúdo dos mais diversos ramos do saber. Com o passar dos anos, foi reestruturando o conceito, criando os passos para sua elaboração, tendo como meta influenciar sua geração, principalmente empresários e professores, já que segundo o autor "[...] os mapas mentais condensam todos os princípios criativos necessários para estimular com eficiência as memórias de curto e longo prazo" (BUZAN, 2009, p. 7).

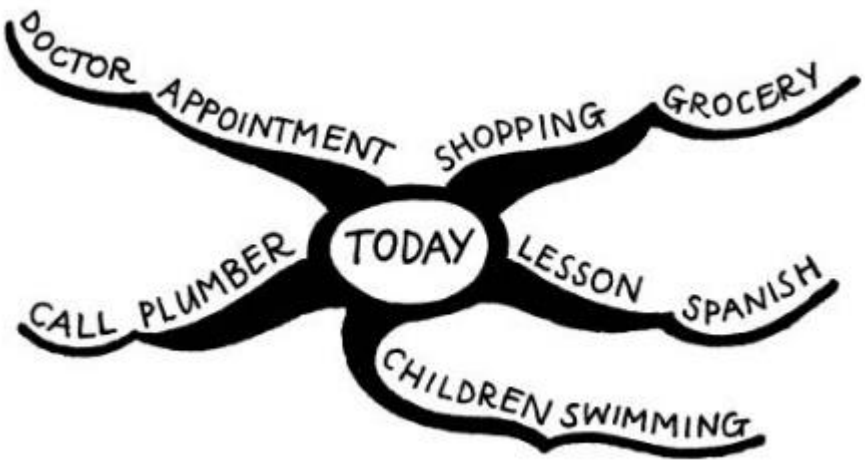
Os mapas mentais tem como base a organização de informações de acordo com a forma que o cérebro trabalha, não se estruturando de forma linear como as anotações comuns em livros e cadernos. A diferença principal reside em que, na escrita linear o tempo para se chegar a essência do assunto é maior que na forma de mapa.

> O cérebro é um órgão multidimensional, capaz de absorver, interpretar e recuperar informações por meio de recursos que são muito mais sensitivos, criativos, multifacetados e instantâneos do que as palavras escritas e faladas. A mente é capaz de entender uma informação não-linear pois é projetada para essa função (BUZAN, 2009, p. 18).

Assim, ao invés da escrita linear, o mapa mental começa com um conceito central[45] e vai se expandindo de dentro para fora com ramificações que dependerão da condição de importância de palavras e imagens que configuram conceitos pertinentes ao conceito central. Dessa forma, o mapa se constitui como uma rota para a memória, roate-maps (BUZAN, 2013), de forma que permite organizar os fatos e pensamentos de maneira natural, tal como o cérebro.

[45] Existem algumas diferenças básicas nos dois livros de Buzan, apresentados nesse capítulo. Em Buzan (2009) ele diz explicitamente a necessidade de se expressar no centro do mapa uma figura. Já em Buzan (2013) ele enfatiza que figuras e imagens são melhores para a memorização de conceitos, embora já exemplifique mapas que contêm palavras ao invés de imagens no centro. Isso se deve às diferentes formas de utilização do mapa mental que não seja apenas vinculada à memória e à aprendizagem.

Figura 5: Um exemplo de mapa mental.



Fonte: (BUZAN, 2013).

Na Figura 5, vemos que existe um conceito central, que pode ser uma palavra, uma figura ou ambas, e que suas linhas representam o "pensamento radiante", em que irradiam de dentro para fora, com combinações de linhas mais grossas para as mais finas dependendo da hierarquia pretendida.

Segundo Buzan (2009), frases escritas ou faladas não é a maneira que o cérebro utiliza para armazenar informações e sim por meio dos sentidos criados pela imaginação e associação em que imagens, palavras-chaves, cores e ideias estão presentes no processo do pensamento.

Os mapas mentais podem ser utilizados para:

- Auxiliar o pensamento em alguma complexa tomada de decisões;
- Para fazer um projeto;
- Para apresentar um projeto ou proposta de trabalho a um público;
- Para mostrar de forma clara as ideias;
- Para aprender mais rápido e melhor;
- Para o gerenciamento do tempo, etc.

No caso desse trabalho, utilizamos os mapas mentais como ferramenta de organização de unidades de análise; dessa forma, o utilizamos como recurso metodológico de pesquisa. Essa escolha foi feita porque os mapas mentais nos dão uma ideia do todo em um único mapa; e é possível distribuir as palavras-chave de modo a interligar conceitos e organizar as ideias de forma mais rápida que a análise feita por recortes de unidades. Utilizamos o mapa para a

otimização do tempo e para o favorecimento do estabelecimento de associações entre a teoria de Lacey e do campo CTS.

Buzan (2013) descreve algumas regras para fazer um mapa mental:

1. Comece no centro da página virada para o tipo “paisagem” de forma a dar liberdade para o cérebro criar em todas as direções possíveis, se expressando naturalmente.
2. Use, preferencialmente, uma imagem ou figura no centro para ajudar a imaginação e dar foco e concentração para o objetivo que se pretende.
3. Use cores no mapa, já que elas dão uma excitação no cérebro tal qual as imagens.
4. Utilize ramos em diferentes níveis, de forma a associar a informação tal qual uma árvore que liga seus ramos que vão se afinando, de forma a ter uma hierarquia de informações.
5. Faça os ramos de forma curva e não em forma de linhas diretas, pois é melhor para o cérebro e permite mais associações.
6. Use uma palavra-chave apenas por linha, para dar ao cérebro maior poder e flexibilidade para fazer diferentes associações (Entretanto existem palavras que para fazer sentido é necessário ser conjugada com outra, por exemplo o conceito de “cérebro radiante”, que separada não dá o contexto que é necessário para o cérebro. No caso da nossa pesquisa temos “Entendimento científico” e outras).
7. Use imagens pelo mapa de forma a dar maior possibilidade de associações e fazer com que o cérebro guarde a informação com maior qualidade. Segundo Buzan uma imagem pode conter centenas de palavras associadas.

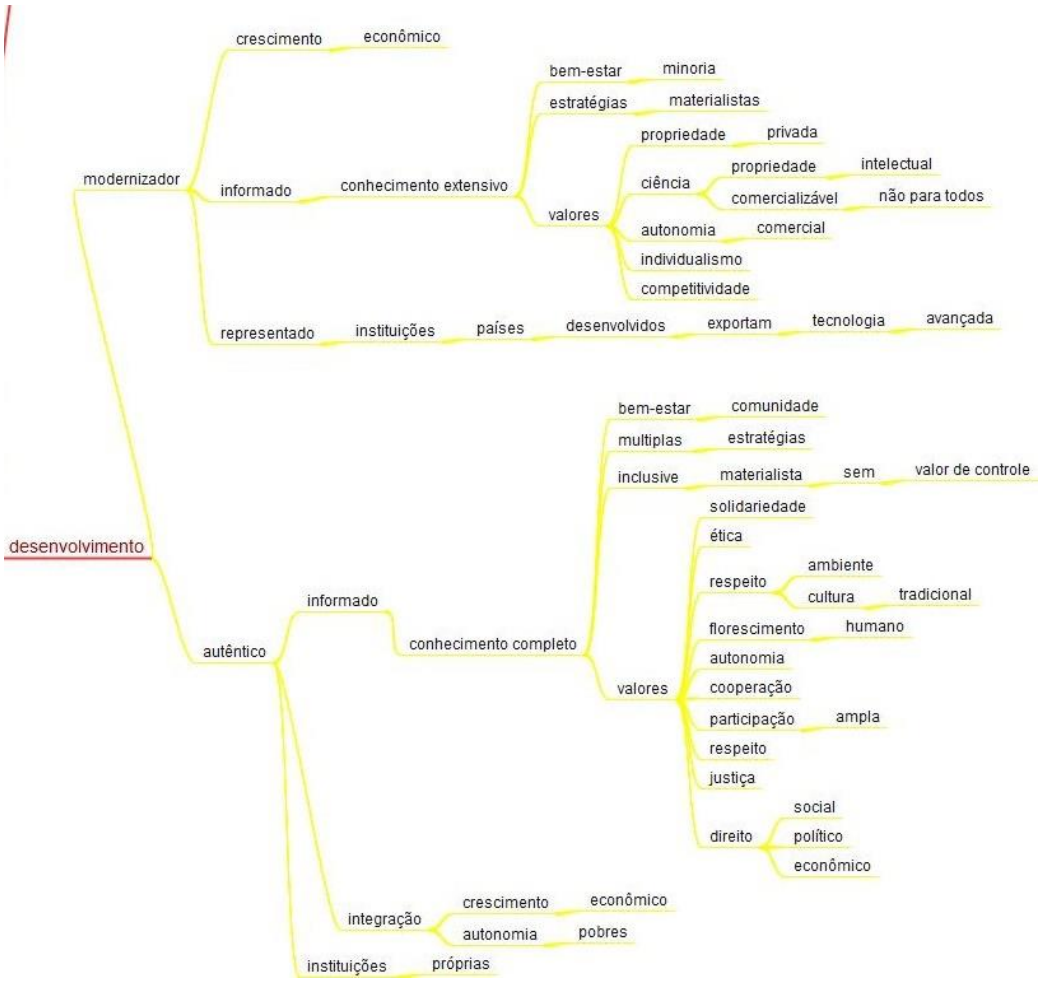
No caso da nossa pesquisa, queremos retirar os conceitos fundamentais da filosofia de Hugh Lacey e portanto queremos fazer associações que estejam dentro de sua teoria. Assim, queremos limitar nossas ideias para manter a objetividade da teoria do autor, de modo que a utilização de imagens para nós, que utilizamos os mapas para organização de resultados, não é pertinente. As imagens aqui se aplicam para o aprendizado ou quando uma pessoa não consegue expressar seu pensamento por meio de palavras. Como fim metodológico, escolhemos manter a associação de ideias pelas palavras descritas por Lacey, embora tenhamos criado ao longo do metatexto, e não nos mapas, figuras que representam de forma mais concreta as ideias do autor.

De posse dos mapas, tanto de Lacey quanto do capítulo de CTS, buscamos associações entre essas teorias, de forma a responder as perguntas apresentadas.

Utilizando os mapas mentais, observamos os vários níveis representados pelos nós. No programa tem apenas o nó pai e o nó filho o que vai depender em relação a qual nó se está julgando. Dessa forma, não descreveremos em termos de nó, mas utilizaremos as palavras-chave. Com vistas ao melhor entendimento do mapa, utilizamos outras palavras que não são os principais conceitos, com vistas a dar "liga" ao pensamento construído.

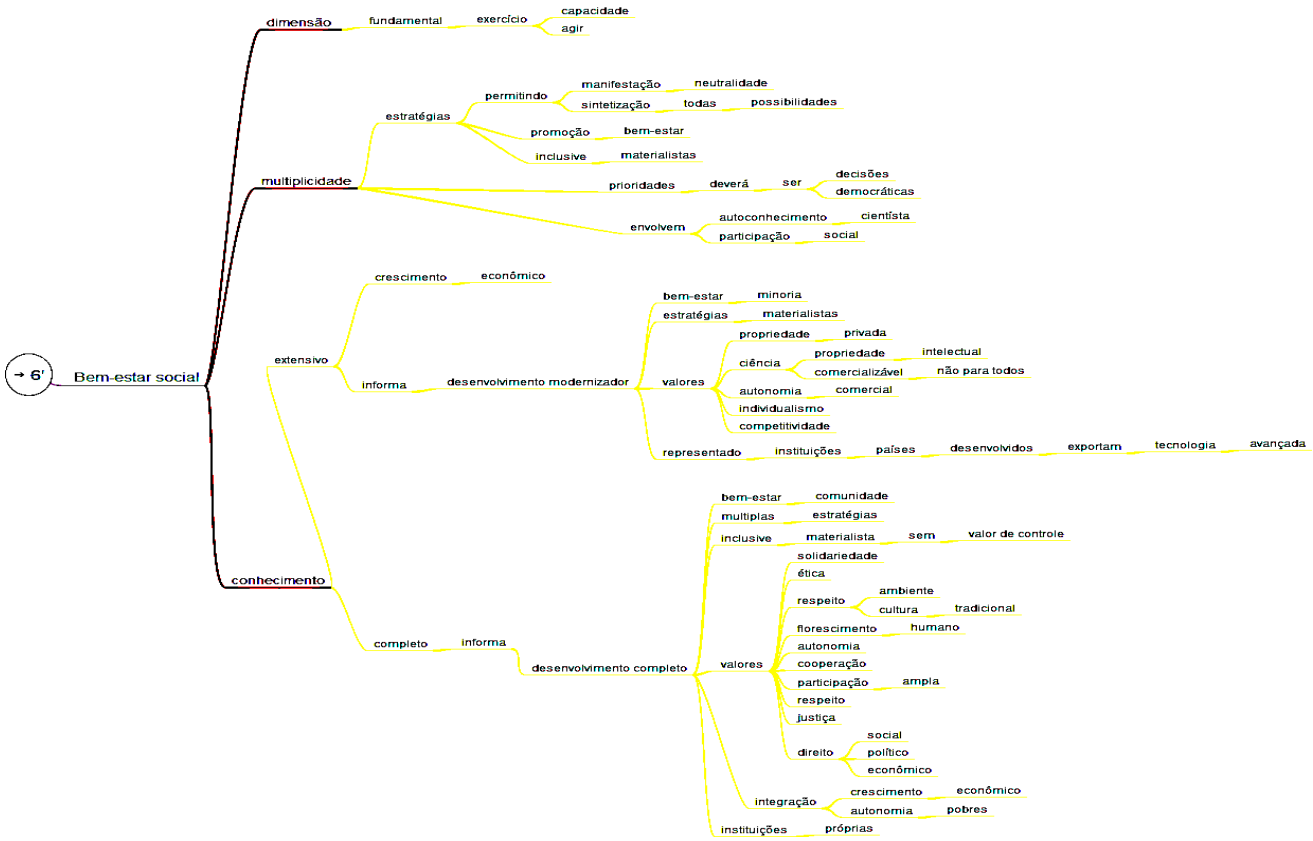
Observamos que a disposição dos ramos em termos de nó pai e nó filho não constitui uma hierarquia no caso da presente tese, já que os conceitos estão intimamente ligados. Vejamos, por exemplo, o ramo 6 do mapa de Lacey (APÊNDICE A), no subtópico desenvolvimento, representado na Figura 6:

Figura 6: Recorte do mapa de origem em APÊNDICE A



Fonte: Elaboração própria

Figura 7: O mesmo recorde da figura 5, mudando a ordem dos conceitos.



Fonte: Elaboração própria, retirada do APÊNDICE A

No ramo sobre desenvolvimento temos que ele pode ser do tipo autêntico ou modernizador, que vai depender de outros conceitos como conhecimento e a estratégia. Observe que no mapa, logo depois de desenvolvimento autêntico, temos a palavra “informado” que na pesquisa em si não é importante, mas que é utilizado para compreensão da próxima palavra-chave “conhecimento completo”. Agora observe que os conceitos de “desenvolvimento autêntico” e “conhecimento completo” não precisam estar nessa hierarquia. A disposição do mapa poderia ser invertida sem perda de compreensão com ajustes de disposição de outros nós (como “integração” e “instituições”) e a palavra “informado” torna-se “informa” para dar sentido, como na Figura 7. Então, o conhecimento leva ao desenvolvimento tal como o desenvolvimento também leva a mais conhecimento. Observe que os valores devem ser os mesmos, já que depende da escolha da estratégia. Assim, é uma questão de escolha de perspectiva, sem perda de compreensão do conceito, características e valores (isso é claro para esse caso de pesquisa, em que Lacey é altamente dialético). Quem

irá ditar o que é conceito, valor (dimensão de crença ou desejo) ou palavra do tipo "liga" será a própria teoria e a linguagem mental do pesquisador.

Um recurso do software é a opção exportar como documento do "*OpenOffice Writer*", fornecendo todas as palavras contidas no mapa em hierarquia (APÊNDICE C e D). O fato em exportar no formato *Word* facilita a disposição das palavras em termos da observação de palavras que já expressam em si conceitos prontos, no caso principais na teoria de Lacey. Determinaremos que uma palavra-chave é um conceito principal quando já contém em si um sentido explicito, não precisando de palavras do tipo "liga". Por exemplo, a palavra "*estratégia*" tem um sentido próprio descrito por Lacey, que é a forma como as pesquisas tecnocientíficas são conduzidas. A estratégia pode ser de dois tipos, dependendo dos valores, descontextualizada (reducionista) ou do tipo que envolve múltiplas estratégias. Em outros casos é necessário voltar ao mapa para ver o contexto e o pertencimento do qual uma palavra que contém um significado se origina. Palavras como aceitação, avaliação, escolha, aplicação, adoção, teoria, afinidade, categorias, multiplicidade, subjacente, etc. são de extrema importância para a perspectiva de Lacey, embora dependam de conceitos como entendimento, estratégia, conhecimento, desenvolvimento, etc.

Na elaboração do mapa e na representação das ideias e resultados, existe a possibilidade de inferência de natureza interpretativa da autora da pesquisa, com o cuidado de não distorcer o conhecimento produzido por Lacey e o campo CTS, mas que se constitui necessário para a argumentação e desenvolvimento do conhecimento. Com esse conjunto de ideias obtemos os seguintes resultados, que discutiremos a seguir.

Fazendo a análise das palavras exportadas do mapa, selecionamos por cores o que representa valores, conceitos principais e conceitos subordinados (APÊNDICE C). Em relação aos valores temos dois conjuntos: um vinculado ao valor de controle que contém em si o bem-estar, mas que pelo conjunto ou esquema do valor de controle esse bem-estar é da minoria da população; o outro vinculado ao bem-estar de todos. Segue o Quadro 2 dos valores abaixo pelos resultados do mapa mental.

Quadro 2: Valores contidos na teoria de Lacey representados pelo mapa mental.

Valores subordinados ao controle {MEVC}	Bem-estar de todos {Bem-estar amplo}
Individualismo	Bem-estar amplo

Livre comércio Propriedade privada Ação reduzida do governo Ciência- propriedade intelectual Competitividade Individualismo Bem-estar Autonomia comercial	Solidariedade Ética Respeito ao ambiente/cultura tradicional Florescimento humano Autonomia da população Cooperação Participação Justiça Crescimento econômico

Fonte: Elaboração própria

Dentre as palavras do mapa, encontramos aqueles que representam conceitos, tais como no Quadro 3:

Quadro 3: Conceitos de Lacey retirados do mapa construído

1	Entendimento científico
2	Entendimento científico moderno
3	Entendimento completo
4	Estratégia
5	Estratégia materialista/abordagem descontextualizada/abordagem reducionista
6	Multiplicidade de estratégias
7	Conhecimento
8	Conhecimento extensivo
9	Conhecimento completo
10	Desenvolvimento
11	Desenvolvimento modernizador
12	Desenvolvimento autêntico

13	Tecnologia
14	Tecnologia avançada
15	Tecnologia apropriada

Fonte: Elaboração Própria.

Temos a partir da tabela acima cinco conceitos principais, (1, 4, 7, 10 e 13) e o restante são conceitos subordinados. Vamos diferenciá-los por meio dos valores, tal como apresentado no Quadro 4:

Quadro 4: Organização dos conceitos principais, conceitos secundários e valores.

	BEM-ESTAR	
Categorias/Conceitos	**Econômico (de poucos)** **Desenvolvimento Modernizador**	**Social (para todos)** **Desenvolvimento autêntico**
Estratégia	Materialista/AD/reducionista (X) valores ( ) v.cognitivos	Multiplicidade de estratégias (X) valores ( ) v.cognitivos
Entendimento/conhecimento já avaliado de acordo com a imparcialidade[46]	Moderno/extensivo ( ) valores (X) v.cognitivos	Completo ( ) valores (X) v.cognitivos
Produto Tecnocientífico	Alta Tecnologia	Tecnologia Apropriada

[46] Sabemos com a filosofia de Lacey que para obter o entendimento de um objeto ou fenômeno, para um domínio específico, passa pelas perguntas o que é, por que é e como. No Quadro 4, estamos considerando o entendimento/conhecimento que já foi avaliado de acordo com a imparcialidade, no caso, somente a resposta para pergunta "o que é?". Isso porque as demais perguntas demandam uma avaliação impregnada de valores que não são propriamente cognitivos, avaliadas de acordo com M_2'.

	(X) valores ( ) v.cognitivos	(X) valores ( ) v.cognitivos

Fonte: Elaboração Própria.

No topo do Quadro está o valor Bem-Estar, que é em comum em relação aos dois tipos de conjunto de valores apresentados. O que diferencia é a pergunta, “para quem?”. Note que o entendimento científico, proposto por Lacey, abrange questões sobre “o que”, “por que” e “como”, que são perguntas relativas ao domínio de valores cognitivos. Já, para quem tem dimensão valorativa que envolve o engajamento com uma mudança de direção para o desenvolvimento, a palavra “desenvolvimento” é aqui considerada como conceito principal, embora classificamos como uma direção, meta ou objetivo a ser alcançado, dependendo da perspectiva de valor adotada. Colocamos os conceitos “entendimento” e “conhecimento” juntos (entendimento/conhecimento), já que o entendimento de um domínio de fenômenos leva ao conhecimento que informa uma aplicação para a perspectiva de valor adotada. Julgamos os conceitos “Estratégia”, “Entendimento/Conhecimento” e “Tecnologia” como categorias, já que têm as características de serem homogêneos porque são classificados a partir de um mesmo critério: os valores.

5 APROXIMAÇÃO LACEY- CTS

Feita a descrição sobre a filosofia de Lacey no capítulo anterior, e sintetizando seus principais valores e conceitos nos Quadros 2 e 4, respectivamente, dedicamos esse capítulo para o estabelecimento de associação entre as ideias de Lacey e o enfoque CTS, ponto mais alto dessa tese. É por meio dessa relação de associação que percebemos as possíveis contribuições de sua filosofia para o campo educacional, priorizando reflexões para a formação de professores em CTS.

Esse capítulo é dedicado à discussão da descrição anterior com a abordagem CTS e, por isso, evidenciamos que os resultados de nossa pesquisa e análise foram as seguintes aproximações:

(A) Os valores da filosofia de Lacey e da educação CTS se alinham, no sentido em que ambas estão engajadas na transformação social direcionada ao bem-estar amplo;

(B) A filosofia de Lacey contribui para i) discutir a complexidade das relações CTS por meio de valores e, com isso, permite ii) a superação de crenças (advindas do modelo linear de desenvolvimento) que limitam a participação pública em assuntos tecnocientíficos;

(C) O desenvolvimento autêntico proposto por Lacey se distancia das tradições CTS do hemisfério Norte e se aproxima do PLACTS devido: í) ao endosso a participação pública na escolha de estratégias (participação na agenda de pesquisa), ii) necessidade de se voltar para o contexto e as prioridades locais;

(D) Lacey contribui para o autoconhecimento do professor comprometido com as relações CTS, auxiliando-o a refletir e concretizar seus desejos e objetivos educacionais por meio dos valores.

As aproximações de (A) a (D) são sintetizações de nossas conclusões, embora durante o texto, contribuições mais pontuais foram realizadas para explicar essas sintetizações. Os subtítulos e argumentação do texto mostram os caminhos cognitivos para a fundamentação das aproximações.

5.1 IDENTIFICANDO OS VALORES

No capítulo sobre a filosofia de Lacey, Capítulo 4, foram discutidos os valores do autor, tanto em relação às articulações em palavras quanto de inferências feitas ao longo do texto, no

qual o mapa foi produzido. Retomaremos esses valores de maneira mais explicita. Com relação ao campo CTS voltado para o contexto educacional, ainda não há, de forma explícita, seus valores para que se possa comparar com as de Lacey. Portanto, serão utilizadas as dimensões que formam os valores, dimensão de desejos e dimensão de crenças, que são valores de primeira ordem, de forma a inferir os valores de segunda ordem do enfoque CTS, visando perceber uma associação dos valores.

Os valores têm uma relação dialética com a ação/comportamento de uma pessoa ou uma instituição, com dimensões de desejo [D], em que são observadas as metas e objetivos de uma ou um conjunto de pessoas, e crença [B], na medida em que se acredita que uma meta/objetivo levará ao resultado esperado. Desejos e crenças são valores de primeira ordem em que se pode inferir valores de segunda ordem, que tem papel causal em ações/comportamentos. O Quadro5 mostra o que consideramos ser os desejos e crenças do enfoque CTS e da proposta de Lacey.

Quadro 5: Desejos e crenças avaliados pelos mapas mentais.

VALORES – DESEJOS DE PRIMEIRA ORDEM		
	Dimensão de desejo (metas, objetivos) [D]	Dimensão de crença [B]
LACEY	1 Múltiplas estratégias, inclusive as EM/AD.	Conhecimento abrangente efetiva o ideal da neutralidade para o bem-estar amplo; Objetividade da ciência permanece na atividade científica.
	2 Participação pública na agenda em relação a que estratégias adotar e em controvérsias a respeito de estratégias concorrentes.	Crença de que não somente é justo, mas é dever da população participar na construção da agenda de investigação; os impactos sociais e ambientais são de responsabilidade de toda população.
	3 Criação de instituições próprias e agendas próprias de pesquisa em países em desenvolvimento, para construção de tecnologia apropriada.	Tecnociência deve estar a serviço dos problemas locais de uma comunidade ou país.
	4 Deseja um desenvolvimento autêntico de países considerados subdesenvolvidos, levando em conta o contexto local.	O desenvolvimento autêntico promove o bem-estar amplo.

	5 Formação de cientistas que têm autoconhecimento de suas práticas	O cientista que conhece suas práticas tem possibilidades de melhor avaliar em qual estratégia engajar-se, tornando-se mais solidário com os sofrimentos das pessoas.
ENFOQUE CTS	6 Educação científica para todos	Direito de todos em obter uma educação científica que capacite a exercer a cidadania.
	7 Educação como ferramenta para transformação social .	O ensino das relações CTS é intencional. Necessidade de posicionamento epistemológico consciente do professor.
	8 Cidadãos com pensamento crítico e autonomia intelectual.	Atributos de uma boa educação científica, necessidade de ensino por pesquisa.
	9 Participação pública na agenda científica e em controvérsias.	Porque a participação somente para evitar riscos é uma forma de endossar posicionamentos tecnocráticos.
	10 Preparo dos cidadãos para entendimento das relações CTS;	Desmistificação da atividade científica e de seus atores (superação do modelo linear de desenvolvimento). Com o entendimento das relações CTS, por meio de metodologias que envolvem um ensino inter/multidisciplinar, pode fornecer ao aluno meios de reivindicar seu direito/dever de participação. Necessidade de um ensino por pesquisa.

Fonte: Elaboração própria.

Por mais que os desejos e crenças pontuais aparentam, algumas vezes, não terem relação, é preciso fazer uma leitura dos valores por trás desses desejos e crenças, valores de segunda ordem. Foi comparada a coluna da direita do Quadro 2, valores de Lacey, com o Quadro 5, valores do contexto CTS. Segue, de forma pontual, a explicitação desses desejos e crenças, juntamente com os valores colocados em negrito, já que Lacey rejeita os objetivos de uma ciência que leva em conta valores subordinados ao controle, para desejar que:

(1) Haja uma multiplicidade de estratégias na tecnociência, porque acredita47 que o conhecimento abrangente fornece maior entendimento e possibilidades, efetivando de maneira mais completa o ideal da neutralidade. Acredita que nessa multiplicidade devam ser incluídas as EM/AB pelo sucesso em explicar a "realidade" subjacente (não acesso direto), mas desvinculando o valor de controle. As múltiplas estratégias tendem a fornecer um conhecimento completo e Lacey acredita que a objetividade é factível, além de ser possível que essa objetividade possa estar a serviço do bem-estar amplo. Esse desejo e crença revelam comprometimento e cooperação que se deve ter com diferentes cientistas trabalhando com responsabilidade em um objetivo comum, em uma questão relevante prioritária, envolvendo valores como tolerância e respeito com diferentes visões.

(2) É um desejo que a sociedade participe em questões controversas que envolvam a construção da agenda de investigação, porque acredita que o conhecimento produzido e aplicado pode gerar impactos na sociedade e no ambiente e é responsabilidade da população auxiliar no estabelecimento de prioridades na agenda de pesquisa. Acredita que a sociedade e outras frentes do conhecimento devem cooperar entre si, a fim de avaliar qual conjunto de estratégias escolher e melhor conduzir o desenvolvimento de conhecimentos tecnocientíficos a benefício de todos (solidariedade).

(3) É um desejo que, em países pobres, haja instituições e agendas de pesquisa próprias, porque acredita-se que assim sendo terão mais autonomia para criar estratégias que impactem positivamente em suas vidas e resolvam os problemas de suas comunidades, utilizando tecnologia avançada, mas criando também uma tecnologia apropriada para suas necessidades e interesses (florescimento humano).

(4)Deseja o desenvolvimento autêntico de países considerados subdesenvolvidos (critério estabelecido por comparação entre países cujo desenvolvimento é do tipo modernizador). Acredita no desenvolvimento autêntico, pois leva em conta as necessidades locais, o que possibilitaria maior bem-estar para todos de uma comunidade específica.

(5) Deseja que o cientista esteja formado para conhecer toda a atividade que ele participa (autoconhecimento), porque acredita que assim poderá engajar-se em pesquisas que

---

[47] Mesmo tendo a consciência que não temos acesso direto às crenças do epistemólogo Hugh Lacey, ainda permanecemos a com a palavra "acredita" já que o autor defende que uma boa forma de compreender os valores de uma pessoa, com dimensões de desejo e crença, é por meio da articulação em palavras. Com base em sua epistemologia, fizemos as inferências de suas crenças, na tentativa de obtenção de objetividade, já que é possível avaliar a ação/comportamento, que foi, no caso, sua ação de escrever livros e artigos.

levem ao bem-estar da sua comunidade, se interessando por outras estratégias (por exemplo as estratégias das ciências sociais e humanas), se libertando de valores como o individualismo, o posto intocável de sacerdote do saber, da competitividade. Dessa forma, se interessaria mais pela coletividade, solidarizando-se com os sofrimentos humanos.

Acima temos os desejos e crenças interpretados pela teoria de Lacey, identificada nos enxertos do capítulo anterior e do mapa mental respectivo. Faremos essa mesma interpretação com o campo CTS, levando em conta o contexto educacional, problematizando esses mesmos valores encontrados na teoria de Lacey (lado direito do Quadro 2), em negrito, dentro das dimensões de crenças e desejos.

(6) O enfoque CTS objetiva uma educação científica para todos, porque acredita-se que uma educação científica de qualidade é uma característica de uma boa sociedade. É um direito de todos a obtenção de uma educação científica de qualidade e, por meio dessa educação, o cidadão poderá se preparar para exercer a cidadania com responsabilidade. Exercer a cidadania não implica em uma atividade pronta e estática. Significa mover-se para o melhor, que pode ser entendido aqui como trazendo um maior bem-estar para um maior número possível de pessoas. E isso impulsiona uma sociedade diferente do que temos hoje, com maior interesse pela defesa do ambiente, com uma preocupação maior com o direcionamento que é dado na atividade científica, e sobre os fatores que envolvem sua produção (ética).

(7) Vimos anteriormente que existem amplas possibilidades de utilizar o enfoque CTS nas aulas de ciências. Contudo, o que defendo aqui é um enfoque como parte do movimento CTS mais amplo, que vê a educação como ferramenta para a transformação social. Por isso a necessidade de trazer referenciais teóricos engajados como Lacey, fornecendo ao professor a possibilidade de se posicionar conscientemente na vertente epistemológica que possui, já que posicionamentos inconscientes têm sido tomados por falta de reflexão filosófica sobre o conhecimento científico atual, promovendo silenciamentos (ROSA; AULER, 2016) que estão em dissonância com o enfoque CTS.

(8) Para preparar esses futuros cidadãos para reivindicarem e se posicionarem com vistas ao bem-estar amplo o enfoque CTS visa formar uma consciência crítica e autônoma, que se posicione e lute pelo seu espaço nas decisões que envolvem a tecnociência. O ensino por pesquisa poderá contribuir para um cidadão autônomo intelectualmente, capaz de comparar diferentes visões, de analisar o que é melhor, não somente para si, mas pelo conjunto, de ir atrás do conhecimento, de investigar, de dar e receber ajuda dos colegas (solidariedade), etc. Por isso, utiliza diferentes formas de atingir esses objetivos, com uma multiplicidade de técnicas, tais como já foi evidenciado no capítulo 2: debates, simulações,

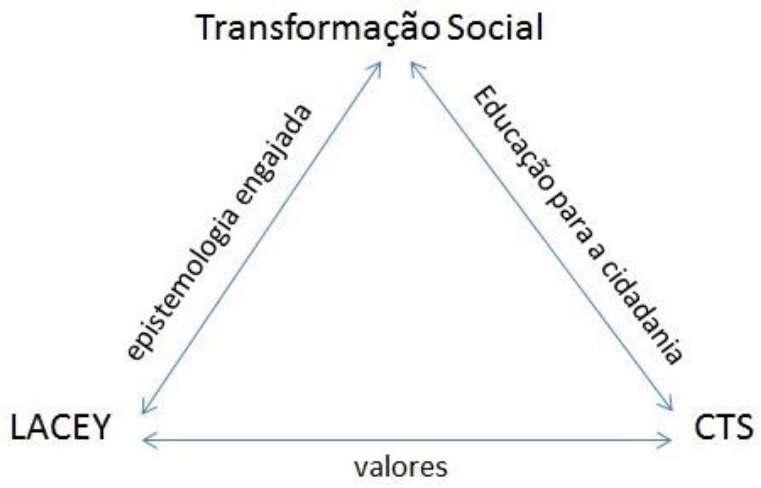
controvérsias advindas de temas contemporâneos que envolvem a tecnociência, problemas que envolvem temáticas socioambientais, etc. Essas controvérsias e trocas de papéis permitem aos alunos o desenvolvimento da tolerância e respeito com diferentes visões, inclinação para o bem comum, a autonomia intelectual e a ética do conhecimento.

(9) O enfoque CTS, dentro do movimento CTS mais amplo no contexto latino-americano, tem como objetivo a inclusão de discussões democráticas em agendas de pesquisa (AULER, 2002), tal como postulado por Lacey, refletindo sobre as prioridades e as reais necessidades do nosso contexto. O direcionamento da pesquisa deve ser decidido publicamente, pois toda a sociedade sofrerá ou se beneficiará com essas decisões. Além disso, refletir sobre os possíveis benefícios e malefícios à luz dos dados empíricos disponíveis e sobre os diversos setores que poderão ser impactados por uma implementação tecnocientífica, é responsabilidade de todos. Esse engajamento garantirá que a posição de vítimas fique cada vez mais distante de uma população comprometida a cooperar, pensando no bem-comum em detrimento do bem tão somente para si (justiça social).

(10) Entretanto, as visões distorcidas do que vem a ser o fenômeno tecnocientífico, bem como sobre o trabalho científico e suas instituições é uma das barreiras para formar cidadãos autônomos, livres e críticos. Se, por exemplo, um grupo de pessoas acredita que o cientista é a pessoa mais adequada para decidir o que se deve ou não implementar na sociedade, isso pode refletir crenças de incapacidade, visão mágica do conhecimento científico, crença que leva ao endeusamento do cientista e transfere seu poder e sua responsabilidade para as mãos da minoria, da elite intelectual. Então, um dos objetivos do campo CTS é de desmistificar concepções que impedem o cidadão de agir.

Observamos que esses valores andam na contramão dos valores da primeira coluna do Quadro 2, ou seja, com a realidade atual que construímos historicamente. Tanto Lacey quanto o enfoque CTS estão comprometidos, observando seus valores, com uma transformação dessa realidade.

Figura 8: A associação entre os valores de Lacey e CTS.



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 8 vemos que tanto Lacey converge para os pressupostos CTS, quanto o campo CTS pode ser identificado nos escritos de Lacey, em que os valores apontam para mesma direção, segundo os objetivos descritos. Ambos os pressupostos, por mais que estejam atuando em campos distintos, têm em vista a mudança do status quo, uma transformação social utilizando desenvolvimentos tecnocientíficos como objeto de interesse. Lacey busca essa transformação por meio de uma filosofia engajada, informando que a tecnociência pode estar a serviço do bem-estar e o enfoque CTS busca uma educação científica para a cidadania, com cidadãos mais participativos e críticos, que se posicionem frente à tecnociência. Portanto, afirmamos que:

> **(A) Os valores da filosofia de Lacey e da educação CTS se alinham, no sentido em que ambas estão engajadas na transformação social direcionada ao bem-estar amplo.**

Endossando essa reflexão em termos do campo CTS vemos em Santos (2011) a necessidade de

> [...] construir outro modelo de CT [Ciência e Tecnologia] que rompa com o velho modelo consumista movido pela lógica do lucro, independente de suas consequências socioambientais. É nesse contexto que podemos assumir CTS como um movimento de reconstrução social. Isso vai implicar uma análise crítica das inter-relações entre seus três elementos em uma perspectiva de transformação social. (SANTOS, 2011, p. 38)

A análise crítica das inter-relações dos três elementos é feita por Lacey por meio dos valores. Além de desmistificar a tecnociência atual, utilizando o conceito de desenvolvimento modernizador, o que será discutido no próximo tópico, vai além, apontando para outro tipo de fazer tecnocientífico com vistas ao bem-estar amplo.

Vimos até aqui que não há dissonância ou incompatibilidade de valores, além das duas teorias se aproximarem em seus objetivos visando uma realidade mais próxima ao bem-estar de todos, inclusive o ambiente. Defendemos, aqui, que Lacey e CTS possuem valores compatíveis e reforçadores entre si. Dizemos reforçadores porque Lacey fornece maior clareza para educação CTS quanto o enfoque CTS contribui com a sociedade participativa que Lacey almeja e que falaremos mais adiante. Vamos nos deter agora, entrando nos conceitos principais e secundários encontrados no Quadro 4, com vistas a contribuir com o entendimento da complexa relação CTS, desmistificando crenças que limitam a ação participativa por meio dos conceitos de Lacey.

5.2 A CONTRIBUIÇÃO DE LACEY PARA EXPLICAR A COMPLEXIDADE DAS RELAÇÕES CTS – DESENVOLVIMENTO MODERNIZADOR X DESENVOLVIMENTO LINEAR.

A maior crítica feita pelo movimento CTS, em termos de síntese, pode ser identificada na concepção de desenvolvimento linear. Essa concepção implica várias nuanças criticadas pelo movimento CTS. É uma representação que desconsidera os valores presentes na tecnociência.

Lacey, para explicar a forma como a tecnociência funciona, lança mão do termo "desenvolvimento modernizador", utilizando o conhecimento científico extensivo, dentro de uma abordagem descontextualizada do meio e da vida prática. O "produto" informado por esse conhecimento é do tipo high tec, que serve aos mesmos valores da abordagem que direcionou a pesquisa. Esse mecanismo está a serviço do neoliberalismo, que torna a sociedade cada vez mais modernizada. O mesmo objeto de conhecimento que antes é descontextualizado da vida prática da população, com a alta tecnologia esse objeto é inserido socialmente, mas sem estudos a respeito dos possíveis impactos.

Como foi mostrado nos resultados encontrados no estudo de Lacey, sintetizado no Quadro 4, o autor defende um outro tipo de desenvolvimento, o do tipo autêntico, que falaremos na próxima seção. Aqui utilizaremos o desenvolvimento modernizador como forma de mostrar a presença dos valores na tecnociência, já que essa concepção auxilia, ao nosso ver, a desmistificar concepções advindas da noção de desenvolvimento linear. Algumas

crenças que limitam a ação sobre o empreendimento tecnocientífico, derivadas do desenvolvimento linear, seriam:

i) A ciência tem mais valor que a tecnologia;
ii) A tecnologia é mero subproduto da ciência;
iii) A tecnologia não interfere na prática científica;
iv) A supervalorização da ciência como o conhecimento mais importante que outros tipos de conhecimentos, como as artes, a filosofia, as ciências sociais e humanas;
v) Os dados científicos são supervalorizados;
vi) Quanto mais uma sociedade tem patentes advindas das práticas científicas, mais avançada ela é.
vii) A tecnologia é determinante para produzir riqueza e bem-estar para população. (determinismo tecnológico de Auler (2002))
viii) Se existe algum mal-estar advindo da ciência, a responsabilidade é da tecnologia que foi utilizada para o mal. Ainda que haja algum mal, a ciência poderá reverter o quadro – perspectiva salvacionista da C e T (Auler, 2002);
ix) As decisões com respeito à ciência e à tecnologia devem estar apenas nas mãos de pessoas que compreendem e não nas mãos da população leiga ou de especialistas de outras áreas - superioridade do modelo de decisões tecnocráticas (Auler, 2002);

As três últimas crenças foram problematizadas por Auler (2002) que, para o autor, se constituem como mitos cristalizados e que não combinam com posições democráticas. Com a filosofia de Lacey faremos interferência no conjunto de crenças mencionadas acima. Os itens não necessariamente serão mencionados na ordem inicial. Por meio destas desmistificações, as relações CTS vão se delineando e mostrando que os valores estão impregnados na tecnociência.

De acordo com Lacey, na sociedade atual, não há como compreender a prática científica sem as ininterruptas intervenções da tecnologia, nem mesmo conceber a tecnologia sem a informação advinda da ciência (item iii). Não porque a ciência e a tecnologia não possam ser vistas como entidades separadas, e sim pelo conjunto de valores que Lacey nomeou como **moderno esquema do valor de controle (MEVC)**, altamente valorizado em nossa sociedade, fazendo com que a ciência e a tecnologia sejam mutuamente reforçadoras. Esse

reforço mútuo, incentivado pela prática do controle, tem sucesso em controlar os fenômenos sintetizados racionalmente pelo **entendimento científico.**

Esse entendimento, produz um **conhecimento extensivo**, que abstrai a vida prática e o ser humano, criando produtos que venham a servir à sociedade por meio da tecnologia de ponta (*High Tec*). O conhecimento produzido é orientado por uma **estratégia** que restringe teorias e seleciona dados empíricos que sejam abstraídos da vida prática, desconsiderando o **florescimento** humano. Essa estratégia é considerada pelo autor como **estratégia materialista ou abordagem descontextualizada (EM/AD)**. As EM/AD são utilizadas devido ao sucesso em informar e produzir novas tecnologias, que servem a valores comerciais, incentivam a inovação tecnológica e a corrida de patentes, em nome de um "bem-estar" para a sociedade. Não é a tecnologia mero subproduto da ciência, (ítem ii), mas é a afinidade entre a ciência e valores do mercado que orientam pesquisas para gerarem inovações tecnológicas. Com avaliações que requerem alto padrão dos valores cognitivos, a pesquisa tem sucesso em informar a tecnologia, controlar objetos e abstrair a vida prática para manipulação das possibilidades materiais dos fenômenos. Portanto, a afinidade da ciência moderna com os valores do controle faz com que a maior parte das pesquisas científicas esteja potencialmente propiciando a produção de tecnologia.

Se por um lado a ciência moderna informa a tecnologia, por outro vemos o fenômeno tecnológico influenciando a prática científica, quando produz cada vez mais equipamentos que permitem maior compreensão, visualização e medição da ordem subjacente da natureza, melhorando o desempenho, a capacidade de "enxergar" com maior clareza e precisão os fenômenos. Os avanços tecnológicos também têm influenciado a formação e a avaliação de novos corpos de conhecimento, trazendo dados até então inconcebíveis, aprimorando teorias ou embasando novas formulações, ou até sendo capaz de demonstrar corpos de conhecimentos estruturados em desuso devido à falta de comprovações com a realidade empírica. Assim, crenças de que a ciência é melhor que a tecnologia (item i) ou que a tecnologia é um mero subproduto da ciência (item ii) não se sustentam e são bem explicadas pela filosofia de Hugh Lacey.

Devido às discussões acima, vamos tratar, por hora, a ciência e a tecnologia como um só fenômeno, que denominaremos "tecnociência", para tratar dos itens iv e v. Pela afinidade eletiva entre as EM/AD e o MEVC, vemos que a tecnociência implica produção de objetos que são abstraídos da vida prática, embora sejam incluídos posteriormente na vida humana, com vistas ao bem-estar social, como ganho de tempo, facilidades gerais, encurtamento de distâncias, etc. Ela tem sido bem-sucedida e há um deslumbre tanto dos empresários como

dos comerciantes, governos, instituições militares, etc., pelo aumento do lucro e negociações rentáveis, acordos de ordem capitalista e até mesmo domínio entre outros países. Como Bacon disse, conhecimento é poder, mas não qualquer tipo de conhecimento. O conhecimento precisa ser útil e a avaliação de utilidade está vinculada aos valores de uma sociedade num espaço-tempo. O conhecimento considerado útil atualmente, devido os valores da sociedade neoliberal, é o conhecimento extensivo que o entendimento científico moderno fornece por meio das EM/AD. Dessa forma, o conhecimento tecnocientífico é colocado acima do conhecimento advindo de outras frentes do saber, tais como da filosofia, das artes, das ciências humanas, devido aos valores atuais da modernidade (item iv).

Os resultados científicos são supervalorizados (ítem v). Caso apareça na mídia que resultados científicos comprovam que um determinado alimento emagrece, vemos um consequente aumento na procura e no preço do produto. A crença de que "funciona", que é "melhor" que tem "comprovação" torna a questão muitas vezes indiscutível, caso haja o aval do conhecimento tecnocientífico. Esses valores estão presentes em maior ou menor grau na população em geral. E são nos valores que acreditamos ser necessária uma maior atuação do enfoque CTS, de forma a desmistificar e fomentar os valores que a sociedade precisa para o verdadeiro bem-estar do contexto que vivemos.

Vimos que as práticas experimentais, essência da ciência moderna, têm a expectativa que o fenômeno saia do laboratório e seja generalizado para outras práticas de controle, tais como as práticas tecnológicas e o espaço natural. Por conseguinte, a maior parte dos financiamentos vai para pesquisas que tenham em si potencialidade para produzir inovações (item vi).

Tais financiamentos são mais fortes em países desenvolvidos que buscam o maior competividade de patentes, como forma de aumento de lucros, dominação entre países, riqueza e **desenvolvimento modernizador**. Países em desenvolvimento como o Brasil, acreditam que para se desenvolverem, devem buscar a competitividade em inovações, deixando de lado suas origens, suas prioridades e contexto. Assim, sociedades em desenvolvimento, onde a pobreza é mais intensa, fazem a importação da alta tecnologia dos países avançados e participam de suas pesquisas, favorecendo os interesses dos grandes proprietários, esquecendo-se das necessidades básicas locais e o bem-estar de sua população.

Lacey critica o desenvolvimento modernizador com o mesmo afinco que o movimento CTS critica o modelo de desenvolvimento linear. O conceito de desenvolvimento linear está permeado de crenças limitantes que podem ser dissolvidas pelo conceito, dado por Lacey, de desenvolvimento modernizador. Esse desenvolvimento está vinculado a concepções

neoliberais em que o valor do individualismo é mais importante do que o valor da solidariedade. Esse desenvolvimento é sedutor às sociedades industriais avançadas e suas instituições estão silenciosamente comprometidas com o sofrimento profundo de países em desenvolvimento como o Brasil (LACEY, 2008). Daí vem a concepção de que a tecnologia, produto final, é determinante para a riqueza de uma nação e para o bem-estar social. Essa é a crença do determinismo tecnológico, (item vii).

Na compreensão de Auler (2001, 2002, 2006), o modelo linear de desenvolvimento é uma concepção que relaciona Ciência, Tecnologia e Sociedade dentro de uma perspectiva de neutralidade da ciência e da tecnologia, em que as relações sociais só aparecem no final do processo, como consumidores e desfrutadores do bem-estar produzido. A neutralidade, para esse autor, produz crenças historicamente construídas para a eliminação do sujeito na elaboração e concretização das primeiras etapas de produção do conhecimento. Pode acontecer, no entanto, como já foi abordado no capítulo 2, que produtos tecnocientíficos causem impactos negativos para a população. Na perspectiva **salvacionista da tecnociência** (item viii), mesmo havendo problemas decorrentes dos avanços tecnológicos, as pesquisas de ponta poderão sempre eliminar ou sanar os impactos das inovações. Para Lacey, essa crença tem origem na metafísica do materialismo científico, onde mais pesquisas poderão ser feitas para sanar contextos problemáticos de implementações tecnocientíficas.

Essa visão não pode ser justificada dessa forma. Em resposta a isso, professores, pesquisadores e profissionais de todas as frentes do saber, preocupados com problemas sociais e ambientais decorrentes da tecnociência, se engajam em novas soluções para esse quadro. Muitas vezes os impactos desses produtos são irreversíveis. Existem pesquisas que indicam abordagens mais eficientes que levam em conta o florescimento humano, como a agroecologia (LACEY, 2010). Também pela perspectiva CTS, discussões sobre inovações e seus respectivos impactos têm sido levados à sociedade em geral por meio da educação científica em todos os níveis, como a divulgação científica por meio de livros, de museus, mídias, etc. e também discussões no ensino formal com enfoque CTS. Visões sobre uma perspectiva salvacionista da ciência têm se mostrado cada vez menores (AULER, 2002). A população já experienciou fatos irreversíveis decorrentes da tecnociência (ver capítulo 2). Entretanto, mesmo havendo o enfraquecimento da perspectiva salvacionista, pouca ação da população em geral tem sido de fato efetivada, restando muitas reclamações que contribuem

para manutenção da passividade[48] dos cidadãos, já que não se consideram responsáveis pela construção da própria realidade, colocando toda responsabilidade na política, na ideologia capitalista, nos cientistas. É uma negação inconsciente de seus próprios poderes, já que a crença da insuficiência e da insignificância de si mesmos, não se vendo como objetos de valor, impeçam a ação. Com a filosofia de Lacey, vemos que a população deverá participar no direcionamento da ciência, no que diz respeito ao posicionamento de valores que visem o bem-estar local.

Entretanto, posições cientificistas defendem que os valores devem ficar de fora da ciência. A concepção de que a atividade tecnocientífica deva ser neutra, de forma que interesses, conflitos ideológicos e outras crenças não estejam presentes, garantindo a eficácia do conhecimento, tem se estendido também às decisões e controvérsias. Conhecido como o modelo de **decisões tecnocráticas**, as decisões concernentes à atividade tecnocientífica devem ser feitas por *experts* (cientistas e técnicos), pois a população em geral não possui conhecimentos específicos e, portanto, não são capazes de opinar, avaliar e decidir. Na superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, a população em geral não serve senão para o consumo gerado pelo "bem-estar" que esses conhecimentos e produtos proporcionam (item ix). Contudo, para Lacey, a população tem papel legítimo para escolher e direcionar as pesquisas tecnocientíficas de forma a buscar soluções para problemas locais. Não somente para direcionar a pesquisa, por meio dos valores, mas também para ouvir cientistas sobre os dados empíricos que podem ser eficazes, mas não legítimos com respeito a melhores alternativas; e decidir sobre se há ou não forma melhor, se deve esperar por mais estudos ou priorizar novos rumos para pesquisa.

Note que acima abordamos conceitos sobre a tecnociência atual, na visão de Lacey, que entendemos contribuir para a discussão das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Com essa discussão, entendemos que abrange a real complexidade do tema, sem entrar em méritos de regras, que até hoje não foram possíveis de serem feitas sobre a atividade tecnocientífica. Essa complexidade foi abordada por meio de valores, que podem ser compreendidos, também, com objetividade. Com a discussão sobre as relações CTS por meio

[48] Não estamos condenando a população em geral, pois essa passividade pode ser explicada pelo processo histórico de colonização que vai se perpetuando por meio da cultura e também ensinada no processo educativo formal, se estendendo até a formação dos professores.

de valores, acreditamos que mitos podem ser minimizados ou superados. Com esses direcionamentos, concluímos que:

> **(B) A filosofia de Lacey contribui para i) Discutir a complexidade das relações CTS por meio de valores e, com isso, permite ii) a superação de crenças (advindas do modelo linear de desenvolvimento) que limitam a participação pública em assuntos tecnocientíficos.**

A forma que Lacey compreende como está se desenvolvendo nossa sociedade por meio da tecnociência auxilia a compreensão das relações CTS e contribui para desmistificação da noção de desenvolvimento linear. Entretanto, Lacey não para por aí, contribuindo para a mudança de direção que o campo CTS almeja (ver figura 5). A concepção CTS no contexto educacional brasileiro busca uma transformação social e Lacey reelabora como deveria ser o desenvolvimento para o bem-estar amplo, por meio de um desenvolvimento autêntico.

5.3 DESENVOLVIMENTO AUTÊNTICO E O CAMPO CTS: APROXIMAÇÕES E DISTANCIAMENTOS

Na primeira seção falamos a respeito do alinhamento dos valores e na segunda, sobre o conceito de **desenvolvimento modernizador**, com o qual países como o Brasil tentam se modernizar seguindo pressupostos de países desenvolvidos. Nesta seção queremos mostrar o conceito de **desenvolvimento autêntico**, proposto por Lacey, como direcionamento para contextos de comunidades que não veem suas reais necessidades atendidas por políticas que investem, prioritariamente, em rumos modernizadores.

O tipo de desenvolvimento que fornece bem-estar geral e possibilidades para diminuição da pobreza seria o desenvolvimento autêntico. Esse desenvolvimento é alimentado pelo **conhecimento completo**, que não abstrai a vida prática e ainda inclui uma **multiplicidade de estratégias**, inclusive a materialista, e deixa de lado o valor do controle e seus valores subordinados, substituindo-os por valores como o do **florescimento humano**.

A multiplicidade de estratégias faz com que as pesquisas e seus resultados estejam mais próximos da neutralidade, já que não estão vinculadas a uma única estratégia. A autonomia no desenvolvimento autêntico não pode ser preservada, já que valores sociais direcionam o desenvolvimento das pesquisas. Já a imparcialidade precisa ser preservada, para correta avaliação. O conhecimento objetivo informa práticas tecnológicas para o bem-estar de uma

determinada população. Por conseguinte, para que haja o desenvolvimento autêntico, os momentos da atividade tecnocientífica, em termos lógicos e de acordo com a filosofia de Lacey, seriam tal como o apresentado na Figura 9.

Descreveremos a Figura 9 ao longo do texto; contudo, primeiramente, vamos nos deter ao primeiro momento lógico, na escolha das estratégias. Para esta escolha, valores sociais estão presentes e a participação pública, para Lacey, é primordial para a definição da agenda de pesquisa. Estabelecendo relações de associação com o campo CTS, vemos que a teoria de Lacey começa a se distanciar das vertentes europeia e americana – tradição campo CTS do hemisfério norte - e se aproximar do Pensamento Latino Americano em CTS - PLACTS.

O campo CTS, polissêmico em sua natureza (STRIEDER, 2012), traz em sua gênese a discussão da suposta neutralidade da ciência e tecnologia e a necessidade de participação pública perante as decisões que envolvem estes conhecimentos. Santos (2016) enfatiza que o movimento campo CTS tem como um dos principais objetivos a busca pela democratização em processos decisórios. Já dissemos que o foco da tradição americana tinha um viés que relacionava o campo CTS em termos práticos, de forma que as consequências sociais e ambientais, provenientes da tecnociência, eram discutidas em contexto educativo, social e político. Já a tradição europeia se concentrava mais na academia, de forma teórica, fundamentando os aspectos sociais dentro do desenvolvimento científico. Ambas as concepções, tradição CTS do Hemisfério Norte (americana e europeia), baseiam seus discursos de participação no sentido de pós-produção, avaliando os impactos negativos e positivos depois que o conhecimento já foi produzido (ROSO, AULER, 2016; ROSA, 2014; ROSA e AULER, 2016).

Prioritariamente na tradição europeia existe uma incompatibilidade de algumas visões de pesquisadores do programa forte e do construtivismo com as ideias de Lacey. Lacey não compartilha com ideias irracionalistas de filosofias pós-modernas, ver capítulo 3, tais como foram empregadas no surgimento da tradição europeia. Ele defende a existência de valores sociais na atividade científica e sua importância para conduzir a produção de conhecimentos por meio de estratégias. Entretanto, no momento da avaliação de teorias a imparcialidade é preservada e o conhecimento produzido é objetivo, explicando assim o sucesso tecnológico. Mesmo que haja pesquisadores que estejam no movimento CTS, atualmente, dentro de uma perspectiva pós-moderna, não compartilhamos da perspectiva de que o movimento CTS tenha características irracionalistas ou relativistas.

> No campo da investigação, mais especificamente dos estudos sociais sobre CT, há uma proximidade com autores, tal qual Thomas Kuhn, dentre outros,

> que questionam a imagem tradicional, positivista da CT, **não sendo compartilhadas aquelas teorizações, no campo dos estudos sociais da CT, radicalmente relativistas.** (Auler, 2002, p. 29 e 30, negrito nosso).

Assim, nosso intento de associar as ideias de Lacey com o campo CTS não fica prejudicado por posicionamentos anticientíficos no início do movimento. Na verdade, trazer Lacey para discutir o campo CTS constitui-se em contribuição para o fortalecimento de pressupostos que venham contribuir com uma ciência voltada para o bem-estar amplo e que envolva um comprometimento com a transformação social por meio do entendimento dos valores na atividade científica.

De forma simultânea ao movimento CTS no hemisfério norte, como já foi mencionado no capítulo 2, surge também o PLACTS. Para Santos (2016), esse pensamento é ignorado na literatura internacional e tem em comum com as outras abordagens a crítica da concepção triunfalista da tecnociência e a crítica ao modelo de progresso linear. Entretanto, o PLACTS segue uma vertente que critica a Política científica e tecnológica adotada em países em desenvolvimento que seguem a agenda científica de países desenvolvidos, desconsiderando os problemas sociais locais. O PLACTS resgata a questão da transferência de tecnologia advinda de países desenvolvidos; são transferidos, juntamente com os produtos tecnológicos, os valores dos países modernizados, reforçando o padrão de consumo e a apropriação irrefletida.

Entretanto, diferentemente do movimento CTS do hemisfério norte, o PLACTS não tem adentrado no contexto educacional e recentemente tem sido problematizado por grupos de pesquisas brasileiros tais como o Grupo de Estudos Temáticos em Ciência-Tecnologia-Sociedade (GETCTS[49]). Esse grupo, segundo Santos (2016), tem como intento a busca por uma cultura de participação em que utiliza o educador Paulo Freire para trazer o PLACTS para o campo educacional.

Dentro do CETCTS, a pesquisa de Rosa e Auler (2016) enfatiza silenciamentos decorrentes da concepção da neutralidade presente em trabalhos CTS, no contexto educacional brasileiro, que endossam decisões tecnocráticas. Uma de suas conclusões se baseia em trabalhos no campo educacional CTS, que criam práticas curriculares utilizando temas que reduzem a participação aos aspectos positivos/negativos relativos ao pós-produção do conhecimento tecnocientífico. Assim, perspectivas valorativas sobre o desenvolvimento

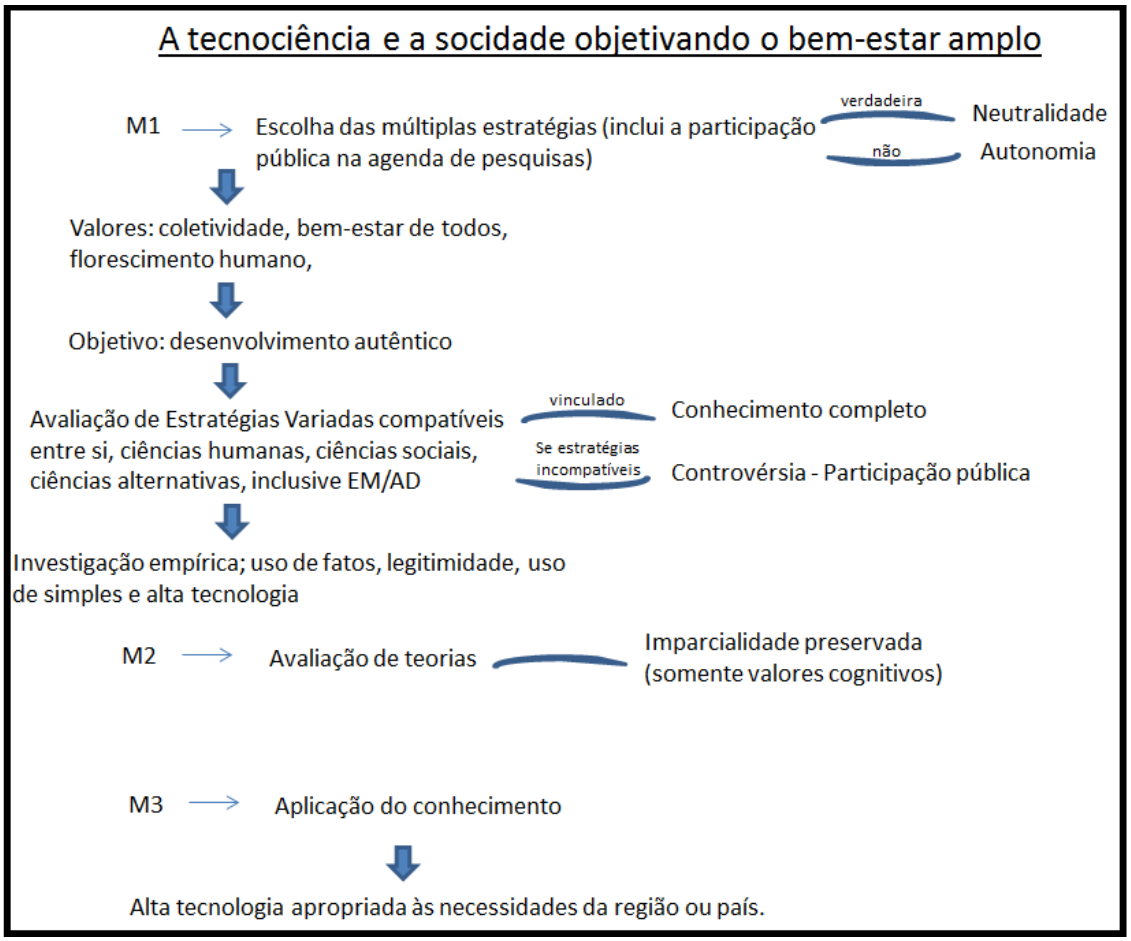
[49] Grupo de pesquisa do Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

autêntico proposto por Lacey podem ajudar práticas docentes a fomentar a necessidade de participação pública no direcionamento inicial das pesquisas científicas.

De acordo com Auler (2002), dentre os motivos de participação cidadã, não somente depois da produção científica mas nas agendas de investigação, se dá por razões tais como:

1. Problemas científicos e tecnológicos, tanto em relação aos benefícios quanto pela gravidade de possíveis implementações, são determinados por relações sociais, de tal forma que os problemas atuais e potencias não podem ser resolvidos satisfatoriamente utilizando apenas a investigação tecnocientífica;
2. A população tem direito de participar de decisões que envolvem a sociedade, pois os produtos advindos da tecnociência, na maioria das vezes, influenciam suas vidas nos mais diferentes aspectos;
3. A participação da população pode trazer uma segurança maior em relação à tecnociência. Auler (2002) aponta que agendas de pesquisas estão voltadas para o comércio, as grandes produções e o lucro, sem previsão de alcance imediato e a longo prazo dos possíveis riscos provenientes da tecnociência, de modo que problemas como biotecnologia, doenças como a da “vaca louca”, além de problemas de ordem militar, decorrentes desde 1960, tem feito parcelas da sociedade terem receio quanto ao desenvolvimento tecnocientífico.

Figura 9: A tecnociência a serviço do bem-estar amplo.



Fonte: Elaboração própria com base nas ideias de Lacey.

Voltando para a Figura 9, ainda no primeiro momento, na escolha de estratégias para um contexto de investigação, pode ser que exista incompatibilidade de estratégias. Para Lacey, é necessário um estudo empírico sistemático das mais diferentes frentes do saber que são determinantes para o contexto, de forma a informar a população de resultados pertinentes. Com a controvérsia entre estratégias incompatíveis, é de responsabilidade dos cidadãos o auxílio na melhor escolha, devido à influência que é gerada em suas vidas. Isso diz respeito à participação do cidadão na própria agenda de pesquisa, o que auxilia e amplia os objetivos do enfoque CTS.

Segundo Santos (2016), a participação anterior à produção da pesquisa está praticamente ausente no campo CTS do hemisfério norte. Lacey contribui neste quesito por meio dos valores a serem avaliados para ação. No ponto em que há estratégias concorrentes, a controvérsia deverá ser problematizada não somente no pós-produção e participação pública. É importante escolher as estratégias para o desenvolvimento da pesquisa. O autor defende uma multiplicidade de estratégias para que "todas" as possibilidades sejam estudadas, no

sentido de que tenha dados empíricos que permitam a eficácia e a legitimidade de que uma implementação não possua efeitos colaterais negativos (NEN – nenhum efeito colateral negativo) ou mesmo que não exista outra forma melhor para uma determinada aplicação, com valor social mais prioritário ou potencialmente maior (NFM – nenhuma forma "melhor"). Contudo, podendo chegar a uma aproximação do que o cientificismo idealiza como neutralidade na tecnociência, por meio da multiplicidade de estratégias, a autonomia não pode ser preservada, já que há escolha de valores.

Vamos problematizar, agora, o segundo momento lógico da atividade tecnocientífica da Figura 9. Trataremos da racionalidade, que para o autor se mantém factível e necessária para o desenvolvimento autêntico. Mencionamos a multiplicidade de estratégias como uma das contribuições valiosas do autor para explicar como a neutralidade pode se concretizar na busca de um desenvolvimento autêntico e não linear, como preconiza o enfoque CTS.

Uma das grandes preocupações da abordagem CTS é retirar o ideal de razão pura e isenta de valores das práticas científicas, mostrando o caráter social, humano e histórico desse empreendimento. Lacey também tem essa preocupação, quando faz a pergunta "a ciência é livre de valores?". Os pesquisadores que tratam da abordagem CTS utilizam, na maioria das vezes, os vieses de epistemólogos e sociólogos, tais como Thomas Kuhn. Vimos, também, o já citado artigo de PRAIA *et al* (2007) que defendem a epistemologia para uma "educação para a cidadania" e que mostram convergências de filósofos como Larry Laudan, Imre Lakatos, Stephen Toulmin, Mário Bunge, Paul Feyerabend, Thomas Kuhn, Karl Popper, entre outros, (no sentido que tem pontos em comum – ver a discussão no capítulo 2). Retomamos também a crítica de Acevedo (2005) sobre a "nova filosofia da ciência", que é considerada "antiga" pelo autor, e reproduzimos aqui, novamente, sua citação:

> [...] se está reproduzindo na didática das ciências uma situação similar do que sucedeu nos anos 50, 60 e 70, quando os filósofos da ciência baseavam suas conclusões sobre a NdC [Natureza da Ciência] nos casos históricos do passado, incluindo entre esses pensadores não somente os positivistas lógicos, mas outros como Popper, Kuhn, Feyerabend, Lakatos, Laudan e demais membros englobados na que então se denominou "nova filosofia da ciência", que agora é antiga. Esses debates se fizeram sem ter presente que desde a segunda guerra mundial, se não antes, a macrociência, associada ao exército, às grandes indústrias, instituições governamentais e fundações, já compartilhavam espaço desde anos atrás com a ciência acadêmica (Echeverría, 2003). Depois, pouco a pouco, foi surgindo a tecnociência, que não é de todo idêntica à macrociência, ainda que às vezes se confundam. Esses fatos não são tidos em conta na maioria dos estudos sobre NdC que se desenvolveram na didática das ciências. (ACEVEDO et al, 2005b p. 131 – 132).

A epistemologia que Lacey tem algo a contribuir com o campo CTS, pois vai um pouco além quando divide em momentos a atividade científica e mostra que os valores estão presentes, embora logicamente separados, mostrando ser a imparcialidade um ideal factível. Valores sociais têm um papel legítimo na escolha de estratégias para a pesquisa e para a orientação das instituições científicas, de modo a propiciar a confirmação de conhecimentos que, quando aplicados, sejam capazes de informar os projetos almejados por meio da imparcialidade.

No segundo momento, em M_2, com a imparcialidade, os valores sociais não têm papel ao lado dos valores cognitivos, se for almejada uma avaliação correta da teoria. Dessa forma, somente os valores cognitivos, em alto grau, são permitidos para avaliação imparcial.

No terceiro momento, o conhecimento produzido e sintetizado é agora aplicado, resultando em produtos tecnológicos, confirmando a avaliação do segundo momento. Tanto no terceiro quanto no primeiro momento os valores estão presentes, entretanto, no segundo, somente os valores cognitivos podem permanecer, mostrando que a racionalidade na ciência pode ser realizada. Se não existir a imparcialidade, como explicar o sucesso tecnológico? Assim podemos dizer que a ciência precisa ser imparcial para explicar a tecnologia e, se há imparcialidade, a racionalidade é preservada.

Alguns pesquisadores em CTS endossam posicionamentos teóricos, filosóficos e sociológicos de que a ciência não pode ser totalmente racional. Com Lacey vemos que se não há racionalidade não existe a possibilidade de explicar o sucesso tecnológico. As teorias não podem ser aprovadas simplesmente pelo prestígio do pesquisador, porque se esse for o caso, ela não foi corretamente avaliada. Por conseguinte, a imparcialidade defendida por Lacey contribui para compreensão da dimensão tecnocientífica na sociedade contemporânea.

É com a imparcialidade que se pode almejar o que o campo CTS realmente reivindica: a transformação social para o verdadeiro bem-estar, o preconizado por Bacon (e não o chamado valor de controle ligado às práticas capitalistas e neoliberais que modificaram o controle descrito por esse autor, em *Nova Atlântida*). Se a imparcialidade é factível, então é possível construir uma ciência em que as sintetizações das suas possibilidades, materiais ou não,

estejam voltadas para o real bem-estar da população, ou seja, construir uma ciência consciente e responsável, almejada pelo campo CTS[50].

Para que isso aconteça, a ciência materialista deverá ser usada, mas sem a vinculação com o valor de controle. Outros valores deverão ser incentivados/incorporados na sociedade (papel da educação – enfoque CTS). Além disso, deverá adotar a multiplicidade de estratégias descritas por Lacey, juntamente com as ciências sociais e humanas, para que o maior número de possibilidades seja estudado. Por exemplo, que tipo de ciência precisamos para essa determinada localidade, de forma que o meio seja preservado, de modo que o crescimento econômico sustentável seja conquistado e que a população em geral se beneficie? Que tipos de mudanças na educação, nas famílias etc. tal implementação tecnocientífica poderá impactar? Essas questões não podem ser negligenciadas e tanto Lacey, com sua filosofia engajada, quanto o campo CTS, estão preocupados. Assim endossamos que:

> **(C) O desenvolvimento autêntico proposto por Lacey se distancia das vertentes europeias e Norte americanas do campo CTS e se aproxima do PLACTS devido: í) ao endosso à participação pública na escolha de estratégias (participação na agenda de pesquisa), ii) necessidade de se voltar para o contexto e as prioridades locais.**

Defendendo posicionamentos valorativos, mas não com vistas ao MEVC e sim objetivando o bem-estar amplo, podemos impulsionar o desenvolvimento autêntico. A neutralidade, tão almejada pelo cientificismo, pode ser contemplada se houver uma multiplicidade de estratégias, utilizando categorias quantificáveis e/ou qualitativas como uma unidade entre as ciências, sem abstração da vida prática e humana. Caso haja incompatibilidade de estratégias, a população pode intervir e a investigação empírica deverá estar presente para identificar as melhores opções para a pergunta de pesquisa. A imparcialidade continua sendo factível, já que no momento da avaliação de teorias, valores sociais não estão presentes e apenas valores cognitivos são usados para legitimar teorias por meio da investigação e construção de fatos. Dessa forma, o "produto" é uma tecnologia

[50] E também almejada pela nova revolução científica, a chamada ciência para a sustentabilidade (VILCHES, GIL-PEREZ; 2016).

apropriada a determinada região que levou em conta os interesses e necessidades específicas da região. Vejamos como isso pode ser alcançado por meio da educação científica.

5.4 IMPLICAÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM CTS

Neste tópico, nosso intento é direcionar as aproximações feitas no capítulo para a formação de professores em CTS. A formação de professores, de maneira geral, abrange teorias as mais diversas, tendo contribuições de diferentes áreas. Nessa tese não está em nossos objetivos estender contribuições para uma formação tão ampla. Aqui queremos dialogar com a área específica do campo CTS, mostrando para professores pesquisadores que trabalham com a formação do professorado e que se alinham com os objetivos educacionais da proposta CTS, as contribuições da filosofia engajada de Hugh Lacey. Este se constitui um trabalho inicial para mostrar as potencialidades da aproximação Lacey-CTS. Por ser de caráter inicial acreditamos que, num primeiro momento, a filosofia de Lacey estaria mais adequada para a formação inicial dos professores.

Vemos que os valores propostos por Lacey, com o desenvolvimento autentico, são iguais ou similares aos valores que o enfoque CTS valoriza em uma educação científica para a cidadania. O ideal é que os valores da primeira coluna (Quadro 2) sejam convertidos em valores da segunda e terceira coluna. O que o campo CTS defende, no campo educacional, é uma alfabetização científica para todos, de forma que o futuro cidadão tenha autonomia suficiente para direcionar, decidir, impedir quando necessário, avaliar e opinar de forma coerente. Para isso, conhecimentos científicos apropriados, dentro de uma educação pela pesquisa que envolva aspectos filosóficos e sociológicos, devem ser adotados.

Em 4.6 vimos, segundo Lacey 2010, que a dimensão fundamental do bem-estar humano é o exercício da capacidade de agir. Somente agindo, colocando em prática os valores, que a transformação acontece. O autor aponta para a necessidade do estabelecimento de prioridades para se escolher em qual pesquisa engajar, por meio de decisões democráticas. Mas a pessoa age segundo suas crenças, valores e desejos. Utilizando a mesma notação de 4.1, uma pessoa X sustenta um valor *v* como um valor social Φ se e somente se:

(1) X deseja que v se manifeste em grau elevado em Φ;

(2) X acredita que a manifestação em grau elevado de v em Φ é parcialmente constitutiva de um "bom" Φ;

(3) X está comprometido *ceteris paribus* a agir para aumentar ou para manter o grau de manifestação de v em Φ. (LACEY, 2010, p. 271).

Enfatizamos a capacidade de agir em (3) com vistas a um bem-estar social por meio dos valores. O papel do ensino de ciências, que visa educar para a cidadania, tem em (3) um fim, embora participe mais em (1) e em (2). No nosso entender, pensando na aproximação (A) construída em 5.1, o enfoque CTS deve estar voltado para que uma pessoa X sustente um conjunto de valores e possa agir com congruência para o bem-estar de todos. Os valores é que impulsionam uma pessoa agir, caso haja comprometimento para diminuir o gap entre valores articulados e manifestados. São dos valores que construímos nossos desejos, metas e crenças. Por conseguinte, se focarmos na reestruturação de valores dos professores com respeito à tecnociência, ou mesmo compreendê-los e mudarmos sua hierarquia, eles terão condições de, a partir de seus próprios valores e de sua noção de incompletude, fomentar metas e objetivos de forma a construir valores intencionais em seus alunos.

Mesmo que existam outros condicionantes importantes que ainda não foram refletidos - com certeza os há - é possível que, mudando os valores, também se mude a forma de agir. Se não há ação, deveríamos fazer um estudo dos valores, avaliar suas hierarquias e elaborar novas metas e objetivos. Aqui incentivamos mais pesquisa sobre a hierarquia de valores para concretização da participação dos estudantes, futuros cidadãos, já que uma pessoa pode ter a maioria dos valores que impulsionam à ação e ter um contrário em alta hierarquia que a impede de agir.

Exemplos de crenças que limitam a participação foram dadas no tópico 5.2. Crenças limitantes baseadas na impossibilidade de mudança podem falar mais alto (no sentido de estar mais intenso) do que o valor da responsabilidade ou mesmo o valor de cooperação. Ou ainda, uma pessoa pode ter um valor forte de comprometimento, embora receios de se expor ou a crença na escassez de recursos pode impedir de realizar o desejado. Assim endossamos a aproximação Lacey-CTS (B) para a formação de professores, pois as relações CTS com a abordagem valorativa podem contribuir para a superação de crenças que limitam a participação pública.

A filosofia do autor visa compreender a prática científica atual e propõe uma nova forma de entender a ciência por meio dos valores, com o objetivo de levar o verdadeiro bem-estar para todos. Dentro dessa perspectiva, o autor julgou pertinente falar sobre como deveria ser a formação do cientista para uma nova forma de compreender a ciência. Pedimos a devida licença para inserir na discussão da formação dos professores a formação do cientista. Esse é um dos importantes atores no cenário da perspectiva CTS e a ele interessa saber o que propõe o epistemólogo.

Para Lacey é fundamental o discernimento para a avaliação de diferentes tipos de metodologias, estratégias a empregar, e para tanto a tarefa da educação científica (no caso dos cientistas) consiste em desenvolver o autoconhecimento. Esse autoconhecimento diz respeito à sua própria atividade como cientista, o que implica conhecer os valores que estão subjacentes em seu trabalho, além do comprometimento com a justiça, a ética e a cidadania. É o fazer com consciência crítica das possíveis implicações de sua atividade. Não somente para ter números de publicações ou se debruçar em pesquisas que sejam bem financiadas; mas ter um objetivo, conhecer as implicações de suas escolhas, ter a noção da estrutura complexa e social que é a ciência, tomando consciência de seus próprios valores, com responsabilidade pelo conhecimento produzido.

Para o desenvolvimento da autoconsciência a formação científica deve se voltada para:

> 1) Estudar o lugar da ciência na sociedade humana e na vida contemporânea; 2) estudar os fatores que influenciam a atividade científica, suas escolhas de direções para a pesquisa e a forma e composição de suas comunidades e instituições; 3) estudar a relação da ciência (a sua busca, o conhecimento por ela obtido e suas aplicações) com o bem-estar humano e avaliar o valor da ciência com relação a outros valores sociais e humanos significativos; 4) examinar criticamente a interação entre os fatores cognitivos e sociais na atividade científica e, particularmente, tornar-se atento aos mecanismos por meio dos quais os fatores sociais possam veladamente (e impropriamente) misturar-se a maioria dos fatores cognitivos na execução de juízos teóricos; 5) alcançar uma percepção do que pode e do que não pode ser adquirido a partir da ciência, e de que isso poderia assumir formas diferentes sob condições sociais diversas que expressassem diferentes valores; 6) empenhar-se numa avaliação crítica das visões concorrentes sobre essas questões. (LACEY, 2008, p.187 e 188)

Note que esses seis quesitos descritos na citação acima, estão na filosofia de Lacey, como vimos no capítulo 4. Lacey coloca esses quesitos como importantes para a formação do cientista, embora também importe para a formação dos professores. O autoconhecimento de suas práticas para o cientista é importante para a ciência, assim como o conhecimento da figura do cientista é importante para o professor que discute as relações CTS. Olhando mais atentamente a proposta de Lacey para o autoconhecimento, e pensando na perspectiva CTS, esses seis quesitos não seriam importantes, não somente para a formação do cientista e do professorado de ciências, mas também na formação para a cidadania? Essa pergunta já revela nosso posicionamento.

Corroborando com a atividade científica proposta por Lacey, chamamos atenção para o biólogo Gilson Volpato[51] que se preocupa com a qualidade da ciência realizada no Brasil. Volpato dedicou parte do seu tempo de cientista escrevendo livros e dando palestras que tratam sobre a redação científica, como o livro "*Bases teóricas para redação científica: por que seu artigo foi negado*" (VOLPATO, 2011). Segundo Volpato (2011) a boa escrita é resultado de uma boa ciência e que as "regrinhas" impostas para a escrita são para aqueles que não têm ideia de como o empreendimento científico de ponta funciona. Entre as considerações do autor está a concepção que, para fazer uma boa pesquisa o cientista deve ter conhecimentos filosóficos, sociais e educacionais de forma que as partes operacionais no laboratório ou na teoria não estão dissociados da concepção sobre a filosofia da ciência. Para o autor a educação científica dos cientistas no Brasil está errada, pois não envolvem pesquisas feitas em bases sólidas.

Trazemos as reflexões de Volpato (2013, 2011) porque é um cientista que não dissocia o ensino e a sociedade da formação do cientista. No Brasil, veremos poucos pesquisadores com essa visão, porque a maioria vem de formações dentro de bacharelados que pouco ou nenhum conteúdo sobre a filosofia, sociologia, ética e o contexto social são levados em conta. E essa formação não proporciona uma autoconsciência crítica do fazer dos cientistas, como sugere Lacey.

Veremos esses mesmos cientistas, dentro das tarefas que são exigidas em uma universidade, não realizando somente pesquisas, mas se envolvendo na tríade ensino, pesquisa, e extensão. Por esse modo, observando o currículo comum dos bacharelados e licenciaturas, esses mesmos cientistas estarão "ensinando" não somente cientistas, mas futuros professores da educação básica, o que torna o assunto importante ou, dependendo do ponto de vista, urgente para ser destacado na própria formação de professores. E, sem o autoconhecimento, esses cientistas correm um risco grande de passarem seus valores irrefletidos e crenças advindas da metafísica materialista para os futuros professores de ciências.

[51] A citação aqui feita em relação ao biólogo brasileiro Gilson Volpato, no qual sou profunda admiradora de seu engajamento com a pesquisa científica, não quer dizer que sou adepta a todos seus pensamentos, principalmente no que tange seu pensamento sobre a pesquisa básica e a aplicada, publicada em (VOLPATO, 2013).

A filosofia de Lacey contém em si os seis quesitos e, além disso, tem uma visão politicamente orientada. Destacamos aqui a importância de debruçarmos nesses quesitos tanto para a formação do cientista quanto para a formação dos professores.

Não estamos dizendo que a formação de cientistas e de professores deveriam ser a mesma. Isso seria desprezar o que conquistamos com dificuldade, que é compreender as importantes especificidades dos professores. Estamos defendendo que a filosofia de Lacey contribui tanto para o autoconhecimento dos cientistas quanto para o posicionamento epistemológico, social e político dos professores. Inclusive, estamos atentando para o fato de que formando o professor para compreender o fazer do cientista estamos contribuindo com a própria formação do cientista, já que professores na sala de aula formarão os futuros engenheiros, políticos, futuros cientistas, etc. Acreditamos que a formação dos professores é um dos pontos estratégicos para fomentar o bem-estar amplo, por meio de valores que se alinham com essa proposta e que não estejam vinculados ao MEVC.

O professor deve ser formado por um conjunto de valores desde a formação inicial, para que possa saber formar os estudantes na linha desses valores. (1) Quais os valores deveriam estar na formação inicial do professor em CTS e (2) como educar o professor para que ele incorpore esses valores em sua prática? (3) Qual prática fará com que o professor adquira esses valores?

A formação do professor é um ponto forte no enfoque CTS. Primeiro, porque não há como ter uma educação voltada para a cidadania sem um professor que conduza o aprendizado e o livre pensar. Como vimos no capítulo 2, autores apontam que um dos maiores problemas na educação CTS é a concepção dos professores acerca do empreendimento tecnocientífico. Além disso, grande parte do professorado não consegue conceber o ensino como potencial para a transformação social. A filosofia de Lacey na formação do professor, juntamente com um ensino voltado para a pesquisa, também na formação inicial, poderá auxiliar tanto na concepção epistemológica do professor quanto em ver o ensino de ciência de forma mais compromissada perante os desafios atuais. Dessa forma, podemos dizer que em (1) temos que os valores presentes na formação de professores devem ser os mesmos que o enfoque CTS propõe e isso pode ser facilitado quando a filosofia de Lacey é estudada, numa aproximação Lacey-CTS (A). Em (2) acreditamos que, se o professor for educado como expusemos no parágrafo que responde (1), ou seja, o fato de mergulhar na filosofia engajada e nos seis quesitos propostos pelo o autor, muito compreenderá sobre a necessidade de ação e de comprometimento com o bem-estar de todos. Isso diminui crenças que limitam a participação democrática, como endossamos na aproximação Lacey-CTS (B). Assim, o

pensamento crítico e o entendimento do empreendimento tecnocientífico atual estarão integrados em sua prática. Para isso, respondendo (3), o ensino deverá estar voltado para a pesquisa de temáticas sociocientíficas ou problemas específicos e controversos, de forma a contemplar variados aspectos, e uma multiplicidade de estratégias interdisciplinares e contextuais no ensino, mostrando ao professor controvérsias atuais em que possibilitará entrar em contato com a complexidade da tecnociência e suas implicações sociais locais, endosso da aproximação Lacey-CTS (C). Lacey contribui para olhar para temas atuais e suas categorias valorativas (ver Quadro 4), que permitem avaliar em qual tipo de desenvolvimento um dado percurso de pesquisa está sendo delineado.

O professor tem transmitido aos seus alunos, no sentido da racionalidade técnica, o que lhe foi ensinado em sua formação inicial. Um ensino "neutro", utilizando basicamente quadro-giz, de maneira quase exclusiva dentro do expositivo, não mostrando as relações da tecnociência com a sociedade. Todavia, esse ensino é intencional, embora muitas vezes inconsciente, direcionado para que a ciência seja inalcançável, que o cientista seja considerado um ser superior aos demais humanos, favorecendo a dominação por meio de crenças de que não há outra opção; o sistema dita o que funciona. E isso se aproxima muito da abordagem descontextualizada que diz desconsiderar valores.

A multiplicidade de estratégias no envolvimento de um problema postulado por Lacey, se aproxima do campo CTS, em (C) de 5.3, que investe em uma temática de forma que múltiplas disciplinas inter-relacionadas são utilizadas para problematizar questões tecnocientíficas do contexto desses professores/estudantes (no caso, contexto latino-americano, brasileiro ou mesmo de comunidades locais). Diferentes olhares são abordados, mas nem todos são compatíveis com o problema específico. Dependendo dos objetivos do professor, ou conjunto de professores, e da necessidade do tema, deverá ser selecionado um conjunto de saberes para direcionar a questão envolvida.

Por ser tão complexas as características da tecnociência, um ensino meramente expositivo não seria apropriado. Um ensino unidirecional traria visões distorcidas sobre a face da tecnociência e suas implicações sociais internas e externas. É o que temos visto de mais comum no ensino de ciências atualmente no Brasil, mesmo com os PCNs e LDB que já manifestam um envolvimento do campo CTS no currículo. O ensino expositivo não seria problema algum, ele tem suas características benéficas e se mostra eficiente em determinados momentos na educação. Entretanto, um professor que só utiliza a exposição, giz e livro como ferramenta, já se posicionou epistemologicamente, mesmo que de forma inconsciente. Em termos políticos é dito que esse tipo de ensino é "neutro".

O fato de se caracterizar como “neutro”, sem implicação valorativa explícita no ensino, quando não aborda temas sociais no ensino de ciências, já pode ser considerado um posicionamento e um comprometimento com certos valores como: o descompromisso com o ensino como potencial para a transformação social e com as implicações ambientais decorrentes da ciência e da tecnologia; e a alienação do indivíduo que consome um produto tecnocientífico desconhecendo as leis que as regem, os efeitos físicos, sociais e morais, induzidos pelo comercio exacerbado. O ensino transmissivo reflete valores como o individualismo, já que em uma sala de aula a disposição das cadeiras enfileiradas pode mostrar que é cada um por si em relação ao conhecimento. Sem o auxílio da história e da filosofia da ciência e de outros conhecimentos não vinculados às teorias científicas, os alunos podem ter as mesmas imagens distorcidas que o professor. Como esse tipo de abordagem se constitui em um ensino com vistas a preparar quem se decidirá a ser cientista, isso implica em uma rejeição aos outros indivíduos presentes, o que leva a uma elitização do conhecimento, a crença de que a ciência não é para qualquer um, implicando na baixa autoestima e a crença que o incapacita a participar de decisões e controvérsias. Como a crença na incapacidade está estabelecida, não há como o indivíduo agir ou mesmo se responsabilizar. Resta apenas se posicionar como vítima, se justificando e julgando quem está no poder.

Já um ensino intencional, que busca as relações complexas entre a tecnociência e a sociedade, possui valores e objetivos claros e se compromete com metas e crenças fortalecedoras, que impulsionarão o ensino. O contexto CTS na sala de aula, não exclui a abordagem expositiva, mas não fica somente nela. Utiliza diferentes métodos[52], como jogos, debates, simulações, role-play, etc., como foi demostrado no capítulo 2, enfatizando diferentes visões (diferentes setores da sociedade).

Dessa forma, Lacey contribui para o ensino de ciências e para a formação crítica de professores e, possivelmente, de futuros cidadãos. O professor formado nessa perspectiva deve ter, de forma clara, seus valores e suas motivações - como compreendem as relações CTS - e se preocupar com as diferentes visões, dando condições aos alunos de questionarem até mesmo os valores do professor. Isto é educar para o pensamento livre, embora intencional. Os alunos, quando compreendem a complexidade das relações CTS e percebem que a abordagem descontextualizada não consegue, sozinha, dar conta da complexidade humana,

[52] Importante enfatizar que esses métodos não são exclusivos da abordagem educacional CTS.

passam a ter um sentimento de humildade e solidariedade com diferentes visões, no sentido de que nossas ideias, sozinhas, possuem limitações. Precisamos sempre de outras visões que complementem a nossa ou mesmo que mudem nossa visão para uma mais adequada no contexto histórico específico. Isso é se colocar como parte de um todo e perceber que essa mesma parte pode muito, mas não tudo.

Estas reflexões intencionais podem desenvolver valores compatíveis com o que o enfoque CTS procura. Dessa forma, endossamos outra contribuição:

(D) Lacey contribui para o autoconhecimento do professor comprometido com as relações CTS, auxiliando-o a refletir e concretizar seus desejos e objetivos educacionais por meio dos valores.

Isso acontece devido ao comprometimento em diminuir cada vez mais o gap (brecha) entre os valores almejados e os valores manifestados. Contribui para perceber esses valores durante a avaliação dos seus próprios alunos, ver se conseguiu alcançar os valores almejados, por meio da articulação nas palavras dos estudantes ou em suas ações.

Lacey contribui para a avaliação do próprio campo de pesquisas educacionais em CTS de forma a ver o gap entre os valore manifestados e os articulados pelos trabalhos, ajudando, por meio dos valores, no estabelecimento de metas e objetivos a curto, médio e longo prazo. A avaliação a médio e curto prazo podem ser dadas por meio da articulação em palavras (artigos teóricos, congressos da área e mesas redondas) ou nas ações descritas em artigos que tratam do empírico, na sala de aula. Pode-se avaliar também, a longo prazo, os valores manifestados ao longo da própria existência do campo CTS no campo educacional, levando-nos a compreender a distância, o gap, que temos a percorrer para concretização de nossos objetivos.

Por fim, Lacey é compatível com o novo direcionamento que tem sido dado ao enfoque CTS em termos de enfatizar os aspectos políticos a serem adotados nos temas, para que a participação social seja incluída na agenda de pesquisa e auxilie no estabelecimento dos rumos para a tecnociência (AULER e DELIZOICOV, 2015). Investimentos para as pesquisas devem ser direcionados para o que a sociedade tem como prioridade, já que os recursos advêm dos impostos fornecidos pela população. A filosofia de Lacey contempla essa discussão, auxiliando no posicionamento epistemológico do professor que se engaja no ensino que relaciona CTS.

5.5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Lacey, para elaborar sua filosofia, se volta muito pouco ao passado distante com o intuito de exemplificar e afirmar suas ideias. Olhar para o passado tem sua importância, mas sua volta excessiva acaba por reproduzir padrões alicerçados em crenças que limitam um desenvolvimento autêntico como o neoliberalismo. As ideias de Lacey são elaboradas com base no que acontece atualmente; e fomenta novas crenças para avançarmos, não somente em termos tecnocientíficos, mas para nos desenvolvermos em humanidade, de forma geral e aumentando as potencialidades coletivas que temos e pouco usamos a nosso favor. No momento histórico em que vivemos as ideias de Lacey se comportam bem, como foi o objetivo proposto neste trabalho; entretanto, como o desenvolvimento de ideias é dinâmico e comporta novas formas de pensar para a evolução coletiva, pode ser que, no futuro, suas ideias possam também levar a crenças que limitam e que precisam ser quebradas ou reformuladas para maior promoção de bem-estar.

Com as reflexões, confrontações e articulações desse capítulo, podemos perceber que Lacey e o campo CTS convergem entre si, obtendo valores aproximados, objetivando a transformação social que leve em conta o bem-estar de todos. Suas críticas estão na mesma direção, ou seja, contra a suposta neutralidade da tecnociência e na inexistência de valores sociais na atividade científica. Lacey vai além do campo CTS, em termos epistemológicos, explicando o lugar da tecnologia, colocando em cheque a autonomia, embora conserve a imparcialidade necessária ao desenvolvimento da tecnociência em termos autênticos, ou seja, um desenvolvimento sustentável. Seguem, portanto, algumas considerações e implicações desse estudo, a título de resumo dos pontos principais do capítulo:

- Existe uma relação de mútua colaboração entre Lacey e o campo CTS. Não somente Lacey fornece mais clareza para a educação em CTS como também a educação cientifica em CTS auxilia na mudança do esquema de valor de controle para valores de coletividade, cidadania, bem-estar de todos, preservação do meio etc., fornecendo a concretização de uma sociedade mais participativa por meio da educação de valores para atuar junto a controvérsias entre multiplicidades de estratégias, levando em conta suas contradições, resultados, fatos e implicações;

- Com Lacey, temos uma compreensão mais clara e detalhada sobre a relação entre C e T, como uma relação dialética denominada Tecnociência. Essa relação é alimentada por meio de valores, tanto sociais quanto cognitivos;
- Crenças e mitos sobre o fenômeno tecnocientífico vêm de posturas de cientistas que não possuem autoconhecimento, da concepção cientificista defensora da neutralidade da ciência, incorporando essas visões no ensino. Todas essas posturas estão repletas de valores;
- Reelabora o modelo de desenvolvimento linear, chamado pelo autor de desenvolvimento modernizador. Com Lacey, o modelo de desenvolvimento linear é desmistificado por valores sociais e reelaborado na construção da realidade, que o autor chama de desenvolvimento modernizador. A diferença entre ambos é que, enquanto o modelo de desenvolvimento linear esconde os valores por traz de uma suposta neutralidade, Lacey descreve a realidade por meio de um desenvolvimento modernizador em que os valores sociais estão vinculados ao moderno esquema de valores de controle, juntamente com o uso quase exclusivo de EM/AD;
- Lacey propõe outro tipo de desenvolvimento, o chamado desenvolvimento autêntico, que é impulsionado pelo conhecimento completo. Isso se dá devido à unidade entre as ciências naturais e as sociais. Com o desenvolvimento autêntico é possível uma aproximação maior do ideal da neutralidade, por meio da multiplicidade de estratégias;
- Com Lacey a sociedade deve participar desde a escolha da estratégia e em casos de controvérsias, derrubando a concepção de decisões puramente tecnocráticas;
- Lacey mostra que, para uma pessoa sustentar um valor, ela precisa desejar que o valor se manifeste, acreditar que o valor é importante e se comprometer a agir. É para essas questões que a educação científica deve estar voltada, para uma incorporação de valores que elimine a imagem da tecnociência atual, trocando o valor de controle pelo valor do florescimento humano. Isto é, uma educação de valores voltada para a ação, fundamental para o campo CTS;
- Lacey tem uma descrição e formulação epistemológica mais condizente com a realidade atual, em comparação com outros filósofos largamente utilizados no Ensino de Ciências;

- Embora se utilize valores sociais, a ciência é racional. Essa racionalidade garante que o desenvolvimento tecnocientífico esteja voltado para produção de recursos associados ao bem-estar real de determinado contexto.

Os 6 itens para a formação do cientista podem ser aplicados na formação crítica sobre a tecnociência do professor de Ciências Naturais, e isso se dá por meio da própria filosofia de Lacey. O autor contribui para o ensino de ciências também quando aborda a questão de ser factível a neutralidade na atividade científica desde que haja uma multiplicidade de estratégias. Vemos que um ensino transmissivo e neutro é combatido pelo campo CTS, mostrando que, mesmo pela inconsciência do professor em relação à sua prática, há uma intencionalidade irrefletida, ou seja, já existe um posicionamento epistemológico, ou por imitação de outros professores durante sua experiência como aluno, por meio de crenças adquiridas na cultura, ou porque foi ensinado durante sua formação inicial. Com o conhecimento dos 6 quesitos, aliado ao autoconhecimento de suas práticas, intensões e objetivos, o ensino poderá se aproximar do neutro, quando utiliza uma multiplicidade de visões, conduzindo e orientando o aluno a pensar por si só, de tal forma que seja capaz de escolher e de criticar a prática e o posicionamento do próprio professor. Essa reflexão traz a possibilidade de uma pratica valorativa consciente, de natureza intencional, objetivando a imparcialidade com a multiplicidade de visões na interação campo CTS.

Pensando de uma forma idealizada, formando o professor nessa perspectiva e com um conjunto de valores adequados, esses profissionais, na sala de aula, serão responsáveis pela educação de futuros engenheiros, professores, políticos, cientistas, etc.; ou seja, futuros cidadãos, podendo, por meio dos valores, transformar a própria formação dos cientistas, já que futuros ingressos se preocuparão em perpetuar valores para a ação e transformação social.

Por fim, evidenciamos que não observamos nenhuma divergência entre a teoria de Lacey e o campo CTS, com ressalvo para aqueles pesquisadores que fazem parte do movimento e que possuem posicionamentos epistemológicos irracionalistas. Mesmo assim, esses posicionamentos pontuais não se constituem opiniões generalizadas do campo. Por ser a aproximação Lacey-CTS uma pesquisa inicial, incitamos maiores estudos e opiniões para compreensão de nuanças ainda não detectadas.

6 UM OLHAR PARA A NANOTECNOLOGIA COM A FILOSOFIA DE LACEY

No capítulo anterior vimos que Lacey pode contribuir com a educação científica que prioriza o enfoque CTS. Percebemos que o Quadro 4 (ver capítulo 4), em que seus conceitos foram problematizados ao longo do capítulo 5, sobre a aproximação Lacey-CTS, pode ser utilizado para avaliação de temas de cunho sociocientífico. Em outras palavras, nosso intento é utilizar um tema sociocientífico, importante para o campo CTS, de forma a avaliá-lo com as categorias encontradas em Lacey. A nanotecnologia foi escolhida por ser um tema atual, controverso e urgente, capaz de evidenciar as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

De acordo com Ratcliffe e Grace (2003), a natureza de um tema sociocientífico são questões que:

> - Têm base na ciência, frequentemente em áreas que estão na fronteira do conhecimento cientifico;
> - Envolvem a formação de opiniões e a realização de escolhas em nível pessoal e social;
> - São frequentemente divulgadas pela mídia, com destaque para os aspectos baseados nos propósitos dos meios de comunicação;
> - Lidam com informações incompletas por conta de evidências científicas incompletas/conflitantes e inevitáveis relatórios incompletos;
> - Têm problemas com dimensões locais, nacionais e globais com enquadramentos sociais e políticos;
> - Envolvem a análise de custo/benefício na qual os riscos interagem com valores;
> - Podem envolver considerações sobre o desenvolvimento sustentável;
> - Envolvem valores e raciocínio ético;
> - Podem requerer algum entendimento de probabilidade e risco;
> - São frequentemente tópicos de contextos transitórios.[53] (RATCLIFFE, GRACE, 2003, p. 2-3, tradução nossa)

A avaliação de cada tópico mencionado por Ratcliffe e Grace não é nosso intento nesse espaço, embora com o decorrer do desenvolvimento do tema, os tópicos sejam discutidos inevitavelmente, já que a nanotecnologia é um tema sociocientífico de natureza emergencial para a educação científica. Como veremos adiante, muitos produtos nanotecnológicos estão inseridos no mercado sem terem estudos que legitimem sua comercialização. Queremos avaliar, mais pontualmente, em que direção de desenvolvimento e bem-estar um dado tema sociocientífico está voltado. Acreditamos que, com esse exemplo, podemos mostrar as

[53] Dificuldade em traduzir. No original: “are frequently topical with a transient life”.

potencialidades da filosofia de Lacey para o tratamento de temas que envolvem a complexidade das relações CTS, como a nanotecnologia.

Confessamos que esse exemplo de avaliação pelas categorias que sintetizamos no Quadro 4, carece de mais elaborações, mostrando aspectos de outros autores e mais abordagens para uma educação para cidadania eficiente. A nanotecnologia é um tema complexo, com várias nuanças que não é possível tratar em sua completude nesse pequeno espaço. Contudo, mesmo correndo o risco de reducionismos, acreditamos que o exemplo é pertinente (escolhemos um recorte importante, utilizando como cenário a ABDI) para evidenciar mais concretamente formas de avaliação de temáticas atuais e prioritárias.

Por mais que a nanotecnologia seja um tema atual, autores como Fernandes e Figueira (2008) apontam, por meio de estudos históricos, que a nanotecnologia foi utilizada desde a época medieval, como no caso das técnicas utilizadas em vidros de igrejas para cores variadas, que são ressaltadas devido às diferentes dimensões das partículas de ouro (VALADARES, 2005). É quase um consenso na comunidade cientifica que o marco do surgimento da nanotecnologia foi com Richard Feymman. Foi quando proferiu, em 29 de Dezembro de 1959, a palestra "*There's Plenty of Room at the Bottom*[54]", asseverando que a cabeça de um alfinete tem espaço suficiente para colocar toda enciclopédia britânica. Embora considerado o pai da nanotecnologia, não foi Feymman quem utilizou primeiro este termo, mas o professor Norio Taniguchi da Universidade de Tóquio, em 1974 (RAMSDEN, 2005).

Defendemos, nesse texto, que a nanotecnologia auxilia nas articulações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade por ter os três elementos concentrados em uma única temática. Além disso, mostramos que a nanotecnologia não é somente um tema como outro qualquer que tem controvérsias; o tema proposto é de importância atual e urgente, causando implicações diretas para educação científica. Dentre as preocupações que surgem com o tema, estão o problema das patentes, da relação pesquisa e comércio, problemas com a regulação dos produtos, riscos e necessidade de participação pública, inclusão da população na agenda de pesquisa. O tema da nanotecnologia é vasto e abrangente, e utilizamos como recorte os dados estudados e disponíveis pela Agência Brasileira de Desenvolvimento industrial (ABDI).

---

[54]Disponivel em http://calteches.library.caltech.edu/47/2/1960Bottom.pdf

6.1 SOBRE A ABDI

A Agência Brasileira de Desenvolvimento industrial (ABDI) foi construída em 2004 com a finalidade de "promover a execução de políticas de desenvolvimento industrial, [...], em consonância com as políticas de comércio exterior e de ciência e tecnologia" (BRASIL, 2004). A ABDI é composta por representantes do Poder Executivo e por entidades privadas. Sem fins lucrativos, essa agência é caraterizada como sendo de pessoa jurídica de direito privado e de interesse público coletivo (BRASIL, 2004). Dentre os deveres da ABDI citados no artigo 9 da Lei 11.080, enfatizamos o item IV, que visa "disponibilizar informações técnicas, creditícias, entre outras, que contribuam para o desenvolvimento industrial brasileiro (BRASIL, art. 9 item IV, 2004)". Em seu site oficial[55], a ABDI está disponibilizando diversos estudos que mostram os delineamentos de pesquisas, os objetivos e objetos de estudo, utilizando linguagens na maioria das vezes compreensíveis para a população leiga.

Segue a Tabela 1, constituída dos estudos da ABDI; designamos os estudos com a letra E, que mostra os documentos que foram objetos de nossa análise. Em seguida descrevemos um resumo de cada estudo.

Tabela 1: Estudos da ABDI sobre o tema Nanotecnologia.

Nome	ABDI/Documento	Data	Páginas
E1	Cartilha sobre a nanotecnologia	2010	52
E2	Panorama da nanotecnologia	2010	182
E3	Nanotecnologia: Estudo prospectivo	2010	394
E4	Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação	2011	48
E5	Panorama de patentes de nanotecnologia	2011	45
E6	Direito econômico e a política nacional de nanotecnologia: tentativa de superação do desafio furtadiano	2012	25
E7	Regulação, inovação e desenvolvimento das nanotecnologias	2012	61
E8	Relatório de acompanhamento setorial – nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação	2013	49

Fonte: Elaboração própria.

[55] www.abdi.com.br

E1: Cartilha sobre a Nanotecnologia. Essa cartilha é de caráter informativo e se destina ao público leigo, pois sua escrita possui qualidade simples, fácil e de agradável leitura, permeada de comparações e figuras da vida cotidiana.

E2: Panorama da nanotecnologia: Com a parceria entre ABDI e CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) esse trabalho se constitui de um estudo bibliométrico publicado pela Science-Métrix[56] sobre os trabalhos científicos em nanociência indexados na base de dados Scopus entre os anos de 1996 e 2006.

E3: Nanotecnologia: Estudo prospectivo – juntamente com o panorama da nanotecnologia - traz resultados de estudos de 6 categorias de nanotecnologias, mostrando quais são mais promissoras para o mercado brasileiro. Ainda traz ao público a agenda da nanotecnologia levando em conta os parâmetros estudados e as estratégias até 2020.

E4: Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação. E um relatório que trata com mais ênfase os nanomateriais, que traz a preocupação com a regulação dos produtos da nanotecnologia, as compreensões dos diferentes atores sobre os riscos provenientes e diferentes projetos sobre a segurança das novas tecnologias desenvolvidas nos laboratórios de pesquisa e no ambiente industrial. Objetiva oferecer informações consolidadas aos pesquisadores, empresários e entidades que se interessam pelos riscos e implicações da nanotecnologia.

E5: Panorama de patentes de nanotecnologia. Traz um panorama de processos de patentes de residentes brasileiros feitos no mundo todo ainda não submetidos à análise e aprovação, com o objetivo de incentivar empresas à submissão de patentes. Esse texto é fruto da parceria entre o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com a ABDI.

E6: Direito econômico e a política nacional de nanotecnologia: tentativa de superação do desafio furtadiano. Contém informações no formato de apresentação em slides que trata sobre as relações entre o direito econômico e política nacional de Nanotecnologia com um olhar furtadiano e raízes teóricas e Karl Marx.

E7: Regulação, inovação e desenvolvimento das nanotecnologias. É um texto no formato de apresentação em que mostra alguns estudos sobre as relações entre a nanotecnologia e a saúde humana. Traz pesquisas feitas em camundongos com células humanas apresentando dados que comprovam problemas de infecção e inflamação resultante

[56] Science-Metrix (2008). Nanotechnology World R&D Report 2008. Serie R&D Reports Examining Science and Tecnology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008, p. 185.

da atuação de nanopartículas no corpo humano. Faz reflexões sobre a necessidade de mais discussões sobre a problemática da regulação e o compromisso com o bem-estar.

E8: Relatório de acompanhamento setorial – nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. Inicia problematizando o que seria o mundo nano e suas dificuldades de definição precisa e consensual do que seria a nanotecnologia. A definição é importante para que haja uma regulação, pelas relações entre tamanho e os riscos advindos das diferentes propriedades, até então pouco estudadas, que impactam a saúde e o ambiente. Mostra estudos sobre a percepção pública da nanotecnologia e diferentes aspectos de países que tem suas próprias normas de regulação de produtos nanotecnológicos.

Com respeito a esses estudos utilizamos, tal como a análise textual discursiva, excertos que mostrem ao leitor a nossa avaliação. As categorias de análise já foram fornecidas por meio de uma análise textual com mapas mentais. Agora vamos utilizar as categorias como se fosse uma dupla análise textual discursiva, agora sem o uso dos mapas.

6.2 ENTENDIMENTO CIENTÍFICO DA NANOTECNOLOGIA

Como vimos anteriormente, para Lacey, o entendimento de algum objeto ou fenômeno passa pelas perguntas, o que é, por que é e como. Essas perguntas contribuem até mesmo para orientar a educação CTS na pesquisa inicial de temas controversos. O conhecimento de uma determinada tecnociência varia em complexidade, sendo dependente de várias frentes do saber. Além disso, permite ter uma visão epistemológica mais ampla de como o conhecimento é produzido, para saber opinar, conhecer os riscos e benefícios ou mesmo decidir se o conhecimento é relevante para investir ou não, dado o momento histórico e o contexto de uma população.

6.2.1 O QUE É?

Para responder a esta pergunta é necessário buscar entendimento das propriedades e comportamentos para diferentes condições de contorno, em que um objeto é submetido, suas relações entre variáveis, etc. Dessa forma, buscamos nos documentos da ABDI, as definições da nanotecnologia, bem como suas propriedades e comportamentos.

Atualmente, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, principalmente em E4 traz a ideia que o conceito de nanotecnologia é um conceito em construção. Olhando somente para a questão do tamanho, podemos definir a nanotecnologia como sendo o estudo,

manipulação e construção de objetos, como substâncias e dispositivos, que estão na escala de 1nm (um nanômetro) ou 10^{-9}metros. Nessa faixa de tamanho temos:

> [...] Na escala nano (nm), o fator de grandeza corresponde a 10^{-9}. Assim, quando se fala de 1 nanômetro, refere-se a um fator de 10^{-9} do metro, ou seja, um bilionésimo do metro: 0,000000001m. Esse tamanho é aproximadamente 100 mil vezes menor do que o diâmetro de um fio de cabelo, 30 mil vezes menor que um dos fios de uma teia de aranha ou 700 vezes menor que um glóbulo vermelho (E1, p. 11).

Para uma melhor comparação E1 fornece outros dados de tamanho para uma comparação com conceitos já conhecidos na escala em nanômetros, descritos na Figura 10.

Figura 10: Quadro comparativo em nanômetros.

Átomo (H)	0,1 nm
DNA	2 nm
Proteínas	5-50 nm
Vírus	75-100 nm
Bactérias	1000-10000 nm
Células brancas	10 000 nm

Fonte: (ABDI, 2010, p. 12)

É considerado um objeto manométrico, de acordo com E1, entidades que variam entre 1 a 100 nanômetros. Observe que bactérias e células brancas são muito grandes, podendo ser consideradas objetos de escala microscópica (1micron= 1000 nanômetros). Entretanto, a própria ABDI traz em E8 que há falta de consenso sobre a definição conceitual da nanotecnologia, já que "[...] o conceito de nanotecnologia vem sendo modificado e aprimorado de acordo com os avanços da ciência. Mesmo na atualidade não há um conceito internacional consensual para o termo" (E8, p. 07).

A falta de consenso se dá por diversos motivos, pois com a diminuição da escala até esse ponto, os objetos apresentam efeitos que diferem dos mesmos objetos construídos na macro e microescala (bulks). Em outras palavras é que, dependendo do material, quando chega até um determinado tamanho, entre 1 a 100nm (ROBERSON, 2006), as propriedades físicas, químicas e mecânicas do objeto podem mudar completamente. Por exemplo, o carbonato de cálcio, que pode ser encontrado tanto no giz quanto nas conchas:

> A diferença é que o giz é formado por partículas grandes e desorganizadas, enquanto as conchas são constituídas por nanopartículas, bem encaixadas

> umas nas outras e coladas com proteínas e carboidratos. (FERNANDES, FIGUEIRAS; 2008, p. 2205)

Contudo, nem sempre um dispositivo que esteja na escala nano pode ser considerado nanotecnológico (FERNANDES, FIGUEIRAS; 2008). Como foi dito, esses valores dependem do material que apresentará diversidade de propriedades em um tamanho, mas outro neste mesmo tamanho pode não apresentar diferenças em relação ao seu estado bulk. Apresentamos, a seguir, alguns excertos da ABDI que mostram a dificuldade em conceituar a nanotecnologia:

> [...] O conceito de nanotecnologia mais difundido e compartilhado por diferentes organizações governamentais é: "A nanotecnologia é a compreensão e controle da matéria na escala nanométrica, em dimensões entre cerca de 1 e 100 nanômetros (nm), onde fenômenos únicos permitem novas aplicações". (E8, p. 7)

> No que se refere aos materiais e substâncias, costumamos chamar estas entidades de nanomateriais ou sistemas nanoengenheirados. Nanotecnologia seria, então, "a aplicação destas nanoestruturas em dispositivos nanoescalares utilizáveis". Para Ratner, é importante se ter em mente que "nanoescala não implica apenas uma questão de ser pequeno, trata-se, sim, de um tipo especial de pequeno". Tal consideração é importante, na medida em que nos leva ao entendimento de que existem propriedades fundamentais químicas, físicas, mecânicas, etc., dos materiais, que dependem do tamanho, ou, em linguagem mais livre: que mantêm uma "cumplicidade" com ele, cumplicidade esta que se constitui a chave de toda a nanociência. (E4, p. 9)

> Desde 2000, a *National Science Foundation* (NSF) define nanotecnologia de forma mais ampla, citando, além das propriedades modificadas e da escala de manipulação e controle nanoscópicos, a integração de nanodispositivos em materiais, sistemas e arquiteturas macroscópicas, sem perda das propriedades derivadas da nanoestruturação. Adicionalmente, menciona que em alguns casos particulares, a dimensão crítica para as novas propriedades e fenômenos pode-se encontrar abaixo de 1 nm (por exemplo, a manipulação de átomos aproximadamente a 0,1 nm) ou acima de 100 nm (por exemplo, nanopartículas poliméricas que têm características únicas a aproximadamente 200 a 300 nm em função das interações intermoleculares). (E8, p. 7, itálico do original)

> Entendimento e controle da matéria e processos em nanoescala, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, onde o aparecimento de fenômenos dependentes de tamanho permite novas aplicações;
> Utilização das propriedades dos materiais em nanoescala que são diferentes das propriedades dos átomos individuais, moléculas, ou dos materiais macroscópicos, criando materiais, dispositivos e sistemas melhores que exploram essas novas propriedades. (ISSOTC 229, apud E8, p. 7)

> Corroborando esta excepcionalidade quanto à faixa de tamanho de partículas na área da saúde, a *European Medicines Agency* define "nanotecnologia" como o uso de pequenas estruturas menores de 1.000 nanômetros de

> diâmetro que são projetadas para apresentar propriedades específicas (E8, p. 8, itálico do original).
>
> Deve-se notar, porém, que os produtos nanotecnológicos não se limitam à gama dos chamados produtos de alta tecnologia, mas compreendem todos aqueles em que novas propriedades estão associadas aos materiais com dimensões críticas que se situam na faixa de dezenas de nanômetros (E2, p. 47).
>
> Em 2011, a European Commission (da União Europeia) publicou recomendações para a definição de um nanomaterial. De acordo com o documento, um nanomaterial é definido como aquele de origem natural, incidental ou manufaturado contendo partículas em estado não-ligado, aglomerado ou agregado para os quais 50% ou mais das partículas da distribuição por número, ou uma ou mais das dimensões externas, situa-se na faixa entre 1 e 100 nm. Em casos específicos e sempre que se justifique por preocupação ao meio ambiente, à segurança, à saúde ou à competitividade, o limite de 50% da distribuição de tamanho por número pode ser substituído por um limiar entre 1 e 50%. (E8, p. 8)
>
> Segundo a EPA (U.S. Environmental Protection Agency), a definição de nanotecnologia não inclui os nanomateriais que não tenham sido "intencionalmente produzidos", tais como partículas de tamanho manométrico ou materiais que ocorrem naturalmente no meio ambiente, como vírus ou cinzas vulcânicas, e subprodutos nanoparticulados, provenientes da atividade humana, como particulados provenientes de motores a diesel ou outros subprodutos oriundos da fricção ou combustão automotiva4. (E4, p. 9)

Vimos nesses excertos a dificuldade em conceituar um elemento em nanoescala. Mais precisamente nas duas últimas citações acima vemos que a definição de tamanho está relacionada a problemas sobre toxicidade do material, com riscos para a saúde e o ambiente. Isso porque, como será enfatizado mais adiante, as mesmas características que tornam a nanotecnologia interessante para o controle e desenvolvimento de novas matérias, também é a causa de preocupações com relação à sua toxicidade e outros problemas que ainda não foram submetidos a testes precisos.

Esses efeitos ainda são novos e dificulta utilizar normas já estabelecidas do mesmo material quando na escala bulk. Um problema que também será ainda enfatizado está contido na última citação acima, que fala sobre a não vinculação de partículas que ocorrem naturalmente no ambiente ou atividade humana serem considerados nanotecnológicos. Partículas provenientes de motores ou combustão automotiva podem trazer riscos aos humanos e ao ambiente. A própria definição da nanotecnologia, importante para estudar os diversos impactos que ela produz, torna-se uma discussão controversa em que diferentes atores e países têm opiniões diversas, já que há valores por traz dessas questões.

Quadro 6: Quadro comparativo dos efeitos em diferentes escalas.

Centímetro	Gravidade, fricção, combustão
Milímetro	Gravidade, fricção, combustão, eletrostática
Micrômetro	Eletrostática, Van der Waals, browniano
Nanômetro	Eletrostática, Van der Waals, browniano, quântico
Angström	Mecânica quântica

Fonte (E1, p. 12)

O Quadro 6 mostra que efeitos quânticos estão presentes quando um objeto se encontra na escala nano[57] podendo mudar a cor, a textura, a durabilidade, etc. do material, ou seja, mudando suas propriedades químicas, físicas e mecânicas. Efeitos assim podem ser encontrados naturalmente na natureza (E1):

- Nas asas da borboleta existem nanoestruturas que mudam de cor, modulação do índice de refração ao interagir com a luz, dependendo do ângulo de observação.
- Nanoventosas presentes nas patas das lagartixas permitem sua locomoção da forma como pretenderem e em diferentes tipos de superfícies.
- Efeito Lótus é a presença de nanotestruturas na superfície de algumas folhas de plantas que se tornam super-hidrofóbicas, por repelirem a água e não absorverem.
- Os nossos dentes que possuem nanotestruturas organizadas com elevada resistência mecânica possibilitando a mastigação de alimentos como coco, amendoim, etc.

Não somente na Natureza percebemos os efeitos da escala nano, mas também em objetos construídos pelos homens da antiguidade como o Vitral da Catedral de Chartres em 1300 d.C. na França, que é composto de ouro de diversas cores (laranja, verde, vermelho, púrpura), e mudam seu efeito ótico dependendo do tamanho (quantum size effect), devido às suas nanopartículas (nesse caso usa-se quantum dots). Além disso, o Aço Wootz, chamado de aço de Damasco, contém compostos de carbono semelhantes aos nanotubos, conferindo ao aço maior dureza. Dessa forma, as "[...] variações dessas propriedades têm sido determinantes para a aplicação real desses nanomateriais nos diferentes segmentos industriais" (E1, p. 23).

[57] Dessa forma, um objeto pode se encontrar na escala nano e ter as mesmas propriedades que na escala microscópica. Por isso, não podemos considerá-lo como objeto nanotecnológico.

Os nanomateriais podem ser do tipo bottom-up (de baixo para cima) e top-down (de cima para baixo) (OLIVEIRA, 2011). Quando produzidos por sínteses químicas, por auto-organização ou mesmo manipulados átomo a átomo ou molécula a molécula, são considerados materiais do tipo bottom-up; e quando intencionalmente produzidos em menor escala que o original, como um chip, são do tipo top-down (MARTINS, 2008). Segundo E1, os processos top-down são realizados em sistemas secos, preferência dos físicos, e os processos botton-up são feitos em meios aquosos ou solventes orgânicos, preferidos pelos químicos. Esses conceitos podem ser vistos em diferentes estudos, como mostram os excertos a seguir:

> É importante mencionar que os nanomateriais podem ser produzidos, de forma deliberada, por certos processos químicos ou físicos (produção botton-up), criando materiais com propriedades que não aparecem em sua macroescala (bulk). Os nanomateriais podem também ser produzidos através de processos de manufatura, tais como moagem ou trituração (produção top-down), gerando partículas de tamanho nano que podem, ou não, ter propriedades diferentes daquelas dos materiais bulk que lhes deram origem. De modo geral, admitem-se como nanomateriais, aqueles materiais que foram produzidos por processos sintéticos ou de manufatura, ou seja: foram "intencionalmente produzidos" (E4, p. 9).

> No *top-down* impõe-se uma estrutura no sistema por meio da definição de padrões e sua criação utilizando partes maiores. Nesse caso há necessidade do uso de maquinaria capaz de reproduzir os padrões, como é o caso da confecção de chips, que, via de regra, utiliza a técnica de litografia e derivados (processo de gravação com luz).No *top-down* parte-se do entendimento e controle do comportamento quântico intramolecular, de moléculas especificamente desenhadas e sintetizadas. Usam-se superfícies para localizá-las e estabilizá-las. Os sistemas são interconectados, partindo-se de partes atômicas e/ou moleculares. Neste processo aproveita-se da auto-organização. (E1, p. 23, itálico do original)

> Os nanomateriais utilizam diversas técnicas de preparação, *bottom-up* e *top-down*, rotas químicas ou processos físicos, assim como uma enorme gama de técnicas de caracterização e diversas aplicações, incluindo sua utilização como insumos básicos para nanotecnologia. A primeira abordagem, chamada de procedimento "*bottom-up*", consiste em construir o material a partir de seus componentes básicos, ou seja, seus átomos e moléculas, [...]. Por outro lado, também é possível fabricar um objeto nanométrico através da eliminação do excesso de material existente em uma amostra maior do material, como um artista trabalha os pequenos detalhes em uma escultura, fazendo cuidadoso desbaste do supérfluo ou excedente de um grande bloco de pedra ou madeira. Este procedimento normalmente se vale das chamadas técnicas de litografia, que correspondem a uma série de etapas de corrosão química seletiva e extremamente precisa para a preparação final do objeto nanométrico a partir de um bloco macroscópico do material. Em um esquema "top-down", é possível construir um nano objeto pela deposição lenta e controlada de átomos sobre uma superfície bastante polida e regular. Muitas vezes, os átomos depositados se organizam espontaneamente, formando estruturas bem definidas de tamanho nanométrico. Isto ocorre, por

> exemplo, quando átomos de germânio são evaporados sobre uma superfície de silício. Como a distância entre os átomos é diferente nos cristais destes dois materiais, os átomos de germânio se organizam na forma de uma pirâmide, em vez de simplesmente formarem uma camada regular de átomos sobre a superfície do silício. Este é um exemplo do chamado processo de auto-organização, ou autoagrupamento. É também possível construir objetos nanométricos a partir de reações químicas controladas. Nanopartículas de materiais metálicos, como a prata, são obtidas em reações químicas em meios aquosos, nas quais os átomos de prata dissolvidos na solução se juntam para formar agregados de tamanho nanométrico (E3, p. 142 – 143, itálico do original).

Pelas descrições dessas propriedades, que pela complexidade ainda serão retomadas, temos uma noção do que é a nanotecnologia. Contudo, o entendimento total vai depender de algo mais que valores cognitivos expressos em alto grau. É necessário saber qual o inventário dessas possiblidades.

6.2.2 POR QUE É O QUE É: QUAL O INVENTÁRIO DE POSSIBILIDADES?

Dada a complexidade das relações entre CTS, vemos que para responder quais seriam as possibilidades da nanotecnologia, os valores são importantes. Ainda falaremos de maneira mais específica sobre os valores em 6.4. Entretanto, aqui, valores da estratégia adotada podem ser percebidos já que, para Lacey (2008), "por que" e "como" estão ligadas ao interesse de quem produz o conhecimento. Sabendo as possibilidades que a ABDI apresenta, temos uma ideia dos valores que fomentaram a pesquisa e o interesse da ABDI em investir na nanotecnologia.

Vemos que a nanotecnologia está ligada a melhoramentos de diferentes materiais ou fenômenos que já utilizamos cotidianamente,

> [...] A presente invenção refere-se ainda a um nanocompósito polimérico apresentando propriedades diferenciadas, quando comparadas às dos compósitos tradicionais, como, por exemplo, melhores propriedades mecânicas e de barreira, maior resistência química e térmica e, ainda, no caso de ser uma carga lamelar condutora, a obtenção de um compósito polimérico condutor, térmico e elétrico (E5, p. 13).

> [...] A presente invenção também se refere ao nanocompósito de policloreto de vinila/nanocarga obtido por meio de dito processo e que, portanto, apresenta propriedades mecânicas melhoradas, sobretudo no que se refere à resistência ao impacto (E5, p. 14).

> [...] A presente invenção refere-se a um processo para obtenção de filmes laminados nanoestruturados auto-adesivos, os quais são obtidos por meio da união de filmes nanocompósitos, sem a adição de qualquer tipo de material adesivo ou aditivo para promover a união entre os filmes nanocompósitos.

> Adicionalmente, a presente invenção refere-se ao filme laminado nanoestruturado ora obtido, totalmente compatível, formado por matrizes poliméricas elastoméricas de mesma natureza e obtidos por meio das técnicas de dispersão e secagem, ou ainda por meio de qualquer outra técnica aplicada e já revelada na literatura (E5, p. 16).

> [...] As nanopartículas são usadas para a encapsulação de moléculas ativas, visando sua posterior liberação em um meio especifico sob um estímulo também específico. O meio pode ser fisiológico, se a molécula for para aplicação em saúde, isto é, contiver princípio ativo de ação terapêutica; aquoso, se o ativo for de aplicação em emulsões ou dispersões de uso cosmético, alimentício ou agroquímico, e o estimulo pode ser a variação de temperatura, ou de pH, ou ambos simultaneamente. Para concretizar um produto, a molécula de interesse a ser nanoencapsulada deve ser solubilizada, dispersa ou emulsionada na solução obtida da solubilização do copolímero de bloco no solvente desejado (E5, p. 22).

Não somente mostra os melhoramentos, mas apresenta novas possibilidades de controle dos objetos, novas propriedades e novos métodos. A forma como será abordada nesses excertos pode dar a impressão que a nanotecnologia é uma tecnologia "limpa", no sentido que só há benefícios, que ajuda ao ambiente, etc.

> Método de produção de pó de nanoescala por síntese de vapor constitui-se em um sistema de reator térmico capaz de produzir pós em nanoescala por processo de síntese em fase de vapor a alta temperatura através de simples aspersão ou dispersão. Uma suspensão gasosa do material precursor que atravessa um reator térmico continuamente alimentado é transferida, via processo mecânico, para uma câmera de armazenamento que, em solução dispergente é captada e armazenada sob condições que minimizam o superaquecimento e, em seguida, a solução é arremessada para fora do sistema. Outro aspecto da invenção consiste na injeção contínua de atmosfera de gás para favorecimento da oxidação, neutralização ou redução dos íons precursores e dissipação da nucleação das nanopartículas. Desta forma, torna-se possível obter-se nanopartículas de: óxidos inorgânicos, sistemas dopados, cerâmicas, metais, ligas, compósitos e possíveis combinações entre os elementos químicos existentes através de um processo limpo (E5, p. 17).

> [...] A construção de um dispositivo planar utilizando nanotubos de carbono preenchidos entre contatos metálicos, se mostrou um eficiente detector de vários gases por ser rápido, reversível e não degradável, sobretudo com um baixo custo de produção (E5, p. 38).

> [...] Que se destina à estimulação da auto regularização de tecidos do corpo humano, pela ação mecânica de compressão que impede a distensão da pele, enquanto que o seu contato com o calor do corpo excita a biocerâmica; Refrata o infravermelho longo, promovendo a bioestimulação dos tecidos afetados, onde o seu principal efeito é o de drenagem, controlando a ação do edema, propiciando seu retorno aos vasos linfáticos, onde serão filtrados e eliminado pelo rins ou metabolizados novamente, favorecendo o aumento do metabolismo celular (E5, p. 38).

> Estudos recentes comprovam que os nanotubos de carbono apresentam variações em sua resistência elétrica ao entrarem em contato com alguns tipos de gases orgânicos, possibilitando a identificação da presença destes. Entretanto, a intensidade da variação deste é de difícil detecção. A possibilidade de obtermos nanotubos de carbono preenchidos com outros materiais permite acrescentar novas propriedades para construir sensores sensíveis tanto aos gases que interagem com os nanotubos de carbono quanto aos gases que interagem com o preenchimento, do nanotubo, facilitando assim a capacidade deste dispositivo detectar diferentes gases (E5, p. 41).

Note que pela estruturação dos excertos acima, não vemos perspectiva de valores que não sejam os cognitivos. Entretanto, essas abordagens são descontextualizadas de qualquer perspectiva de valor, não mostrando outras abordagens que não sejam a materialista. Ainda mostra muitas facilidades, o que devem ser olhadas mais a fundo, pois por mais que um objeto seja considerado "natural", na escala nano as propriedades diferem de um material para outro, sendo necessário estudar com mais atenção como estas propriedades funcionam. A partir dessas possibilidades sintetizadas, uma boa teoria para Lacey, também prevê antecipações e futuras investigações.

6.2.3 COMO?

Quais seriam as antecipações em relação a novas formas de aplicação e de colocação em prática das possibilidades sintetizadas? Aqui podemos perceber os recursos que a nanotecnologia poderá proporcionar no contexto brasileiro. Vemos aqui que a ABDI está preocupada com o contexto de aplicação da nanotecnologia em setores que têm potencial para serem implementados e que podem gerar contribuições.

> A nanotecnologia está na linha de frente das tecnologias de petróleo e energia, por oferecer materiais com propriedades mais avançadas e processos ambientalmente corretos e menos poluidores. Dentre as características dos materiais que poderão fazer parte das aplicações de nanotecnologia para o setor de petróleo e energia, destacam-se maior leveza e resistência mecânica, propriedades antiaderentes e capacidade de autorreparo. Na área de prospecção, por exemplo, a nanotecnologia teria ainda alta capacidade de produzir materiais de perfuração mais resistentes, que forneceriam sustentação para que todo o terreno periférico ao redor dos pontos de perfuração não desmoronasse. Nessa área, outra grande demanda são os materiais de fluidificação voltados ao transporte do petróleo. Já na área de refino e processamento a ênfase recai sobre os catalisadores, que são os materiais que aumentam a rapidez e eficiência de todo o processo. A nanotecnologia pode contribuir em processos catalíticos que transformam o petróleo bruto em derivados combustíveis. Na petroquímica, nanocatalisadores de alta eficiência já estão sendo pesquisados em todo o mundo, e também deverão surgir nos próximos anos aditivos para melhorar o escoamento e evitar o entupimento dos catalisadores. Outra área

> estratégica no processamento de petróleo é o sensoriamento, por incluir a possibilidade de criação de sensores ultrassensíveis para detecção de contaminantes, como os transportadores de enxofre e metais pesados que envenenam os catalisadores. Esses são apenas alguns exemplos que ilustram o amplo escopo de atuação da Rede de Nanotecnologia do Petróleo (E2, p. 134).

Vemos no excerto acima, preocupações da ABDI com processos ambientalmente corretos, sendo um ponto positivo com respeito aos valores. Obviamente essas possibilidades devem ser melhor estudadas e a própria ABDI vai apontar essa necessidade. Esses recursos tecnológicos ainda não foram implementados nesta data, por isso são tidos como antecipações.

A ABDI, por sua vez, enfatiza a área da saúde, destacando o setor de "Ciências da Vida" e do setor eletrônico, mostrando as possibilidades da nanotecnologia devido à sua forte atividade nesses setores. A indústria prevê possibilidades de atuação na agricultura e em outras áreas afins. Nas palavras da ABDI:

> Já existe no mercado, aprovados ou em vias de aprovação, diversos produtos: materiais implantáveis, materiais bio-absorvíveis, materiais para reparação óssea; sensores implantáveis (pressão); sistemas de drug-delivery com sensores e autodosadores (insulina); sistemas de processamento de alta performance e multianálise (DNA); implantes de retinas (eletrônicas) e sistemas de audição (cocleares); ferramentas de diagnóstico; lab-on-chips; entre outros. O setor eletrônico de alta performance também continua em forte atividade, com lançamentos próximos de chips sub-50nm, novas memórias, computadores de alta performance operando em teraflop, eletrônica flexível, etiquetas eletrônicas, eletrônica ubíqua (vestimentas, calçados e acessórios) (E1, p.28).

> Na universidade e centros de pesquisa, pesquisadores vêm desenvolvendo aplicações, e empresas começam a comercializar novos fármacos, dispositivos semicondutores, sistemas de energia, novos polímeros, novas soluções para problemas energéticos, novas soluções para a agricultura, enfim, a produção de novos produtos e a construção de soluções baseadas na apropriação dos conhecimentos da Nanotecnologia (E4, p. 11).

> [...] O processo de preparação, conforme os distintos parâmetros realizados, tais como concentração de reagentes, tipo e concentração de surfactante e tempo e intensidade de sonificação no momento da preparação das partículas, permite desenvolver nanopartículas monodispersas, homogêneas e de distintos tamanhos, com altos rendimentos de formulação. Estas estruturas podem ser denominadas "nanocarreadores" e podem ser utilizadas para a encapsulação de agentes ativos e fármacos na elaboração de medicamentos e cosméticos de alta tecnologia, bem como defensivos agrícolas, componentes alimentares, composições de uso industrial e em outros segmentos da nanotecnologia (E5, p. 17).

> [...] A presente invenção refere-se a produtos líquidos com propriedades bactericidas/ bacteriostáticas e auto-limpantes, sendo o primeiro formado por

> nanopartículas de prata (AgNps) e poli(vinil álcool) (PVA), para aplicação em tecidos, e seu processo de obtenção. As nanopartículas são sintetizadas em baixa temperatura, na presença de um polímero e um agente redutor, podendo ser adicionadas nanopartículas de TiO2, gerando um segundo produto, denominado AGT-15. Esses produtos podem ser aplicados em diversas áreas da indústria, como em tecidos auto-limpantes e auto-esterilizantes (E5, p. 37).

Essas possiblidades antecipadas também fornecem indícios dos valores que a ABDI carrega. Dadas as diferentes visões de aplicação dos setores industriais, deslumbres sobre os baixos custos, os estudos e parcerias entre universidades e empresas, além do conhecimento advindo ser extensivo e descontextualizado da vida prática, evidencia o tipo de estratégia que esse conhecimento informa. Entretanto, por mais valores que esse entendimento carrega no "por que" e no "como" a imparcialidade deve ser preservada para a correta aceitação da teoria, em termos da manipulação da escala e das propriedades estudadas. Podemos ver que, pensando em aplicação do conhecimento, que seria o terceiro momento lógico, os equipamentos funcionam, a tecnologia é explicada.

A ABDI traz uma tabela informando os diferentes setores da nanotecnologia no mercado. De acordo com Lacey, esse seria o momento da aplicação e a confirmação de que as possibilidades sintetizadas foram corretamente avaliadas, de acordo com a imparcialidade. Entretanto, na etapa da aplicação, que é o retorno de um objeto anteriormente abstraído para ser incluído na vida prática das pessoas, valores determinam onde será aplicado e esses são os mesmos que incentivaram a produção e o estudo do objeto em questão. Esses objetos são fabricados com vistas a serem "úteis" para a parcela da sociedade que podem comprar. A utilidade é altamente valorizada pela sociedade moderna, como explica o autor. Entretanto, é uma utilidade que muitas vezes não é prioritária para contextos populacionais que estão em sofrimento, atualmente. Questões sobre prioridades devem ser levadas em conta na tomada de decisões sobre o empreendimento tecnocientífico. Nesse aspecto, a educação científica em CTS deve estar atenta para reestruturação de valores que incluam as necessidades da população em geral, não apenas na minoria que podem adquirir e aumentar os lucros empresariais.

.

Quadro 7: Informações sobre os produtos nanotecnológicos já comercializados.

Setor	Tipo de Produto/Observações
Energia	Sistemas fotovoltáicos; células solares; *grids* de energia; baterias; pás para geradores eólicos.
Iluminação	LEDs baseados em *quantum dots* para iluminação pública, domiciliar e automobilística.
Automobilístico	Pinturas especiais (não riscam, autolimpantes); catalisadores para conversores catalíticos para gases de escapamento; eletrônica embarcada; tecidos antibacterianos.
Esportes	Raquetes de tênis (nanotubos de carbono); roupas esportivas antitranspirantes e antibactericidas; calçados para esportes; quadros para bicicletas; tacos de golf; luvas para esportes.
Tecidos	Tecidos resistentes à sujidades (efeito lótus); tecidos antibactericidas; tecidos técnicos e não tecidos.
Embalagens	Embalagens com propriedades de barreira (umidade, gases), à base de nanocompósitos; embalagens inteligentes, sensíveis a gases de decomposição de alimentos; recipientes bactericidas (prata) para guardar alimentos perecíveis.
Cosméticos	Protetores solares; produtos para recuperação da pele; produtos contendo cores físicas (índice de refração); produtos para maquiagem.
Fármacos	Novas formas de administração de fármacos (nanoemulsões e nanopartículas); *drug-delivery*; terapia de cânceres.

Fonte: E1, p.27

No Quadro7 há produtos dos mais variados tipos. Vamos observar no setor de “tecidos” que a ABDI coloca entre parênteses “efeito lótus” para “Tecidos resistentes a sujidades”. Isso é para enfatizar a propriedade de impermeabilidade das plantas que, em suas folhas, possuem nanotestruturas que impedem a penetração de água. Aqui podemos ver que o estudo dessas nanotestruturas, vistas na natureza, possibilitou sua criação, aplicação e produção em larga escala, reincorporando como tecnologia para a vida prática. Tudo isso garante “como” os conhecimentos científicos podem ser utilizados para informar a tecnologia e virem a ser “úteis” socialmente. Entretanto, úteis para quem?

6.3 ESTRATÉGIAS

Nos documentos da ABDI relativos aos estudos das nanotecnologias é ressaltado o seu caráter multidisciplinar, fazendo interfaces com diferentes saberes. Queremos ver indícios de diferentes estratégias, saber quais são as estratégias utilizadas pelos estudos da ABDI, já que foi enfatizada a multidisciplinaridade. Vemos, na filosofia de Lacey que, para cada domínio de fenômenos, requer uma estratégia. Isso pode dar indícios de que a nanotecnologia importa com uma ampla gama de abordagens. Em E1, por exemplo, é ressaltado que a nanotecnologia abrange várias áreas e suas interações importantes para produzir novas tecnologias:

> Uma das características marcantes da nanotecnologia é sua multidisciplinaridade. Trata-se de um encontro da química, física, engenharia e biologia. As diferentes interfaces são ricas de relevantes problemas científicos e oportunidades de geração de novas tecnologias (E1, p. 24).

> Consideram-se fatores positivos para a efetiva difusão tecnológica de nanomateriais o **aumento da compreensão da relação estrutura-propriedade resultante do avanço das técnicas de nanociências e a possibilidade de maior controle** na preparação de materiais nanoestruturados, particularmente os nanotubos de carbono que se notabilizam por suas propriedades mecânicas especiais, como resistência e leveza maiores do que as do aço. Não obstante o grande interesse pelos sistemas nanoscópicos, a sua fabricação controlada, caracterização, compreensão e aplicação representam um desafio para a comunidade científica e tecnológica. Por estarem em uma situação intermediária entre átomos/moléculas e sólidos, metodologias bem estabelecidas em investigação – síntese, caracterização, modelagem – de átomos/moléculas e da matéria condensada, na maioria das vezes, são inadequados para esses sistemas. Assim sendo, ferramentas específicas para sistemas na escala nanométrica ainda estão sendo desenvolvidos mediante **abordagens necessariamente multidisciplinares** (E3, p. 130, negrito nosso).

> Hoje, está claro que as Nanotecnologias têm, como uma de suas características, a de **cruzar as fronteiras da química, física, ciências biológicas, engenharias e tecnologias**. Daí o fato de, não raras vezes, a qualificarmos como uma área de conhecimento "pervasiva". É certamente um dos tópicos mais discutidos na comunidade de pesquisa - quer brasileira, quer internacional -, e mesmo fora dela, o que faz com que os avanços neste campo venham "catalisando" a transformação de número altamente significativo das principais **empresas e anunciando impactos sociais e econômicos de grande amplitude** (E4, p. 11, negrito nosso).

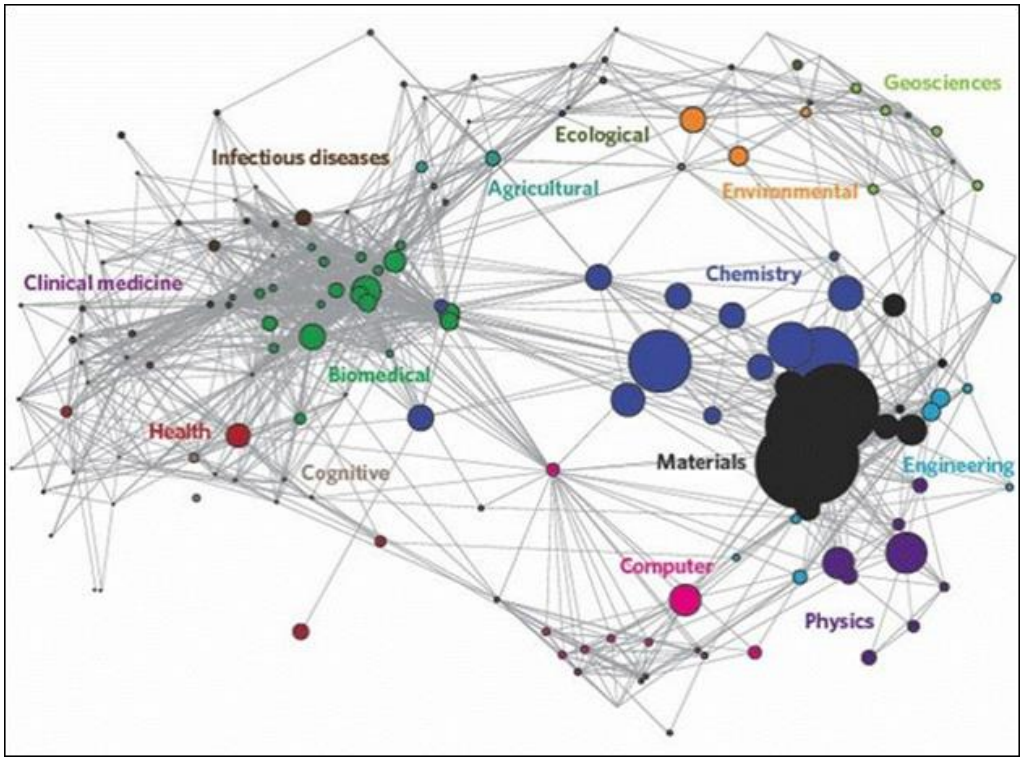
Observe que a ABDI, em E4 acima, tem consciência da existência de impactos socioeconômicos por implementações da nanotecnologia. Mais para frente falaremos sobre que tipo de impactos se trata, pelos valores. Agora, sobre a multiplicidade de abordagens, na visão da Agência, isso se deve pela impossibilidade de diferenciar as propriedades dos

nanossistemas, necessitando uma integração de outras áreas para entendimento dessas propriedades.

Observe que a sintetização das possibilidades dependerá das diferentes formas de manipulação do material, tendo, portanto, mudança de propriedades e diferentes tipos de utilização de nanossistemas. Assim, enfatiza a necessidade de cientistas de diferentes áreas trabalharem em conjunto, com vistas a um estudo mais amplo das possibilidades. “Químicos, físicos, especialistas em materiais, engenheiros e biólogos devem trabalhar em conjunto, a fim de não só compreender, como também utilizar as propriedades dos nanossistemas” (E1, p. 25).

Entretanto, podemos compreender, com Lacey, que a multiplicidade mencionada pode ser vista como variações de abordagens reducionistas. Não envolvem todo contexto, não mostram como isso deveria ser entendido na vida prática e não se preocupam com estruturas ambientais que podem estar comprometidas. Evidencia, apenas, as facilidades, os benefícios. Essa “multiplicidade” de áreas envolvidas está circunscrita, em maior parte, nas ciências naturais e nas áreas que constituem possibilidades tecnológicas e comerciais, podendo ser observada tanto no texto como na Figura 11, que enfatiza as interações entre as áreas:

Figura 11: Indica a interação da área de matérias com outras áreas do conhecimento.



Fonte: E1, p.24

Na Figura 11, quanto maior é a área do círculo maior é a atividade. Note que as áreas cognitivas e ecológicas são bem menores em comparação aos estudos que envolvem aplicação tecnológica e ganhos comerciais.

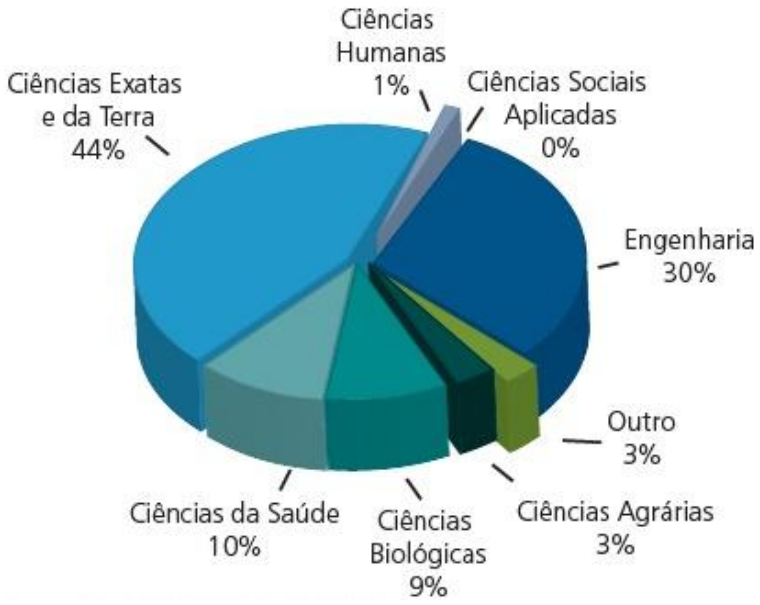
> Destacam-se ainda as áreas de especialização segundo as quais os 833 Artigos foram indexados pela base ISI Web of Science, refletindo-se a multidisciplinariedade das áreas e temas de N&N (Figura 5.4). Observa-se que os percentuais significativos referem-se diretamente às áreas de ciência dos materiais multidisciplinar (28,69%); física: matéria condensada (25,57%); física aplicada (23,77%); fisicoquímica (19,56%); nanociência e nanotecnologia (15,25%); e química multidisciplinar (12,12%). As demais áreas apresentam baixa concentração, com percentuais abaixo de 10%. (E2, p.97)

Note que, por mais que tenha uma variedade de disciplinas envolvidas e inter-relacionadas, é importante para mostrar a interdisciplinaridade na educação campo CTS, um único tipo de estratégia ou abordagem é privilegiada em nanotecnologia olhando para a ABDI, no caso as EM/AD.

A estratégia para Lacey, tem a função de restringir os tipos de teorias a serem investigadas, as categorias e possibilidades a serem identificadas. Deve também selecionar os dados empíricos relevantes e os fenômenos a serem observados. É papel da estratégia conduzir a pesquisa para um determinado setor e gerenciar a formação dos pesquisadores, no caso, os recursos humanos para o preparo científico.

Vimos acima, e ainda retomaremos adiante, que os tipos de dados selecionados e os fenômenos observados são aqueles que são feitos em práticas de controle onde a vida prática é retirada do contexto. Outras evidencias com respeito a formação de recursos humanos para a nanotecnologia podem dar indícios que se trata de uma abordagem descontextualizada, como na Figura 12.

Figura 12: Distribuição por área de recursos aprovados pelo Edital MT/CNPq



Fonte: Edital MT/CNPq 09/2007, apud E2, p. 124

Observe que os investimentos para as áreas humanas e para as ciências sociais, que utilizam outros tipos de abordagem, com outros tipos de dados empíricos, tiveram poucos recursos no ano considerado. Claro que são poucos dados para afirmar de forma científica sobre as estratégias, mas aqui é um recorte e estamos olhando só para os dados que a ABDI traz. Mesmo com reducionismos de nossa parte, a Figura 12 é uma evidência de que o contexto de produção tecnocientífica utiliza, preferencialmente, abordagens que descontextualizam o objeto da vida prática, devido a sua capacidade de expandir o controle. Os limites do controle são inseparáveis dos limites do entendimento do objeto, portanto, a abordagem descontextualizada é eficaz, já que produz entendimento científico extensivo, aumentando cada vez mais a afinidade entre entendimento e controle (LACEY, 2010).

Outros indícios vêm com a formação de recursos humanos para a nanotecnologia. Segundo Lacey (2008, 2010), é papel da estratégia o direcionamento da formação dos pesquisadores.

> O Edital MCT/CNPq 09/2007 para Jovens Pesquisadores mostra um contínuo aumento no número de projetos submetidos nesses três anos, indicando claramente o crescimento do número de pesquisadores em N&N [Nanociência e Nanotecnologia] (E2, p. 123).

Outro excerto diz que "Os seis países que seguem no ranking ou possuem uma produção científica significativa em volume de trabalhos publicados em nanociência ou têm um alto grau de especialização" (E2, p. 26). Esse aumento pode significar interesse científico do cientista em

pesquisar a nanotecnologia, mas pode significar também que é de interesse financeiro ou de status, já que há mais recursos voltados para editais relacionados à nanotecnologia. O que vemos muitas vezes é que um cientista faz o projeto por que um bom dinheiro saiu em um edital e não por motivos reais de interesse científico na área. Valores estão vinculados na escolha do cientista, muitas vezes esses valores são incentivados pelas agências de fomento e pela política tecnocientífica vinculada à estratégia. Vamos ver agora o que a ABDI deseja em relação à formação de recursos humanos.

> [...] para o funcionamento consistente da infraestrutura adequada ao desenvolvimento e comercialização de produtos e processos baseados em nanotecnologias, é fundamental a formação e o treinamento de técnicos de nível superior para operação dos equipamentos complexos, manutenção preditiva e preventiva e, eventualmente, gerenciamento das atividades de instrumentação e controle da produção. Há falta de técnicos de nível superior e médio qualificados, capazes de fazer funcionar equipamentos e instrumentos de grande porte e complexidade, já adquiridos ou de aquisição futura. É essencial que o país possa contar com a atuação de profissionais capacitados para: *(i)* desenvolver instrumentos e métodos de ensaio para uso em nanoescala, capazes de detectar e identificar nanopartículas e de caracterizar nanomateriais e nanodispositivos; *(ii)* desenvolver protocolos para testes de bio e ecotoxicidade; *(iii)* desenvolver protocolos para avaliação do ciclo de vida de materiais em nanoescala, dispositivos e produtos; *(iv)* desenvolver ferramentas de avaliação de risco relevantes para o campo da nanotecnologia; e *(v)* desenvolver protocolos para controle e destruição de nanopartículas e entidades em nanoescala (E2, p. 109 - 110).

Veja que para formação de recursos humanos não há preocupação sobre a formação ética, política, econômica, filosófica, etc. e outros valores do pesquisador. Não há interesse pelos valores e sim formar técnicos para a produção. Esse trecho pode implicar em muitos mitos sobre a função do cientista na sociedade. Indica claramente que tipo de estratégia priorizada para o direcionamento da nanotecnologia. A estratégia em formar recursos humanos de forma rápida para lidar com a nanotecnologia vem do desejo de que o Brasil possa competir frente a países desenvolvidos e isso mostra valores relacionados ao neoliberalismo. Abordaremos os valores mais especificamente na próxima seção.

6.4 VALORES DA ABDI

Queremos iniciar nossa avaliação dos valores da ABDI em relação à nanotecnologia começando pelo seu deslumbre e interesse com esse tema.

> A percepção de que a nanotecnologia e a nanociência (N&N) representam um novo patamar de conhecimento, **com imensos e ainda não devidamente mensurados impactos científicos e econômicos**, levou os países líderes,

> como os EUA, o Japão e os da Comunidade Europeia, a desenhar iniciativas nacionais ou regionais de incentivo e de financiamento privilegiado para a área, visando novos patamares de competitividade de suas empresas. Com financiamentos mais modestos, vários países em desenvolvimento também descobriram o grande potencial da N&N e, em função disso, constituíram **suas iniciativas nacionais que poderão reverter em significativas melhorias da qualidade de vida de suas populações**. Como exemplos de bons focos podem ser citados agricultura, energia, preservação ambiental, saúde pública, entre tantos outros (E3, p. 35 e E2, p. 23, negrito nosso).

Vemos uma estreita relação entre a atividade tecnocientífica e impactos econômicos que geram "melhorias na qualidade de vida" tal qual está refletido no modelo de desenvolvimento linear. Esse modelo, como dissemos, implica em várias crenças que podem ser superadas com Lacey. Nesse excerto, vemos que a ABDI pode ter a crença de que a nanotecnologia, tecnociência, pode contribuir para a qualidade de vida de países subdesenvolvidos. Para Lacey, essa forma de compreender promove ainda mais as desigualdades sociais, pois leva ao bem-estar de poucos, enriquecendo os países já desenvolvidos; valores estes que estão longe de nos direcionar ao desenvolvimento autêntico. No próximo excerto vemos uma perspectiva até mesmo salvacionista para países em desenvolvimento:

> Um aspecto importante da nanotecnologia está na possibilidade de sua forte interação com as políticas públicas, sobretudo nos países em desenvolvimento. Suas amplas potencialidades permitem propor novas soluções para diferentes e importantes problemas ligados à saúde, habitação, transportes, meio ambiente, saneamento básico, entre outras. (E1, p. 36)

Não estamos dizendo que os assuntos sociais que estão em E1 não sejam de relevância; entretanto, devemos ter o pé no chão sobre esses assuntos. Nos parece que existe um exagero na apreciação, como se todos os problemas fossem resolvidos com investimentos em pesquisas sobre a nanotecnologia.

Para entender um pouco mais sobre os valores da ABDI, segue um excerto que fala sobre sua visão e missão, que se encontra no seu site oficial:

> Missão: "Desenvolver ações estratégicas para a Política Industrial, promovendo o investimento produtivo, o emprego, a inovação e a competitividade da indústria brasileira".
> Visão: "Ser referência na articulação público-privada e em inteligência industrial para promoção do emprego, da inovação e transformação da indústria brasileira" (ABDI, site oficial).

Podemos ver palavras como "inovação" e "competitividade" com vistas à "transformação da indústria brasileira". Só por meio dessas palavras não podemos inferir nada, entretanto, a "competitividade" tem sido atribuída como um valor próprio do capitalismo e de países já desenvolvidos. Essa percepção pode indicar que a "transformação

da indústria brasileira" seria um dos passos para tornar o Brasil um país "desenvolvido" e a competitividade seria um valor necessário para essa transformação.

Queremos avaliar as dimensões de desejo e crença, já que para Lacey essas dimensões refletem valores. Vamos fazer afirmações que refletem nossa interpretação a respeito dos valores da ABDI, e vamos colocar o maior número possível de excertos para cada afirmação que endosse nosso posicionamento.

- É um Desejo/objetivo a competitividade da indústria nacional com relação aos países centrais. Isso devido à crença de que essa competitividade promoverá o desenvolvimento do Brasil. Para Lacey esse tipo de desenvolvimento é o modernizador.

> No final de 2003, o Programa "Desenvolvimento da Nanociência a da Nanotecnologia" foi aprovado pelo Congresso Nacional, no âmbito do PPA 2004-2007, com o objetivo de promover o desenvolvimento de novos produtos e processos em nanotecnologia, visando o aumento da competitividade da indústria nacional (E2, p. 113).

> A projeção do mercado de nanomateriais no Brasil para os próximos anos indica claramente o crescimento da oferta de materiais para eletrônica, ainda que basicamente **à custa de importações para os parques industriais instalados em Manaus e São Paulo**. Ainda nesse aspecto, os materiais semicondutores orgânicos para uso em televisores e displays terão um papel importante e poderão vir a ser uma oportunidade para o Brasil. Pela solidez de seu sistema de pesquisa e pela particularidade de sua situação no campo dos semicondutores orgânicos, o Brasil ainda pode lutar neste campo por alguns nichos de mercado, o que vai exigir, porém, um alto grau de esforço para acompanhar a evolução dos avanços neste campo no mundo e ser capaz de se posicionar competitivamente nos mercados nacional e internacional (E3, p. 52, negrito nosso).

> [...] os materiais semicondutores orgânicos para uso em televisores e displays terão um papel importante e poderão vir a ser uma oportunidade para o Brasil [...]. Pela solidez de seu sistema de pesquisa e pela particularidade de sua situação no campo dos semicondutores orgânicos, o Brasil ainda pode lutar neste campo por alguns nichos de mercado, o que **vai exigir, porém, um alto grau de esforço para acompanhar a evolução dos avanços neste campo no mundo e ser capaz de se posicionar competitivamente nos mercados nacional e internacional** (E3, p. 148 – 149, negrito nosso).

> Com relação à nanobiotecnologia, em geral, prevê-se que o Brasil possa ocupar em médio prazo uma **posição competitiva bastante favorável em tópicos específicos**, como as já citadas aplicações em agricultura; imageamento molecular e materiais nanoestruturados biocompatíveis para aplicações em diversos campos da medicina. (E2, p. 153, negrito nosso)

> As nanotecnologias constituem um conjunto diversificado de tecnologias que necessita de instrumentação avançada, desde o nível dos laboratórios de grupos até as grandes facilidades nacionais. Torna-se evidente a necessidade

> de equipamentos no estado-da-arte, para que as atividades de P&D e de nanometrologia, realizados no Brasil, logrem êxito e possam prover uma base sustentável para o desenvolvimento industrial. A manutenção desses equipamentos e sua atualização, **visando a incrementar sua utilização em condições mais adequadas e competitivas, deve ser objeto de linhas de ação da Agenda INI-Nanotecnologia.** A aplicação de recursos nessa perspectiva poderá gerar, já no curto prazo, impactos positivos e significativos sobre as comunidades-alvo, acadêmica e industrial. (E2 p. 109, negrito nosso)

- É um desejo o apoio a empresas para o desenvolvimento da nanotecnologia, em que instituições de fomento, tais como o CNPq, estimulem a participação de empresas com universidades. Na verdade, a ABDI acredita que a atuação de empresas é importante para o crescimento econômico e a competitividade internacional, como será mostrado:

> Caso tenha interesse, entre em contato com o depositante do pedido de patente para buscar um licenciamento. Além disso, se você trabalha com pesquisa e desenvolvimento, estas informações podem ser fontes de ideias para o desenvolvimento de novas invenções. Também é importante saber o que outras instituições estão fazendo. Isto lhe permite monitorar o mercado e concretizar eventuais parcerias. Unindo esforços, sua empresa também irá mais longe! (E5, p. 9).

> Os primeiros editais do CNPq que apoiaram atividades de N&N com recursos dos Fundos Setoriais (Petróleo, Energia e Verde-Amarelo) foram publicados ainda em 2003. Foram apoiados, no total, 65 projetos de pesquisa, como mostrado na Tabela 5.3, sendo que nos projetos apoiados pelo Fundo Verde-Amarelo a interação com empresas foi colocada como ponto relevante na avaliação dos projetos submetidos. **Os projetos aprovados tinham sempre cooperação com pelo menos uma empresa, ainda que essas não tivessem que aportar recursos para a execução dos projetos** (E2, p. 112, negrito nosso).

> Considerando-se todos os componentes da cadeia de valor, observa-se um **reduzido número de empresas que incorporam nanotecnologias** em seus produtos ou processos ou que fabricam nanomateriais, nanointermediários ou nanoferramentas. Esse fato tem **forte relação com a posição pouco expressiva do Brasil** em relação ao seu *portfolio* de patentes em nanotecnologia, principalmente quando comparado a países como China, Taiwan, Coreia e Índia (E2, p. 32, negrito nosso).

> Ao lado de empresas como Natura, Braskem e Suzano Petroquímica, a Petrobras é uma das empresas brasileiras que já usufruem de resultados concretos gerados por pesquisas e desenvolvimento em nanotecnologia com impactos econômico e ambiental significativos. A empresa integra uma rede temática para estudar temas da área com sete universidades no Brasil e vem desenvolvendo soluções para, por exemplo, permitir que os fluidos usados na perfuração em águas profundas atuem de forma diversa conforme a situação (E2, p. 133).

> A nanotecnologia certamente exige facilidades especiais, que por sua vez representam um grande investimento em equipamentos, instalações e em

> capacitação de recursos humanos, além de gastos expressivos em manutenção e operação das facilidades. Por essa razão, a manutenção e a melhoria do parque nacional de instrumentação exigem que se superem duas grandes barreiras: **(i) o estabelecimento de parcerias justas e eficazes entre a pesquisa e a indústria;** (ii) o despreparo da infraestrutura e das instalações brasileiras para atuar no setor, especialmente em nanofabricação e nanoeletrônica (E2 p. 105, negrito nosso).

Veja que a incorporação de empresas é, segundo a ABDI, um forte componente para o incentivo, a inovação e a competitividade. O fato de almejar inovações para a competitividade já mostra que o conjunto de valores da ABDI está na mesma direção que os valores ligados ao neoliberalismo.

- Objetiva estratégias econômicas para o Brasil e seleciona/direciona os mercados que o país pode atuar. Tudo isso com vistas ao controle de objetos nanotecnológicos que fomentem inovações para as próximas décadas.

> No setor de energia, o Brasil favorece-se de sua extensão territorial, por possuir recursos como luz solar intensa em grande parte de seu território e uma comunidade científica atuando há vários anos na área de desenvolvimento de novos materiais e dispositivos. Prevê-se que o país poderá atuar e competir fortemente nesse setor no mercado internacional, empregando os nanofibras, nanotubos de carbono e outros inorgânicos nos dispositivos funcionais de geração, armazenamento e transporte de energia. Tais dispositivos representam uma alternativa ambientalmente correta para o setor de energia, em especial para o segmento de combustíveis baseados em fontes renováveis e que não envolvem geração de subprodutos, além de corrente elétrica e calor (E2, p. 46).
>
> Três outros mercados, nos quais o Brasil tem interesse estratégico, são: produtos farmacêuticos, químicos e cosméticos, seja pelas dimensões e demanda de seu mercado interno (setor quimiofarmacêutico), seja pela existência de grandes grupos empresariais nacionais (setores químico e de petróleo e gás natural) ou ainda pela sua megabiodiversidade (setores farmacêutico e de higiene e cosméticos). Nesses mercados, a N&N [Nanociência e Nanotecnologia] pode contribuir com importantes inovações a serem incorporadas durante as próximas décadas (E2, p. 46).
>
> Outra área de grande relevância para o Brasil refere-se às agroindústrias. O potencial de produtos e processos nanotecnológicos e nanobiotecnológicos nesse campo é vasto, cobrindo desde materiais nanoestruturados para aplicação em agricultura, sistemas de entrega e liberação controlada de nutrientes e defensivos agrícolas, com menor impacto ao meio ambiente, até embalagens “inteligentes” que informam o consumidor sobre o estado do produto (E2, p. 46, 47).
>
> [...] No período 2016-2025, espera-se que, além de nanomateriais estruturais, os setores ligados a compósitos, revestimentos e nanopartículas, além de pigmentos para aplicações diversas, atingirão maturidade e estarão nos estágios de produção em larga escala e comercialização. Espera-se,

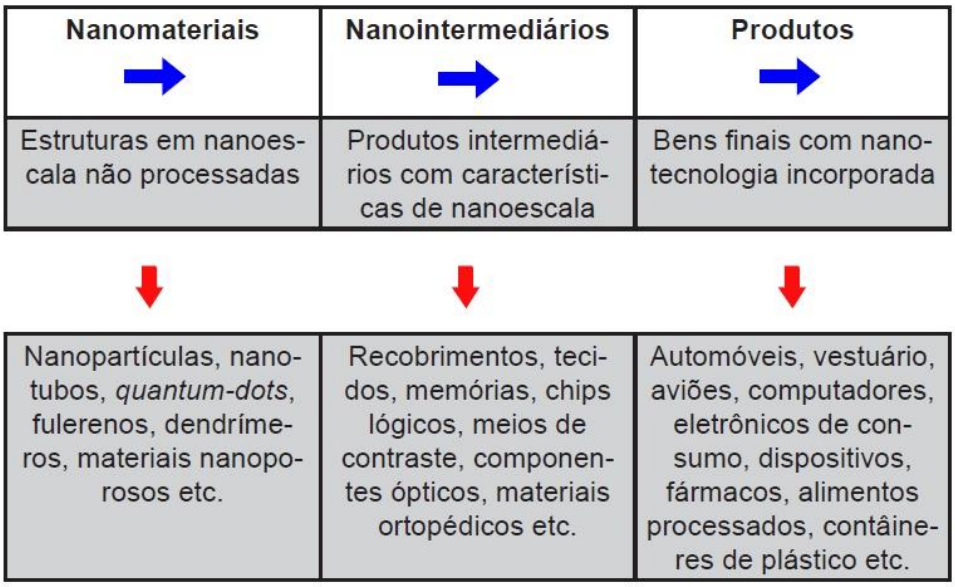
> adicionalmente, o desenvolvimento de alguns nichos no mercado de semicondutores e magnéticos [...] (E3, p. 145).

- Desejo sobre a lucratividade e crença na "cadeia de valor" para a nanotecnologia;

Um ponto que a ABDI está investindo muito é sobre a concepção de cadeia de valor. Para a agência esse conceito contribui para a competitividade brasileira em nanotecnologia. De acordo com a ABDI, o desenvolvimento industrial da nanotecnologia vem atualmente com uma cadeia de valores que são segmentados em atividades setoriais. Inicialmente, uma empresa sozinha desenvolvia seu produto nanotecnológico de maneira integral, do começo ao fim. Atualmente, o desenvolvimento em cadeias permite diferentes possibilidades de mercado para novas empresas, que atuam em diferentes pontos da cadeia.

Vamos apresentar o que vem a ser essa cadeia de valor nos documentos da ABDI. Em E1, na Figura 13 é a primeira vez que se fala de cadeia de valor, distinguindo os produtos nanotecnológicos desde os nanomateriais, que seria a matéria prima em nanoescala sem processamento; passando por nanointermediários, onde teriam produtos com características agregadas dos nanomateriais; e o produto final com nanotecnologia incorporada, que seriam bens em que o consumidor final poderia adquirir.

Figura 13: Cadeia de valor da ABDI

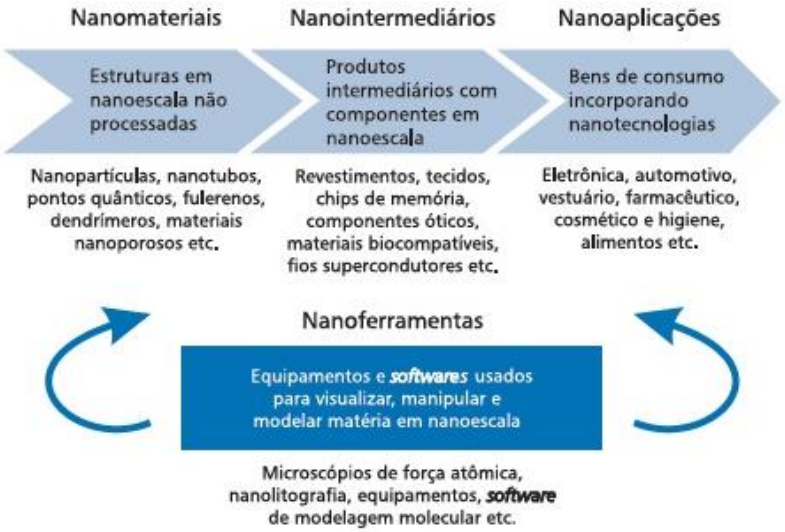


Fonte: E1, p. 34

Na Figura 14, temos a informação que essa estrutura da cadeia de valor vem da noção dada pela empresa Lux Research, em que a nanotecnologia não seria um mercado “fechado” no produto final, tendo possibilidades de atuação econômica desde o processo de nanomateriais.

> Antes de iniciar a apresentação propriamente dita do atual mercado da nanotecnologia no mundo e no Brasil, faz-se necessário conceituar a cadeia de valor desse campo, em seus diversos estágios, conforme a visão de negócios e de mercado preconizada pela Lux Research.8 Isso
> porque, segundo a Lux Research, não existe um mercado de nanotecnologia, e sim uma cadeia de valor, que vai desde os nanomateriais (por exemplo, nanopartículas de argila), passando por nanointermediários (nesse exemplo, materiais compósitos produzidos a partir de nanopartículas de argila), até as chamadas nanoaplicações (na sequência, bens de consumo incorporando nanocompósitos) (E2, p. 30)

Figura 14: Cadeia de valor da nanotecnologia contida na Lux Research



Fonte: Lux Research (2004), apud E2, p. 73

Em E8, Figura 15, também se comenta sobre cadeias de valor com o nome de cadeias produtivas, em que a nanotecnologia não atua nos setores primários e terciários da economia, sendo específica na indústria da transformação em que a cadeia de valor é do tipo produtiva.

Figura 15: Cadeia produtiva da nanotecnologia



Fonte: E8, p. 21

Na cadeia de valor, a nanotecnologia pode gerar muitas possibilidades de atuação, gerando lucros em toda a cadeia. Vamos nos atentar às intensões, desejos e crenças, nos excertos abaixo, em que podemos ver essa cadeia de valor como estratégia para a nanotecnologia:

> Grande parcela do crescimento do mercado de nanotecnologia não provém da produção de nanomateriais básicos, mas sim da capacidade de alguns segmentos, como farmacêutico e semicondutores, de **transformar os nanomateriais básicos em produtos de alto valor agregado**. Vale ressaltar também que os valores estimados de mercado não se referem apenas às nanotecnologias incorporadas aos produtos finais, mas sim aos valores dos produtos como um todo. Para exemplificar: um décimo de grama de um determinado nanomaterial que custa US$ 0,01 pode ser incluso em um medicamento que custa US$ 100 a dose (E2, p. 32 ou p. 77, negrito nosso).

> O terceiro aspecto [sobre a cadeia de valor] que deve ser levado em consideração na identificação de aplicações promissoras para o Brasil é que muitos produtos incorporando nanotecnologias serão **rentáveis** apenas marginalmente. A maioria dos nanomateriais tornar-se-á rapidamente commodities com **margens de lucro reduzidas**, quando comparada com especialidades químicas, por exemplo. A **lucratividade** de nanointermediários e nanoaplicações pode variar muito, em função das margens das categorias de produtos a jusante na cadeia (E2 p. 74 negrito nosso).

> É esperado que as nanoaplicações (bens de consumo incorporando nanotecnologias) sejam, no futuro, os itens de maior faturamento, porém os nanointermediários irão responder pela maior parcela de lucros, pelo fato de suas margens operacionais serem três vezes mais altas do que os demais componentes da cadeia de valor [...] (E2, p. 75).

Observando as palavras, vemos que a cadeia de valor se refere a valor financeiro, em que a lucratividade, a rentabilidade e competitividade são conceitos importantes para a cadeia, mostrando os valores contidos na cadeia de valor. Como vimos nos excertos acima, a ABDI se interessa pelo mercado e pela indústria. Essa agência foi criada para esse fim, o desenvolvimento industrial. No entanto, estamos avaliando para benefício de quem, para o bem-estar de quem. A ABDI se mostra com crenças de que a nanotecnologia é fundamental para tornar o país mais competitivo com o desenvolvimento das nanotecnologias.

Até aqui tivemos uma noção do entendimento da nanotecnologia, das estratégias que ela utiliza e os valores, mesmo que superficiais, necessitando de um aprofundamento avaliativo maior, dependendo dos objetivos educacionais do professor e o contexto em que ele atua. Queremos ver agora indícios de que a ABDI esteja voltada para o bem-estar da população e para isso entraremos na concepção de desenvolvimento.

6.5 QUE TIPO DE DESENVOLVIMENTO A ABDI ESTÁ DIRECIONADA?

Já vimos alguns indícios de que a ABDI está voltada para estratégias que utilizam abordagens descontextualizadas, já que o entendimento científico adotado gera conhecimento extensivo que abstrai a vida prática e o ambiente natural. Também, controla o objeto em espaços tecnológicos como laboratórios em universidades e empresas, além da afinidade das estratégias com valores do neoliberalismo, tais como os evidenciados acima. O conhecimento do tipo extensivo e os valores que encontramos já nos inclinam a avaliar que a ABDI busca um desenvolvimento modernizador para a nanotecnologia. Mas queremos olhar para outros aspectos que tanto Lacey quanto o campo CTS se preocupam, que são os impactos da nanotecnologia na sociedade e ambiente e o que diz a ABDI sobre a participação pública em relação à nanotecnologia.

Se a ABDI estiver mais inclinada aos aspectos do desenvolvimento modernizador, ela se preocupará com os impactos provenientes da nanotecnologia. Mas esses impactos serão restringidos para avaliação de riscos, tanto para saúde humana quanto para o ambiente. Essa preocupação virá ainda com a crença de que mais avanços futuros irão recuperar ou minimizar os danos causados atualmente. As decisões são puramente tecnocráticas, nesse aspecto, tal como o campo CTS critica. O que importará serão os valores subordinados ao controle; e a população participará dos avanços tecnocientíficos como consumidores. Os

avanços modernizadores proporcionam maior bem-estar para pessoas que podem comprar produtos inovadores.

Por outro lado, se o desenvolvimento for do tipo autêntico, a população estará na linha de frente dos assuntos tecnocientíficos. As decisões não se restringem aos possíveis riscos, pois leva em conta as prioridades locais. Um exemplo seria olhar para os potenciais da nanotecnologia e decidir se vale a pena investir em mais pesquisas, no momento histórico e contexto que vivem. Ou se há outras prioridades, assuntos mais urgentes que requerem conhecimento completo que informem tecnologias apropriadas para suas necessidades, que servem à perspectiva de valor local, voltada para o bem-estar de todos de sua comunidade, região ou país.

Em termos gerais, vamos iniciar com a ABDI, em E6 p. 14, quando cita a Constituição Federal para falar sobre desenvolvimento nacional, diminuição da pobreza e desigualdade (art.3) e a respeito do incentivo ao desenvolvimento da ciência e tecnologia (art. 218). Esses artigos mostram que é um fator importante para o desenvolvimento a diminuição da pobreza e desigualdade e que a tecnociência seria um dos pontos importantes para esse intento. Vemos ainda no artigo 219 da constituição Federal que o "[...] mercado interno é patrimônio nacional e deve ser incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e socioeconômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País" (E6 p. 14). Esses artigos se alinham com o desenvolvimento autêntico, já que, para Lacey, o desenvolvimento econômico é um valor social que deve ser considerado, desde que esteja associado ao bem-estar de todos. Podemos ver que, se a ABDI cita esses valores contidos na constituição, é um bom indício para o desenvolvimento autêntico. Entretanto Lacey chama atenção para a avaliação de valores em que há sempre um *gap*, uma brecha, entre valores articulados e valores manifestados. Com as avaliações de entendimento, estratégia e valores, feitas nos tópicos anteriores, observamos uma dissonância com os artigos da Constituição citados. Podemos ver, também, o valor atribuído à tecnociência, como importante para o bem-estar da população, tanto pela constituição quanto por outros órgãos políticos, tais como a própria ABDI cita:

> A Política Nacional de Nanotecnologia da PITCE à ENCTI: "promover a geração do conhecimento e do desenvolvimento de produtos, processos e serviços nanotecnológicos visando ao aumento da competitividade da indústria brasileira." (E6 p. 17).

Existe uma intima relação entre ciência, tecnologia e sociedade para a promoção do desenvolvimento nacional e o bem-estar da população. No entanto, endossar a competitividade da indústria brasileira se baseando em outros países, não pode ser um valor

compatível com o desenvolvimento autêntico. Isto porque o contexto é diferente, principalmente se a comparação for com países ditos "desenvolvidos". No slide em E6, p. 21, Figura 16, há evidências que a ABDI está mais direcionada para o desenvolvimento modernizador:

Figura 16: Desenvolvimento modernizador da nanotecnologia



Fonte: E6, p. 21

A Figura 16 mostra uma organização econômica baseada na apropriação do conhecimento. Podemos perceber o controle como um valor altamente valorizado em que subordina outros valores tais como a concorrência e a lucratividade. Desse modo, o conhecimento tecnocientífico é comercializável. E isso se dá por meio de incentivos políticos na interação entre universidades e empresas, garantindo transferência de tecnologia, tal como no desenvolvimento modernizador. A questão da transferência de tecnologia é importante para o desenvolvimento econômico dos países e, por isso, a competitividade e a comparação entre países desenvolvidos são altamente valorizadas pela ABDI, como mostram os excertos abaixo:

> Considerando-se um total de cerca de 379.000 trabalhos científicos em nanociência publicados desde 1996, os EUA vêm liderando, com 102.000 trabalhos, respondendo por 27% da produção mundial. Entre os líderes, encontram-se o Japão e a Alemanha, com 13% e 10% da produção científica mundial, respectivamente. Em destaque, encontrasse a Suíça que, embora não tenha uma produção científica em nanociência tão expressiva quanto a dos países citados, aparece com o maior grau de impacto científico (ARC de 1,41), compartilhado com a Dinamarca e os EUA (E2, p.26).

O Brasil está entre os líderes da produção científica mundial em nanociência, ocupando a 25ª posição no *ranking* geral e a 20ª posição em termos do número de trabalhos científicos, com 4.358 trabalhos publicados e indexados na referida base, no período 1996-2006 (E2, p.26).

Os EUA lideram o *ranking* pelo número de patentes em nanotecnologia (10.005 patentes ativas no período 1981-2006). Nas posições seguintes, encontram-se Taiwan, China e Reino Unido pelo seu grau de especialização e impacto. Países como Índia, Cingapura, China, Bélgica, Israel e Canadá têm maiores percentuais de patentes em nanotecnologia em seus *portfolios* de patentes do que os EUA, que lideram o *ranking.* O Brasil, que se encontra na 25ª posição entre os líderes da produção científica em nanociência, não aparece em posição de destaque no panorama da propriedade intelectual em nanotecnologia (E2, p.28).

Dentre as empresas líderes no *ranking* da propriedade intelectual em nanotecnologia, considerando-se o mesmo horizonte temporal e os mesmos indicadores adotados na elaboração do *ranking* dos países, destacam- se: em primeiro lugar a 3M, seguida da IBM, Exxon Mobil, Xerox e Applied Materials (E2, p.28).

Das quinze instituições acadêmicas que lideram o *ranking* mundial, todas são universidades americanas. Dentre essas, a University of California claramente lidera em termos do número de patentes ativas em nano tecnologia (316 patentes), embora ela não seja especializada nesse campo como outras que são consideradas especializadas, como Rice University, que ocupa a primeira posição no *ranking*, e a Pennsilvania State University e a Univerisity of Connecticut, na 4ª e na 12ª posições, respectivamente (E2, p.28 e 29).

Grandes empresas ocupam as posições superiores no *ranking*: em primeiro lugar a 3M, seguida da IBM, Exxon Mobil, Xerox e Applied Materials. As empresas da área de tecnologias de informação e comunicação destacam-se entre as 20 primeiras do *ranking*: IBM, Hewlett-Packard, Micron Technology, AMD, Texas Instruments, Intel e Motorola. Eastman Kodak e 3M são mais vinculadas ao campo de nanomateriais, enquanto a Hitachi, Matsushita, Canon, Alcatel-Lucent, Seiko Epson, Sumitomo, Samsung, Mitsubishi e Toshiba estão mais atuantes no segmento de semicondutores e nanoeletrônica. Já empresas como a Procter & Gamble e a L'Oreal estão mais voltadas para nanobiotecnologia e suas aplicações nos mercados de cosméticos e de higiene (E2, p. 69).

Tal aspecto, certamente, fará com que as Nanotecnologias tenham um impacto altamente significativo sobre a vida econômica do país, em razão do setor industrial: volume de produção, número de empregos gerados, etc., indo muito além disso, dado que ainda poderá vir a desempenhar um papel estratégico, alimentando direta ou indiretamente todas as outras atividades, inclusive aquelas de natureza social, quando conectadas às políticas públicas (E4, p. 11).

Efetivamente, o rápido desenvolvimento da Nanotecnologia não só tem apresentado muitos benefícios e oportunidades, como também tem descortinado um grande número de aplicações revolucionárias, nos mais diferentes campos. Isso vem fazendo com que os CEOs das empresas, advogados, legisladores, acadêmicos e financistas estejam permanentemente

> discutindo os aspectos legais, éticos, comerciais, políticos, de propriedade intelectual, metrológicos e de segurança, dela decorrentes (E4, 11- 12).

Na última citação vemos que a ABDI, embora fomente o desenvolvimento da Nanotecnologia, tem a preocupação com os aspectos éticos relacionados à regulação e à segurança em relação a essa tecnociência. Estes aspectos mudam um pouco a entonação do nosso discurso sobre os valores da ABDI. Um bom indício que de que a ABDI também tenha valores condizentes com o desenvolvimento autêntico está abaixo:

> Um dos maiores desafios deste século está, sem qualquer dúvida, representado pelo binômio desenvolvimento-sustentabilidade: desenvolvimento com sustentabilidade. Para que isto se dê, é crucial que busquemos um modelo de gestão que contemple: **viabilidade econômica, inclusão com justiça social e equilíbrio ambiental.** A nanotecnologia e seus produtos, caso não estejam, deverão, naturalmente, fazer parte íntima desta discussão (E4, p. 17, negrito nosso).

Observe o valor de viabilidade econômica. Isso indica que a ABDI percebe que recursos podem se tornar limitados e fala sobre justiça social e equilíbrio ambiental. Pode ser que exista consciência sobre as reais necessidades da população brasileira. Sobre o desenvolvimento com sustentabilidade, queremos ir mais a fundo sobre os riscos da nanotecnologia. O fato de ter muitas possibilidades pelas diferentes propriedades dependentes do tamanho podem gerar riscos tão impressionáveis quanto as possibilidades de melhoramento.

> Ao lado do crescimento esperado de novos produtos e tecnologias baseados em N&N [Nanociência e Nanotecnologia], crescem também as preocupações sobre os riscos que elas podem provocar, particularmente aos trabalhadores, pela maior exposição a que são submetidos em seus ambientes operacionais. Os impactos nocivos e potenciais riscos à saúde humana e animal, ao meio ambiente e até em relação ao comportamento humano ainda são pouco conhecidos. Devido a essas e outras questões, iniciativas de normalização e de regulamentação no contexto das nanotecnologias se tornam cada vez mais importantes, para que seja possível assegurar à sociedade que o desenvolvimento industrial seja conduzido futuramente de acordo com um marco seguro, responsável e sustentável (E2, p. 137).

A ABDI utiliza trabalhos e iniciativas internacionais que destaca, prioritariamente em E2, a normalização internacional pelo Comitê Técnico ISSO/TC 229 criado em 2005.

> Segundo o Dr. Peter Hatto, coordenador do Comitê Técnico ISO/TC 229, a introdução crescente de novos nanomateriais nos ambientes de trabalho tem aquecido o debate em torno de temas como saúde e segurança ocupacional no contexto das nanotecnologias. Enquanto se aguardam as normas que estão sendo desenvolvidas no âmbito do ISO/TC 229, o conteúdo do Relatório Técnico ISO/TR 12885:2008 pode ser considerado de grande utilidade, pois fornece informações e conhecimentos sobre práticas de saúde e segurança ocupacional em relação às nanotecnologias. Ainda de acordo com Hatto,

> esse relatório técnico será revisado e atualizado e novos requisitos de segurança deverão ser definidos, em função dos avanços do conhecimento e da experiência adquirida ao longo das trajetórias de desenvolvimento das nanotecnologias. Além desses dois documentos, encontram-se em estágio de desenvolvimento 32 trabalhos no âmbito do referido Comitê, conforme apresentado no Quadro 4.3.69 Cabe ressaltar que muitos relatórios e normas que estão sendo desenvolvidos pelo Comitê ISO/TC229 possuem caráter antecipatório e prospectivo, pois a grande maioria dos desenvolvimentos em N&N e negócios decorrentes ainda estão por acontecer (E2 p. 139).

> Como parte integrante do Programa de Química da OECD, o Programa de Ensaios sobre Segurança de Nanomateriais Manufaturados tem como foco o estudo das implicações do uso de nanomateriais para a saúde humana e a segurança do ambiente, com ênfase em métodos de avaliação de riscos e ensaios (E2, p. 142).

Existe também a preocupação da ABDI com os aspectos regulatórios nas empresas, o que mostra bons indícios em relação a valores que se alinham ao bem-estar da população. Ainda existe uma importante citação abaixo, colocada em negrito, sobre o projeto Rede Renanosoma, em que teve a participação de Hugh Lacey falando sobre suas ideias e a nanotecnologia. Tipos de projetos como esses, que envolvem a população, contribuem para a participação pública e a educação científica das pessoas. Chamamos atenção para que professores de ciências estejam atentos sobre essas discussões e também participem do projeto. Nesse projeto em específico há verdadeiramente, multiplicidades de abordagens para discutir a nanotecnologia.

> Os sete princípios propostos pelo "Responsible NanoCode" são: *(i)* cada empresa deverá assegurar que seu Conselho de Administração ou seu Órgão Dirigente é responsável pela condução e gestão de suas atividades relacionadas às implicações das nanotecnologias; *(ii)* cada empresa deverá engajar um diálogo com os autores da área das nanotecnologias e se mostrar receptiva às suas posições no que diz respeito ao desenvolvimento ou à utilização de produtos que se apropriam das nanotecnologias; *(iii)* cada empresa deverá identificar e minimizar as fontes de risco para os empregados que manipulam produtos utilizando as nanotecnologias, em todos os estágios do processo de produção ou de sua utilização industrial, a fim de assegurar padrões elevados de segurança e de saúde no trabalho; *(iv)* cada empresa deverá conduzir uma avaliação detalhada dos riscos e minimizar todos os riscos públicos potenciais a saúde, segurança e meio ambiente, ligados a seus produtos, nos quais foram utilizadas nanotecnologias; *(v)* cada empresa deverá responsabilizar-se e reagir a toda implicação e impacto, sociais ou éticos, do desenvolvimento ou da comercialização que utilizam as nanotecnologias; *(vi)* cada empresa deverá adotar práticas responsáveis para a comercialização e o marketing de produtos que se valem das nanotecnologias; *(vii)* cada organização deverá engajar um diálogo com seus fornecedores e/ou seus parceiros comerciais para encorajá-los e estimulá-los a que adotem o Código e assegurar, desta forma, a capacidade dos mesmos de cumprir os compromissos que eles próprios assumiram no âmbito do Código (E2, p. 144 - 145).

> No nível nacional, destacam-se as seguintes iniciativas:
> • a criação da Comissão de Estudo Especial em Nanotecnologia ABNT/CEE-89;
> • a formação da Rede Renanosoma apoiada pelo CNPq e Fapesp e o projeto engajamento público em nanotecnologia;
> • a atuação do grupo de pesquisa "Nanotecnologia, Sociedade e Desenvolvimento", da UFPR. (E2, p. 147)

Vamos retomar nossa discussão em relação aos riscos. Segundo E7, p. 6, as mesmas propriedades que faz a nanotecnologia ser atrativa também são fontes de preocupação, tais como: " novas propriedades, grande área superficial (em relação ao tamanho), maior reatividade superficial, biodistribuição maior e diferenciada, diversidade infinita de materiais, problemas com a própria dimensão" (E7, p. 6)

Por exemplo, os nanotubos de carbono podem causar: efeitos ao DNA, formação de granulomas e mesotelioma, inflamação e ERRO, facilitação a infecção e efeitos pulmonares e extrapulmonares. Abaixo, segue excertos que mostram os riscos e necessidade de mais estudos:

> [...] Pesquisadores da Universidade de Duke, Estados Unidos, chamaram a atenção para as nanopartículas, observando que, sua definição atual (que também compreende a faixa de 1-100 nm), não é suficientemente específica. Segundo estes pesquisadores, tomando como base os potenciais riscos das nanopartículas, a atenção deve ser voltada para as nanopartículas com menos de 30 nm. Ainda segundo estes pesquisadores: "Uma definição que se baseie em propriedades, apontam eles, é fundamental para ajudar os cientistas a determinar exatamente quais nanopartículas são as mais propensas a representar riscos à saúde humana e ambiental7". Como vemos, trata-se de questão intrinsecamente ligada ao estágio e desenvolvimento da nanotecnologia (E4, p. 10 - 11).

> Nanopartículas metálicas (ouro, prata, platina, ferro), nanopartículas emicondutoras (óxido de zinco, dióxido de titânio) e nanotubos de carbono, entre outras, são bons exemplos do cenário atual em nanotecnologia. Devido suas propriedades físico-químicas e amplo potencial de aplicação, oferecem diversificadas oportunidades de inovação para os setores de materiais, eletrônica e biotecnologias. Focalizando a questão nos nanotubos de carbono (NT), seu impacto ao meio ambiente e à saúde humana ainda é bastante controverso, principalmente devido à falta de estudos toxicológicos. Como consequência, ficam dificultados os processos de avaliação e administração dos riscos para estes nanomateriais. Não obstante, já são produzidas mundialmente centenas de toneladas de nanotubos de carbono. Vários produtos disponíveis no mercado já incorporam os NT, e há previsão de que, em 2012, a produção destes materiais atinja milhares de toneladas, não só através do aumento da capacidade de produção de fábricas existentes, mas também de novas plantas, como é o caso da Arkema, na cidade de Mont, na França (E4, p. 17).

> O controle preciso das dimensões dos objetos é a questão-chave da nanotecnologia e da ciência de nano-objetos. As dimensões destes objetos

> são inferiores a 100 nm e a precisão requerida frequentemente é da ordem de 0,1 nm. Este fato determina que novos métodos de medição e novos materiais de referência sejam desenvolvidos (E8, p. 18).
>
> Neste contexto entra a Toxicologia, ciência que combina conceitos e métodos de várias áreas do conhecimento, para estudar os efeitos nocivos ou adversos de agentes de natureza física, química ou biológica sobre os seres vivos e o meio ambiente, tendo como meta diagnosticar, tratar e prevenir a intoxicação. Entretanto, dentro do contexto da Nanotecnologia, algumas considerações são necessárias, dado que os nanomateriais apresentam características exclusivas, dependentes do tamanho e da morfologia, o que leva à emergência da Nanotoxicologia, cuja missão precípua é nortear o desenvolvimento seguro e sustentável da Nanotecnologia. Disciplinas associadas à Nanotoxicologia, tais como a Genotoxicologia e a Ecotoxicologia, entre outras, completam um conjunto que terá papel fundamental nos aspectos científicos relacionados à criação de uma regulação consistente para a Nanotecnologia (E4, p. 17).
>
> [...] embora os seres humanos tenham sido expostos ao ar contendo partículas de dimensões nanométricas (< 100 nm) ao longo de seus estágios evolutivos, tal exposição veio aumentando drasticamente no decurso do século passado, devido à presença de fontes antropogênicas (derivadas de atividades humanas). Sublinha, ainda, que a Nanotecnologia, em virtude de seu desenvolvimento acelerado, provavelmente venha a se constituir numa outra fonte via a inalação, ingestão, absorção cutânea e injeção de materiais artificiais. Os autores chamam a atenção para o fato de que a maior área superficial por massa, comparada com as partículas de tamanho grande, faz com que as nanopartículas sejam muito mais ativas biologicamente. E os autores concluem que, em função dos vários resultados apresentados e discutidos, uma abordagem interdisciplinar que contemple toxicologia, ciências dos materiais, medicina, biologia e bioinformática, para citar algumas "disciplinas", é obrigatória para que a pesquisa em Nanotoxicologia possa culminar com uma avaliação de risco adequada (E4, p. 18 - 19).
>
> As técnicas de medição desenvolvidas para materiais convencionais em muitos casos, não podem ser simplesmente aplicadas às nanoestruturas. Protocolos especiais e novos equipamentos para a medição de nanoestruturas e nanomateriais necessitam ser desenvolvidos. A não observância dessa necessidade pode levar a erros graves na avaliação dos resultados. Novos fenômenos na nanoescala exigem uma compreensão e capacidade de medir de forma confiável objetos muito pequenos (E8, p. 18).
>
> [...] lembrar que nanopartículas não são produzidas apenas em laboratórios e indústrias. Várias outras situações também as geram: automóveis, caminhões, moagem de diferentes materiais, e mesmo a agricultura estão entre elas. Portanto, não se trata de uma questão nova. Faz-se urgente um despertar para ela e para as consequências advindas das mesmas (E4, p. 36).

Nas citações acima, vemos a existência de vários contextos para se discutir na sala de aula, importantes para o contexto dos alunos. No Brasil, dado o caráter inovador da nanotecnologia (novos e sofisticados tipos de nanopartículas são constantemente

desenvolvidos) vemos em E8 uma preocupação em se criar uma abordagem de avaliação de risco caso a caso, levando em conta as propriedades físico-químicas das partículas:

> As propriedades abaixo citadas são as mais relevantes neste quesito, devendo ser as prioritárias para a análise de risco.
> – Tamanho das partículas e distribuição de tamanho;
> – Via de exposição/administração;
> – Labilidade em meios biológicos ou ambiente;
> – Estrutura cristalina;
> – Estado de agregação;
> – Composição / revestimentos de superfície;
> – Reatividade de superfície;
> – Método de síntese/ fabricação;
> – Pureza da amostra;
> – Volume de produção (E8, p. 22).

Assim, a partir dessas propriedades, existe a necessidade de classificar e distinguir os nanomateriais como foi feito por Fronza *et al* (2007). Segue as perguntas para saber diferenciar o material e seus possíveis riscos (E8, p. 23):

1. Apresenta propriedades diferentes do que o mesmo material nas suas formas atômica, molecular ou *bulk*?

2. Contém nanoestruturas menores que 1.000 nm?

3. Os nano-objetos são fibrosos ou têm uma dimensão preponderante?

4. Contém nanopartículas insolúveis (biopersistentes) menores que 100 nm?

5. Contém nanopartículas solúveis ou lábeis?

6. Os dados existentes comprovam a segurança do uso de nanopartículas solúveis ou lábeis?

7. Contém nanopartículas solúveis ou lábeis menores que 100 nm?

8. Os dados existentes comprovam a segurança das substâncias solubilizadas a partir das nanopartículas solúveis ou lábeis?

Essas respostas caracterizam se um dado objeto pode ser considerado ou não um nanomaterial, além de ser classificado em setores de risco potencial alto, médio e baixo, tal como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela de classificação dos nanomateriais

Pergunta / Material	1	2	3	4	5	6	7	8
Não é nanomaterial	N	-	-	-	-	-	-	-
Não é nanomaterial	S	N	-	-	-	-	-	-
Nanomaterial I	S	S	S	-	-	-	-	-
Nanomaterial II	S	S	N	S	-	-	-	-
Nanomaterial III	S	S	N	N	N	-	-	-
Nanomaterial IV	S	S	N	N	S	S	-	-
Nanomaterial V	S	S	N	N	S	N	S	-
Nanomaterial VI	S	S	N	N	S	N	N	S
Nanomaterial VII	S	S	N	N	S	N	N	N

Fonte: (E8, p. 23).

Por meio das respostas sintetizadas na Tabela 2, podemos classificar diferentes graus de riscos dos nanomateriais. Seja um objeto testado por meio dessas perguntas; se esse objeto estiver classificado entre I, II e V, então o risco é alto e deveria seguir a legislação específica para esse grau potencial. Esse objeto teria grau médio se fosse classificado entre III e VII; e seria de baixo risco se estivesse entre IV e VI.

Agora observe a gravidade do excerto, a seguir, sobre a ANVISA:

> As autoridades regulatórias brasileiras, como a ANVISA, por exemplo, ainda não definiram uma legislação específica para a nanotecnologia, seja para registro de nanomateriais ou para produtos finais contendo nanomateriais. Não obstante, a ANVISA tem aprovado produtos de base nanotecnológica, através de avaliação caso a caso. (E8, p. 24)

De acordo com o excerto acima a Anvisa tem avaliado caso a caso os nanomateriais, mas que tipo de dados foram selecionados e que abrangência esses estudos tiveram? Essas avaliações são legítimas e contemplam uma multiplicidade de abordagens e de diferentes contextos, ou foram submetidos a apenas um tipo de abordagem? Será que a Anvisa tem feito essa avaliação caso a caso de forma a prevenir qualquer dano ou produtos têm sido inseridos sem investigações sérias que sintetizem os riscos mais prováveis a curto, médio e longo prazo? Nos excertos a seguir temos evidencias preocupantes sobre os problemas de regulação no Brasil

> Paradoxalmente, ainda não existe Marco Regulatório específico para a nanotecnologia, sendo os produtos registrados em diferentes países, incluindo o Brasil, pelas suas respectivas Agências Sanitárias, em análises caso a caso (E8, p. 41).

> Até o momento, o Brasil não tem uma definição oficial sobre nanotecnologia que norteie a discussão sobre regulação, incluindo aspectos de avaliação de segurança. O único documento com base científica é o relatório do Grupo de Trabalho do Fórum de Nanotecnologia do MDIC disponibilizado *on line* desde agosto de 2010. O algoritmo proposto pelo Grupo de Trabalho é aderente ao alinhamento discutido internacionalmente, podendo ser uma ferramenta útil para nortear as discussões em direção à regulação. É

> premente que o Brasil se posicione para garantir a competitividade no segmento e disponibilização de produtos inovadores no mercado (E8, p. 43).

> Os nanomateriais variam enormemente em termos de composição e morfologia, não podendo ser considerados um grupo uniforme de substâncias, assim para cada tipo de nanomaterial é necessária uma caracterização e descrição detalhada. Esta diversidade gera um grande desafio para a construção de um Marco Regulatório visto que os nanomateriais não se diferenciam apenas em termos de tamanhos médios, mas são diversos também quanto a distribuições, concentração, forma, área de superfície, porosidade, química de superfície, especiação de superfície, carga de superfície, estado de aglomeração, labilidade, cristalinidade e composição química (Figura 12). Cada uma dessas propriedades pode impactar diferentemente nas respostas biológicas, ou farmacológicas, de produtos compostos de nanomateriais. Por essas razões, os Grupos de Trabalhos das diferentes organizações vêm propondo formas de distingui-los através de classificações específicas (E8, p. 41).

> O risco principal é a contaminação através da dispersão aérea, seguido pelo contato (pele e mucosas) e, por último, por ingestão acidental. Há também riscos de contaminação ambiental (dispersão de materiais particulados) decorrente da degradação dos produtos ou mesmo acidentes (vazamento) de produtos e/ou falha no sistema de gestão e controle ambiental. Em relação aos trabalhadores, potencialmente, os riscos serão decorrentes, principalmente da exposição às nanopartículas, que apresentem grande capacidade de penetração e, consequentemente, de distribuição em vários órgãos do corpo (E8, p. 22).

Agora vejam que, por mais que estudiosos apontem para possibilidade de riscos, muitos produtos estão entrando no mercado, tal como os da Figura 18, sem regulação e testes apropriados. É certo que estudos comprovam a eficácia dos produtos (LACEY, 2010). Contudo, nessa figura vemos produtos que usamos diariamente conterem substâncias nanotecnológicas sem passar por estudos sérios que garantam a segurança e legitimidade como Lacey (2010) questiona. A respeito de substâncias nanotecnológicas presentes em produtos que comercializamos, observem a quantidade de evidências a seguir:

> Até março de 2011 o inventário registra 1.317 produtos ou linhas de produtos que declaram publicamente conter nanotecnologias em suas composições ou fórmulas [...]. Os produtos foram categorizados apresentando o seguinte perfil de distribuição em 2011: 56% de produtos para a saúde e *fitness*, 16% de produtos para casa e jardim, 9,5% para produtos automotivos, 8% para produtos alimentícios e bebidas, 4,4% para produtos eletrônicos e computadores, entre outras categorias menos expressivas. Estes dados indicam de forma bastante consistente a importância do setor da saúde como sendo preferencial para aplicações da nanotecnologia. [...] O tipo de material mais presente nos produtos são as nanopartículas de prata (24%) (E8, p. 12 - 13).

> É importante ressaltar que os produtos estão sendo comercializados em todo o mundo, mesmo antes de se ter uma legislação específica para sistemas contendo nanoestruturas (E1, p. 31).

[...] a categoria Saúde & Fitness figura com o maior número de produtos (605), seguida de Casa & Jardim (152), Automotivo (68), Alimentos & Bebidas (55), Ferramentas (55), Eletrodomésticos (37) e Produtos para Crianças (19). [...] os materiais mais utilizados nos produtos [...] estão sendo considerados:
• Prata: nanopartículas (Ag metálico) e tecnologia nanosol (íon Ag+);
• Carbono: nanotubos (NTC), fulerenos (C60) e outras formas de carbono (negro de fumo – carbon black);
• Zinco: nanopartículas de Óxido de zinco (ZnO);
• Silício/ Sílica: Si (metálico), nanopartículas de Dióxido de silicio (SiO2) e Carbeto de Silício (SiC);
• Titânio: nanopartículas de Dióxido de titânio (TiO2), anatásio e rutilo;
• Ouro: nanopartículas (Au metálico) (E4, p. 26 - 27).

[...] A própria Unesco, em documento denominado "Éthique et Politique des Nanotechnologies", de 2007, chama a atenção para o fato de que "Este problema tem uma componente cultural – a atitude dos homens políticos e cidadãos vis-à-vis ao risco e a regulamentação". Observa, ainda, que as atitudes susceptíveis de serem adotadas sobre esta questão, pelos atores envolvidos na regulamentação da União Europeia, são norteadas pelo princípio da precaução, enquanto que nos Estados Unidos estão orientadas na direção do mercado e da empresa. O documento avança um pouco mais sobre as duas posturas. Segundo ele, no approach baseado no princípio da precaução, a ausência de dados sobre a segurança ou sobre a eficiência das nanotecnologias se constitui em um aviso para que não se comercialize os produtos, ao passo que, no segundo a approach, orientado para o mercado, significa que qualquer regulamentação suplementar não é necessária antes da colocação do produto no mercado. Em recente trabalho (2009), Gatti e Puntes argumentam que – "os cientistas ainda estão se perguntando, enquanto a indústria já está vendendo!". Isso levanta a questão: por que os organismos reguladores parecem tímidos em tomar as medidas necessárias para assegurar que as pessoas e o ambiente sejam protegidos? Pode a regulamentação ser construída de modo que a indústria possa trabalhar, em termos de desenvolvimento e comercialização de novos produtos e processos baseados em nano? Esta pode ser uma possibilidade real (E4, p. 30).

Ainda na comunidade europeia, em 2008, foi lançado o Code of Conduct (Código de Conduta), dentro da perspectiva de uma pesquisa responsável em Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Um dos princípios básicos deste código é que as atividades de pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia devem ser compreensíveis para o público. Além disso, devem respeitar os direitos fundamentais e serem conduzidas no interesse do bem-estar dos indivíduos e da sociedade, na sua concepção, execução, divulgação e utilização. Em sua essência, este Código prega que as atividades de pesquisa precisam ser seguras, éticas, que contribuam para o desenvolvimento sustentável, que estejam alinhadas com o princípio da precaução e que atendam aos mais altos padrões científicos. Outro ponto, a nosso ver, relevante, é a prestação de contas que deverá ser feita não só por pesquisadores, mas também pelas instituições, no que diz respeito aos impactos sociais, ambientais e de saúde humana de suas pesquisas (E4, p. 32).

Esse código de conduta, informado no excerto acima, é voluntário, recebendo pouca resposta governamental, por não ser obrigatório. Entretanto, esses esforços estão conseguindo avanços provenientes de suas pressões para regulamentação das nanotecnologias. Tanto que, segundo a E4, p. 32, existe uma apelação para retirada de produtos na Europa até que se mostrem seguros.

Figura 17: Produtos nanotecnológicos que já estão no mercado



Fonte: E7, p. 39

Entretanto a ABDI, não fala nada a respeito sobre decisões de regulamentação que envolva a participação social ampla[58]. Para a ABDI a sociedade precisa ter o conhecimento da nanotecnologia para consumir sem preocupação quanto aos possíveis riscos. A ABDI se preocupa com os riscos e com a ética em relação a produções de inovações. Essa preocupação é importante e ponto positivo para a Agência, entretanto em relação à sociedade, esse posicionamento seria para que a população não encontre aspectos ruins e manifeste contra. Isso seria um endosso a posicionamentos tecnocráticos sobre a participação, além da crença de que a sociedade é a maior beneficiária das inovações tecnocientíficas. A ideia que passa é

[58] Queremos chamar atenção que, obviamente, a ABDI é uma parcela da sociedade. Inclusive ela se considera como tal. Entretanto, em seus estudos, ela fala sobre aspectos sociais e é isso que estamos avaliando. Ainda assim, mesmo se considerarmos a ABDI como uma representante da voz social, ela tem visões, como foi exposto no capítulo, de que a sociedade participa, apenas, nos níveis do consumo.

que a sociedade pode consumir tranquila, pois pesquisas com embasamento científico estão sendo feitas antes de serem colocados no mercado.

> A implementação de normas antecipatórias irá acelerar a adoção de produtos baseados em nanotecnologia, particularmente pela possibilidade de se caracterizar metodologias para avaliação dos riscos de nanomateriais e nano dispositivos e se definir métodos de ensaio adequados para dispositivos e dimensões em nanoescala. (E2, p. 139)
> Espera-se que os esforços de normalização do Comitê ISO/TC 229 contribuam para desenvolvimentos e inovações tecnológicas nesse campo, **para a aceitação pela sociedade de produtos baseados em nanotecnologias e para a expansão dos mercados atuais** [...]. (E2, p. 141, negrito nosso)

No excerto acima, vemos que a sociedade precisa só comprar e utilizar as inovações. Devem-se dar os parâmetros de segurança para a sociedade não reclamar e aceitar passivamente. E finaliza:

> A implementação de normas antecipatórias irá acelerar a adoção de produtos baseados em nanotecnologia, particularmente pela possibilidade de se caracterizar metodologias para avaliação dos riscos de nanomateriais e nano dispositivos e se definir métodos de ensaio adequados para dispositivos e dimensões em nanoescala (E2 p. 139).
>
> [...] incentivar e fortalecer as atividades de formação de RH, através de programas duradouros e consistentes, visando, em médio prazo, dotar o país de uma forte rede de conhecimentos que, ao mesmo tempo, **leve aos consumidores segurança e confiança, para que venham a consumir produtos com nanotecnologia embarcada ou oriundos dela**; aos trabalhadores, segurança no trabalho, sobretudo com relação às doenças ocupacionais e, aos empresários e empreendedores, segurança científico-tecnológica e legal para o desenvolvimento de atividades industriais e de inovação (E4, p. 36, item viii, negrito nosso).

Podemos ver que a preocupação com a regulação é para que se possa consumir o mais rápido possível e o diálogo com a população está ausente, mostrando a crença no desenvolvimento linear, em que a população está somente na ponta da equação:

> [...] propiciar o aumento do diálogo com todos os interessados pela Nanotecnologia: academia, setor produtivo, governo. Aqui, é fundamental a participação de instituições como Anvisa, Inmetro, Embrapa, SENAI, Fundacentro, ABNT, CNI, entre outras; (E4, p. 34, item 3)

Outros indícios falam sobre a necessidade de estudar os riscos com vistas à competitividade:

> Quando observamos a situação do Brasil (Tabela 3), fica claro que, a despeito de termos uma produção científica significativa na área (cerca de 3% da produção mundial), temos que avançar rápida e estrategicamente nas temáticas de toxicity, safety e risk assessment, se quisermos não só desenvolver nanotecnologia com segurança, avançarmos na regulação, como

> também acessarmos mercados internacionais com nossos futuros produtos. Neste processo, é fundamental fazermos parte do esforço internacional com participação ativa em eventos, comissões, fóruns, etc., que vêm tratando de tais temas nos seus mais diferentes aspectos, desdobramentos e implicações (E4, p. 22).
>
> [...] mobilizar a comunidade científica afeita à toxicologia, ecotoxicologia e genotoxicologia sobre as oportunidades de pesquisa e a importância destas atividades na direção da regulação e aproveitamento comercial da Nanotecnologia (E4, p. 35, item ii).

Com esses excertos, aspectos éticos e de aceitação é somente a posteriori, para que a sociedade se sinta segura para consumir e aceite os novos produtos. Entretanto, encontramos em E7, formato de slides, três excertos que falam sobre a necessidade de participação pública, o que seria positivo para nosso entendimento:

[...] inclusiva [falando que o governo deve ser inclusivo] (participação de todos os setores e da população organizada interessada); (E7, p.48)

[...] Estímulo à maior integração intersetorial, com regulamentações voluntárias (soft law) e novos modos de participação pública na tomada de decisões. (E7, p. 54)

[...] Métodos adequados de participação consciente da sociedade organizada (E7, p. 59)

Esses excertos evidenciam mesmo a pequena parcela da sociedade que se organiza para se posicionar, precisa ser alterada, no sentido de reivindicar seu direito/dever em estar à frente nos encaminhamentos decisórios. Acreditamos que existam parcelas de sociedade organizada, tal como o Renanossoma, anteriormente citado. Entretanto, essa participação é incipiente pois, mesmo tendo a participação do público geral, fica circunscrito em formulações acadêmicas. Com Lacey, podemos olhar para nossas crenças e objetivos e formular valores que expliquem por que não estamos chegando no objetivo que almejamos. Os valores direcionam a ação e precisamos de, como afirmado em E7, novos rumos para a tomada de decisões da população consciente. Indo mais além, é necessária a educação da população inconsciente sobre a importância da tomada de decisões tecnocientíficas, o que esse trabalho visa contribuir.

6.5.1 Percepção pública da nanotecnologia

Em relação a nanotecnologia, a ABDI traz de informação sobre a percepção pública, mostrando alguns dados de pesquisas feitas em diferentes países. Vejam os três excertos abaixo sobre o que a Agência fala sobre a percepção pública na Inglaterra e Japão e EUA:

> **Inglaterra: [...]** apontaram para que uma maioria esmagadora de pessoas tinha uma percepção muito baixa, ou mesmo nem sequer tinha ouvido falar em nanotecnologia. (E4, p. 14, negrito nosso)
>
> **Japão**: No Japão, em 2004, o Nanotechnology Research Institute – AIST realizou uma pesquisa sobre nanotecnologia para o grande público. Os 1.011 entrevistados não eram especialistas ou profissionais das áreas de ciência ou tecnologia, contudo, dada à alta taxa de alfabetização naquele país, mais de 65% dos entrevistados possuíam diploma universitário. Dos entrevistados, 44% declararam interesse em ciência e tecnologia; 50% disseram acreditar que a nanotecnologia permitirá melhorar suas vidas; 87% dos entrevistados disseram ter recebido informação sobre ciência e tecnologia a partir do noticiário de televisão, enquanto 33% recebiam informações provenientes de programas de ciência veiculados pela televisão; 31% a partir da Internet e 62% dos japoneses entrevistados receberam informações através de noticiário geral. No que diz respeito a questões especificamente relacionadas à nanotecnologia, 55% afirmaram já ter ouvido falar com frequência ou de tempos em tempos sobre nanotecnologia. Analisando estes resultados pela perspectiva de educar a sociedade sobre o valor da nanotecnologia, as "pedras de toque" são a inteligência e curiosidade das pessoas pesquisadas e a informação prontamente disponibilizada. (E4, p. 15, negrito nosso)
>
> **EUA: [...]** uma sondagem realizada recentemente revela que apenas 6% dos americanos dizem ter "ouvido falar bastante" das nanotecnologias, contra 70% dos que dizem "ter ouvido falar um pouquinho", ou "nunca ouviram". Mulheres de todas as idades, idosos, pessoas menos esclarecidas e com baixos salários são aqueles que têm a menor probabilidade de ter ouvido falar das nanotecnologias. Por outro lado, essa sondagem estima a opinião dos americanos sobre as nanotecnologias, sublinhando a necessidade de que sejam empreendidos esforços, a fim de informar o grande público sobre os riscos sanitários e ambientais que tais tecnologias poderão oferecer, embora, todos ainda não sejam conhecidos pelos cientistas. [...] apenas 7% aceitariam comer alimentos beneficiados graças às nanotecnologias, enquanto 12% se declararam capazes de comprar recipientes melhorados com as nanotecnologias, destinados a conter alimentos (por exemplo, revestimentos autolimpantes, desinfetantes, etc.) Globalmente, 51% dos americanos não se sentem suficientemente informados para fazer um julgamento sobre os riscos e os benefícios das nanotecnologias, e um quarto das pessoas investigadas pensa que os benefícios e os riscos serão também numerosos, para os outros, 18% pensam que as nanotecnologias serão benéficas e 6% que trarão riscos. (E4, p. 14, negrito nosso)

Por mais que em países desenvolvidos que tenham uma educação mais igualitária e de maior qualidade, tal como no Japão, a população parece, levando em conta esses dados, que tem uma perspectiva salvacionista da tecnociência. Isso reflete a crença de que a nanotecnologia é uma inovação, vista como evolução e melhor alternativa para seu bem-estar. Essa crença tende a manter a sociedade na ponta consumista do modelo linear de desenvolvimento.

Em relação aos Estados Unidos podemos perceber uma certa crítica com respeito à tecnociência. Ainda assim, mesmo que 51% não sabem responder sobre riscos e benefícios da

nanotecnologia, temos 18% que acredita mais nos benefícios, contra 6% que percebem haver riscos. Isso mostra que essa concepção se alinha com a própria tradição Norte Americana em CTS, que criticava os impactos sociais provenientes da ciência e tecnologia, além de uma perspectiva de que inovações geram maior bem-estar para a população. A maioria esmagadora que não sabe se posicionar a respeito da nanotecnologia pode revelar uma variedade de respostas que precisam de maiores investigações. Esses 51% Norte-Americano pode se assemelhar com os dados da Inglaterra, em que a população tem pouco conhecimento ou nunca ouviram falar sobre a nanotecnologia. É necessário investigar mais sobre a concepção epistemológica de ciência e as distorções que sempre ocorrem.

O que a ABDI fala sobre o Brasil é "Salvo melhor juízo, não conhecemos nenhum estudo, em grande escala, que procurou avaliar a percepção pública da nanotecnologia em nosso país". (E4, p. 16). Se em países que possuem uma melhor estrutura educacional como os citados acima, refletem pouco conhecimento a respeito da nanotecnologia, no Brasil, mesmo não havendo estudos sobre esse assunto, pode ser que seja ainda mais precária a compreensão sobre inovações nanotecnológicas. O assunto é muito novo e, como veremos, faz parte das estratégias da ABDI que a população brasileira compreenda e aceite a nanotecnologia como uma cultura tecnológica importante para o desenvolvimento do país.

Agora vamos olhar para excertos que mostram o papel que a população deveria desempenhar. Em E4 vemos um posicionamento que a população age de forma não-racional.

> Ponto muito importante, que evidencia a complexidade deste tema: "o problema para experts, reguladores, negócios, indústrias e formuladores de **políticas é que o público usa um cálculo não-racional**, baseado numa matriz de atitudes e convicções ("valores"), para decidir sobre assuntos relacionados a risco, sendo que os algoritmos de avaliação de riscos dos profissionais não incluem tais variáveis não-racionais". (E4, p. 13, negrito nosso)
>
> **O público não age irracionalmente, o público age de forma não-racional** e, assim, cálculos não-racionais devem ser contemplados no algoritmo. (E4, p. 13, negrito nosso)

É isso que estamos discutindo ao longo dessa tese, sobre valores na atividade científica. Valores devem desempenhar papeis legítimos na escolha de estratégias. Isso mostra uma ciência que valoriza o contexto e prioridades locais, em que a população deveria tomar decisões frentes a questões tecnocientíficas que refletem seus valores. Entretanto, para uma dada teoria se incorporar ao conjunto de conhecimento científicos, esta deve ser avaliada de acordo com a imparcialidade, em que os valores não podem estar acima ou ao lado dos valores cognitivos. Então esses posicionamentos a respeito de que o público não age

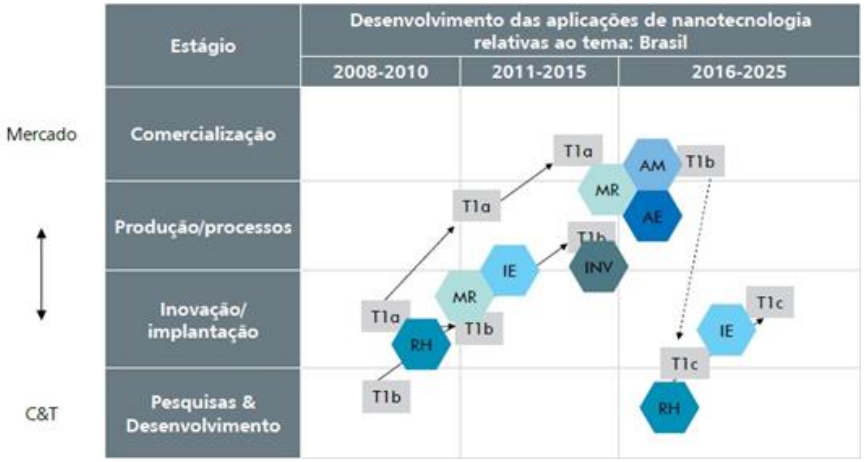
irracionalmente, mas age de forma não-racional é uma afirmação que endossamos. No entanto, nos parece que existem crenças limitantes sobre o fato de que processos que envolvem decisões devem ser feitos em âmbito puramente racional. O que Lacey mostra é que isso não é possível e nem deveria ser feito, pois o que direciona para o bem-estar de todos são os valores. Valores são importantes e necessários para o bem-estar amplo. Podemos compreender esses excertos como crenças, que levam à continuidade e reforço da concepção de decisões tecnocráticas.

6.5.2 A AGENDA INI-NANOTECNOLOGIA ATÉ 2025

Para entender para onde está se direcionando o desenvolvimento nanotecnológico pretendido pela ABDI, é importante nos voltar para sua agenda. Os dados relativos a riscos, estratégias, valores, já foram descritos acima e nesse momento gostaríamos de observar prioritariamente o que a agenda INI-Nanotecnologia tem a dizer sobre a participação pública. Por isso, focaremos mais nesse aspecto, na tentativa de observar se há diálogo entre a população, como preconiza o campo CTS ou mesmo se a população está envolvida nos processos decisórios a respeito dos rumos da nanotecnologia.

Para compreender melhor sobre a agenda de pesquisa da INI-Nanotecnologia (Iniciativa Nacional de Inovação em Nanotecnologia), contida em E3, apresentamos os conceitos da Figura 18. Essa figura representa as estratégias para ação entre 2008 e 2025.

Figura 18: Representação dos mapas estratégicos prioritários para ação.



Fonte: (E3 p.40).

Os estágios em que uma determinada nanotecnologia se encontra são designadas pelas variáveis “Comercialização, Produção/Processos, Inovação/ implantação e Pesquisas & Desenvolvimento”, na vertical. São etapas dadas em nível temporal para avaliar os tópicos de nanotecnologia em estudo. Essas variáveis estão em três níveis temporais, 2008-2010 – 2011-2015 – 2016-2025, dependendo do tópico nanotecnológico estudado. A ABDI coloca uma seta de duas pontas entre Mercado e C&T, mas não descreve o que vem a ser essa designação. Interpretamos que a Agência entende ser as etapas de elaboração e comercialização do conhecimento, fatores intimamente ligados. Esse modo de se expressar é importante para nossa avaliação, já que Hugh Lacey entende que há uma relação de reforço mútuo entre a Ciência e a Tecnologia e que os mesmos valores que estão a serviço da estratégia também estão impregnados nos “produtos finais” comercializados. Mesmo porque, as práticas experimentais, tanto em laboratórios de universidades ou de empresas, são práticas de controle e visam que o fenômeno estudado possa ser aplicado na vida prática (LACEY, 2008). Então, essa seta de duas pontas indica o que as estratégias materialistas objetivam com o valor do controle. Detalhando cada estágio temos:

Comercialização: É a medida temporal da capacidade de comercialização da nanotecnologia em larga escala no tempo considerado (entre 2008 - 2025).

Produção/processos: É a capacidade de se produzir em larga escala, em que há a incorporação do tópico nanotecológico, no tempo considerado.

Inovação/implantação: Capacidade do setor produtivo de utilizar as informações pesquisas feitas em relação ao objeto nanotecnológico e incorporar em novos processos, produtos e serviços para serem postos no mercado, tendo em consideração o tempo entre 2008 a 2025.

Os tópicos de um determinado tema nanotecnológico são expressos na figura em forma alfanumérica e os hexágonos representam as ações necessárias de suporte às quatro etapas. Essas ações estão presentes em E2 e se constituem as seis dimensões da INI-Nanotecnologia: Recursos Humanos (RH), infraestrutura física (IE), investimentos (INV), aspectos de mercado (AM), marco regulatório (MR), aspectos éticos e de aceitação da sociedade (AE). Queremos chamar atenção que em E2, AE e MR representam uma única categoria. Já em E3 AE e MR são categorias separadas.

A ABDI mostra durante todo o documento, preocupações com os aspectos de regulação relativos aos impactos negativos que a nanotecnologia pode trazer para a sociedade e ambiente. Isso corrobora com nossa análise anterior em que uma das intenções é a preocupação da aceitação da sociedade e seu possível consumo atual e a posteriori.

Para complementar o estudo da INI-Nanotecnologia, a ABDI traz a Figura 19, sobre os condicionantes para atingir os objetivos almejados em cada etapa temporal estabelecida, e que vai variar de acordo com o tópico nanotecnológico considerado. São seis grandes tópicos nanotecnológicos: nanomateriais, nanoeletrônica, nanofotônica, nanobiotecnologia, nanoenergia, nanoambiente.

Figura 19: Condicionantes da nanotecnologia no Brasil.

Condicionantes do futuro do desenvolvimento das aplicações da nanotecnologia no Brasil		
2008-2010	**2011-2015**	**2016-2025**
• Existência de uma infraestrutura laboratorial conforme estado da arte. • Educação em todos os níveis. • Continuidade da nanotecnologia como prioridade do estado (CT&I e política industrial). • RH em nível técnico e graduado. • Maior volume de capital de risco. • Insumos básicos para P&D. • Parcerias público-privadas. • Impactos da nanotecnologia (estado da arte mundial). • Difusão científica. • Regulamentação técnica e metrologia vinculadas à nanotecnologia. • Percepção da sociedade quanto ao valor das nanotecnologias.	• Educação em todos os níveis. • RH em nível técnico e graduado. • Existência de uma infraestrutura laboratorial conforme estado da arte. • Lançamento de produtos com características únicas impulsionando novas indústrias. • Parcerias público-privadas. • Difusão científica. • Insumos básicos para P&D. • Nanoética (legislação, *risk assessment* institucionalizado, valores em relação ao uso das nanotecnologias). • Exigência de escala de produção. • Impactos da nanotecnologia (estado da arte mundial). • Maior volume de capital de risco. • Continuidade da nanotecnologia como prioridade do estado (CT&I e política industrial). • Regulamentação técnica e metrologia vinculadas à nanotecnologia.	• Lançamento de produtos com características únicas impulsionando novas indústrias. • Educação em todos os níveis. • Existência de uma infraestrutura laboratorial conforme estado da arte. • Insumos básicos para P&D. • Exigência de escala de produção. • Uso de energias limpas. • Impactos da nanotecnologia (estado da arte mundial). • Maior volume de capital de risco. • RH em nível técnico e graduado. • Continuidade da nanotecnologia como prioridade do Estado (CT&I) e política industrial).

Fonte: CGEE (2008) apud E3, p.340)

Segue agora o resumo para cada tópico nanotecnológico da INI-Nanotecnologia que fizemos e afirmamos a seguir:

- Prioridade da Agenda até 2025 INI – Nanotecnologia para nanomateriais: as prioridades são RH, IE, INV, AE respectivamente. Isso indica que AE está direcionada principalmente para conscientização de riscos e benefícios sobre os novos produtos a serem incorporados no mercado.

> Consolida-se a Agenda INI-Nanotecnologia, referente ao tema nanomateriais, com dois subconjuntos de ações de suporte, associadas às dimensões “aspectos éticos e aceitação pela sociedade”, e “aspectos de mercado” [...] essas ações estão diretamente relacionadas aos períodos de 2011 a 2015 e 2016 a 2025, quando são esperadas quebras de paradigmas, com a introdução de novos materiais e nano objetos e as inovações trazidas pela nanociência não serão mais de caráter incremental. Dentre as ações propostas [...], destacam-se aquelas voltadas para a educação científica em todos os níveis, visando conscientizar a sociedade quanto aos benefícios e

> riscos associados à oferta de novos produtos ou processos baseados em nanotecnologias. (E3, p. 306)

- Prioridade da Agenda até 2025 INI – Nanotecnologia para nanoeletrônica: RH, IE, INV (respectivamente). Segundo E3 (p. 311) as demais dimensões (MR, INV, AM). Sobre AE a ABDI diz que nos períodos de 2008 a 2010:

> [...] tendo como foco a entrada no mercado das aplicações de nanoeletrônica em médio e longo prazo. Para curto prazo, propõe-se a divulgação de informações, através de veículo de massa (TV, rádio, revistas de fácil acesso ao público em geral), sobre o que é nanotecnologia e as aplicações de nanoeletrônica, suas potencialidades bem como sobre a inovação tecnológica e o desenvolvimento socioeconômico de um país (E3, p. 311).

- Prioridade da Agenda até 2025 INI – Nanotecnologia para nanofotônica: Prioridade é RH e, logo após, IE. Em seguida temos INV, MR, AE e AM, respectivamente. Sobre AE temos:

> [...] apresenta-se uma única ação, porém de grande impacto, relacionada à dimensão "aspectos éticos e aceitação pela sociedade", **tendo como foco a entrada no mercado das aplicações de nanofotônica** [...]. Para curto prazo, propõe-se a divulgação de informações, através de veículo de massa (TV, rádio, revistas de fácil acesso ao público em geral), sobre o que é nanotecnologia e as aplicações de nanofotônica, suas potencialidades bem como sobre a inovação tecnológica e o desenvolvimento socioeconômico de um país (E3, p. 230, negrito nosso).

Mais uma vez temos que a relação entre sociedade e nanotecnologia, no caso a nanofotônica, é de que a população serve apenas para consumir os produtos finais, as aplicações. O intuito é fazer a população conhecer não para opinar, mas para consumir o "bem-estar " que a tecnociência representa. Nesse caso a população está na ponta do desenvolvimento linear, no caso da crítica do campo CTS e submetida a valores de controle regidos pelo neoliberalismo, como diz Lacey. Infelizmente, a sociedade valoriza os desenvolvimentos advindos do moderno esquema de valor de controle.

- Prioridade da Agenda até 2025 INI – Nanotecnologia para nanobiotecnologia: formação de RH, IE, AM e MR até 2015 respectivamente. De 2016 até 2025 o foco prioritariamente AE, o que parece promissor. Logo em seguida AM, MR e IE respectivamente.

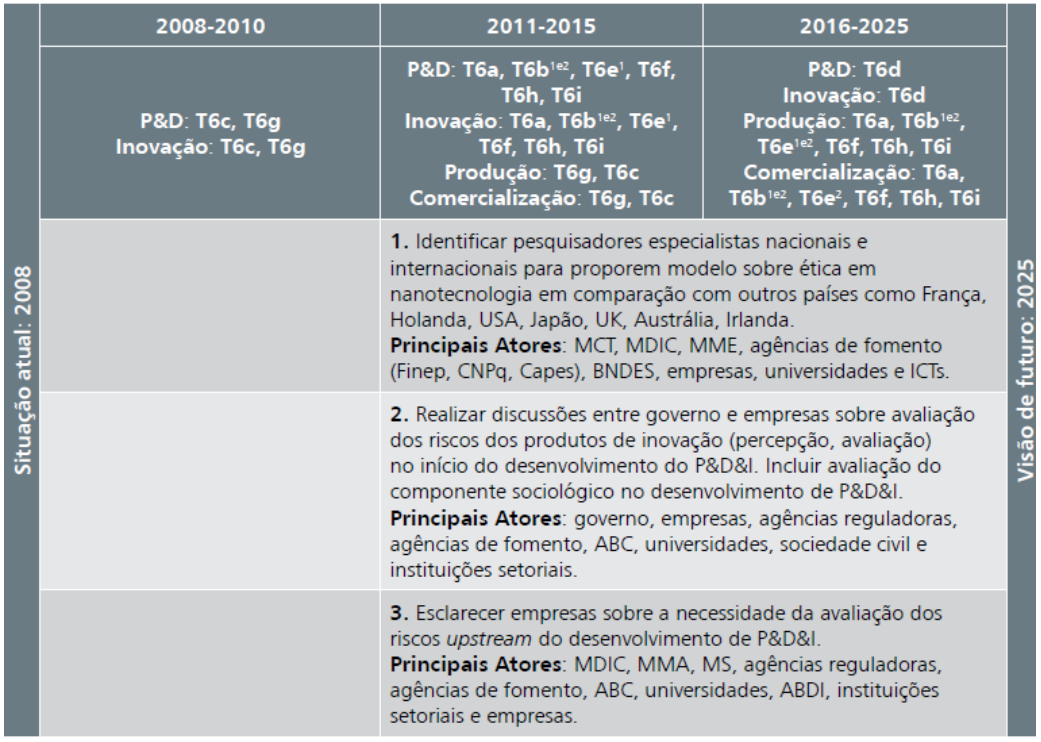
> Dentre as prioridades de longo prazo (2016-2025), destacam-se os aspectos éticos (**AE**), considerando-se desde estudos das implicações da nanobiotecnologia até o esclarecimento e informação para a sociedade (E3, p. 322).

> [...] apresentam-se duas ações relacionadas à dimensão "aspectos éticos e aceitação pela sociedade", tendo como foco a entrada no mercado das aplicações de nanobiotecnologia [...]. Para médio e longo prazos, propõe-se o incentivo a pesquisas para avaliação de riscos e implicações de produtos e resíduos nanotecnológicos à saúde humana e ao meio ambiente; e o incentivo à difusão de avanços científicos e tecnológicos, visando a criação de uma cultura em nanotecnologia na sociedade (E3, p. 322).

Aqui temos uma preocupação da ABDI em propagar conhecimentos a respeito dos riscos da nanobiotecnologia, não estando restrito apenas para o "bem" como no caso da nanofotônica. Todavia, logo em seguida a estratégia é a criação de uma cultura em nanotecnologia na sociedade, o que indica que a propagação de conhecimentos com respeito aos riscos é voltada para o consumismo.

- Prioridade da Agenda até 2025 INI – Nanotecnologia para nanoenergia: Prioridade é formação de RH nos três intervalos de tempo, IE de 2008 a 2015 e Inv nos três períodos. Após fala-se sobre AE, também com duas ações tendo como foco a entrada no mercado da nanoenergia a saber: "Incentivar pesquisas para avaliação de riscos e implicações de produtos e resíduos nanotecnológicos à saúde humana e ao meio ambiente" (E3, p. 334, quadro 9.29). Por último a estratégia é o foco em MR.
- Prioridade da Agenda até 2025 INI – Nanotecnologia para nanoambiente: Prioritariamente a formação e capacitação em RH. Logo após temos a necessidade de expandir a infraestrutura física IE, Inv e MR respectivamente. Finalmente temos AE (direcionada prioritariamente para os dois últimos períodos considerados – 2011 a 2025) em que o "[...] ponto chave é a influência de aspectos éticos (**AE**) e socioculturais, geralmente relacionados à incorporação de novas tecnologias e sua aceitação pela sociedade" (E3, p. 340) finalizando com AM. Sobre AE temos a Figura 20 com três ações de suporte até 2025:

Figura 20: Desenvolvimento das aplicações promissoras em nanoambiente



Situação atual: 2008	2008-2010	2011-2015	2016-2025	Visão de futuro: 2025
	P&D: T6c, T6g Inovação: T6c, T6g	P&D: T6a, T6b[1e2], T6e[1], T6f, T6h, T6i Inovação: T6a, T6b[1e2], T6e[1], T6f, T6h, T6i Produção: T6g, T6c Comercialização: T6g, T6c	P&D: T6d Inovação: T6d Produção: T6a, T6b[1e2], T6e[1e2], T6f, T6h, T6i Comercialização: T6a, T6b[1e2], T6e[2], T6f, T6h, T6i	
		1. Identificar pesquisadores especialistas nacionais e internacionais para proporem modelo sobre ética em nanotecnologia em comparação com outros países como França, Holanda, USA, Japão, UK, Austrália, Irlanda. **Principais Atores**: MCT, MDIC, MME, agências de fomento (Finep, CNPq, Capes), BNDES, empresas, universidades e ICTs.		
		2. Realizar discussões entre governo e empresas sobre avaliação dos riscos dos produtos de inovação (percepção, avaliação) no início do desenvolvimento do P&D&I. Incluir avaliação do componente sociológico no desenvolvimento de P&D&I. **Principais Atores**: governo, empresas, agências reguladoras, agências de fomento, ABC, universidades, sociedade civil e instituições setoriais.		
		3. Esclarecer empresas sobre a necessidade da avaliação dos riscos *upstream* do desenvolvimento de P&D&I. **Principais Atores**: MDIC, MMA, MS, agências reguladoras, agências de fomento, ABC, universidades, ABDI, instituições setoriais e empresas.		

Fonte: (CGEE, apud, E3, p. 341)

O primeiro tópico da Figura 20 está contido em E8, o que consideremos importante como já foi mencionado anteriormente. No segundo tópico é necessário mais pesquisas para saber o andamento desses objetivos. O que pode ser levado para a sala de aula, mostrando aos alunos a necessidade do diálogo entre a população-governo e também, porque não, população-empresas mediadas pelo governo, já que também as empresas fazem parte da sociedade. Poderia discutir como a população poderia se organizar para essas discussões e o como fazê-las. O terceiro ítem está mais voltado para empresas, o que se mostrou ser uma estratégia para o desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil de acordo com a ABDI.

6.6 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA AVALIAÇÃO FEITA POR MEIO DAS CATEGORIAS DE LACEY

Como já foi dito, o tema "nanotecnologia" está permeado de questões potenciais que envolvem relações CTS. Entretanto, este trabalho não visa a mera aplicação dessa temática com este enfoque educacional. Indicamos a filosofia engajada de Hugh Lacey (2008) como novo aporte teórico com potencial para avaliar temas sociocientíficos, como a nanotecnologia,

com vistas à compreensão das relações CTS. A filosofia do autor tem maior poder explicativo do momento atual em que vivemos. O contexto do surgimento do movimento CTS não é o mesmo que o contexto em que vivemos, nem mesmo os aspectos da educação científica atual e os problemas sociais que estamos lidando. Esse aporte epistemológico permite avaliar em que direção o desenvolvimento está preponderante: o que, no caso apresentado pela nanotecnologia nos documentos da ABDI, está direcionado para o bem-estar de poucos.

Com as categorias de Lacey encontradas no capítulo 5 vemos que tipo de entendimento científico, que tipo de estratégia e em quais valores a tecnologia tem sido aplicada, permitindo compreender que a ABDI, por maiores que sejam suas preocupações com os riscos, as regulações, o ambiente e a saúde humana, o valor preponderante é a competitividade com relação a outros países que já são desenvolvidos. Portanto, olhando a nanotecnologia com a visão da ABDI, o desenvolvimento modernizador pode ser inferido.

A ABDI tem algumas visões críticas sobre o tema nanotecnologia. Em relação aos riscos, informa que pesquisadores da Universidade de Duke chamam atenção para nanopartículas com menos de 30nm pelos perigos para a saúde humana e ambiental que são apontados pelo estudo de suas propriedades (ABDI, 2011). Esses resultados são bastante preocupantes, já que no mercado estão sendo disponibilizados produtos com propriedades em nanoescala como "creme de pele com penetração profunda da L'Oréal, bolas de ténis da InMat's nanotech, bolas de golf da Nanodynamics, Bionova 'personalized skin care', adesivo dental da 3M (nanohidroxiapatite) e creme para dores musculares nas articulações, da Flex Power (com lipossomas 90nm) (OLIVEIRA, 2011, p. 6), sem estudos profundos que aleguem a segurança desses nanomateriais. Além de produtos ainda em fase de desenvolvimento estão sendo introduzidos no mercado sem estudos mais rigorosos sobre sua toxicidade.

De acordo com Guazzelli e Perez (2009) a nanotecnologia tem entrado até nos alimentos como nos produtos da Nestlé e da Unilever e aponta que as nanopartículas podem ser um dos fatores do aumento das incidências de doenças autoimunes. Além disso:

> "[...] os nanomateriais são capazes de penetrar através da pele e da corrente sanguínea. Porém, eles são tão pequenos que o sistema imunológico não consegue detectá-los, ou seja, eles fogem dos mecanismos de controle e proteção do corpo, podendo atravessar membranas protetoras como a da placenta e a do cérebro (uma barreira natural que serve para impedir a entrada de agentes tóxicos no cérebro). No nível atômico não há distinção entre matéria viva e não viva, o que significa que nanopartículas inanimadas (não vivas) introduzidas em organismos vivos não seriam rejeitadas porque o organismo não seria capaz de diferenciá-las das partículas de sua própria constituição biológica. Ou seja, são indetectáveis. Vários estudos mostraram que nanopartículas sintéticas contidas em nanomateriais comercializados, ao entrar em contato com tecidos vivos, produzem radicais livres, causando

> inflamação ou dano aos tecidos e ao DNA e o posterior crescimento de tumores. Também afetam negativamente as funções celulares podendo até causar morte celular." (GUAZZELLI, PEREZ, 2009)

Ainda segundo esses autores, ao falarem da percepção das agências governamentais de regulamentação, colocam a frase "Não há dados = não há problemas = o consumidor que se vire!" E nesse aspecto, os documentos da ABDI estão permeados de discussões sobre riscos e regulação. Essa forma de ver a nanotecnologia é importante para o Ensino de Ciências, não somente como tema potencial para discutir as relações CTS, mas como urgência social e ambiental que ela representa.

Um dos perigos, pensando na educação científica, é que algumas empresas, se utilizam das mistificações que a população tem da ciência e da tecnologia para aumentar suas vendas, colocando no rótulo do produto "Inovação Tecnológica". Os avanços tecnocientíficos têm alto valor em nossa sociedade, embora grande porcentagem da população nem sequer entenda os processos, acreditando de olhos fechados nas promessas da mídia. Daí a necessidade de uma educação científica que possa fornecer às pessoas o entendimento necessário das relações CTS com vistas à emancipação do sujeito. Isso implica em ensinar sobre a natureza da ciência, de forma que o cidadão tenha condições de tomar decisões concernentes à nanotecnologia na sociedade. Nesse aspecto, a filosofia de Lacey contribui para fortalecer os objetivos do campo CTS e direcionar nosso olhar sobre os valores que fomentam a ação pública, mercadológica e tecnocientífica de países como o Brasil.

Entretanto, pesquisadores do enfoque educacional CTS tais como Santos (2016), Rosa (2014) e Roso e Auler (2016), já citados, estudam recentemente a necessidade de discutir a participação pública no contexto da produção da agenda de pesquisa tecnocientífica; e a filosofia de Lacey consegue abarcar também esses delineamentos do campo CTS. A filosofia de Lacey está voltada para o bem-estar de todos, e no caso de uma determinada comunidade é necessário que a população esteja engajada nos problemas que dizem respeito à tecnociência em sua região.

E para isso é necessário que a população questione que tipo de tecnociência é urgente nesse momento histórico e no contexto de países em "desenvolvimento". Será que a produção de produtos nanotecnológicos é mais prioritária que temas como a fome, a distribuição de renda, investimentos na educação básica para todos, dentre outros? Não seria melhor investir em medicinas preventivas, na qualidade do valor alimentar, ao invés de utilizar a cadeia de valor da nanotecnologia para aumentar o valor agregado a fármacos utilizados após o adoecimento?

Não estamos de forma alguma defendendo uma posição anticientífica ou que a nanotecnologia não deveria ser pesquisada. Só queremos evidenciar que existem prioridades mais urgentes no Brasil, e que a população deve estar a par, direcionando a tecnociência para os interesses populacionais e não com interesse de competir com países fora do nosso contexto. Partes estratégicas da nanotecnologia podem até ser importantes para investimentos. Entretanto a maior parte desses recursos deveria ser destinada a questões prioritárias. Assim, os problemas políticos e econômicos devem ser objetos de discussão no ensino que envolve as relações CTS.

7 NOVOS VALORES, NOVAS POSSIBILIDADES...

Devido à complexidade das relações CTS e às dificuldades educacionais e políticas que o professor enfrenta, crenças desestimuladoras podem penetrar em suas práticas. Um exemplo é a crença de que nunca conseguirão estar completamente prontos para atingir os objetivos educacionais que almejam. Entretanto, o professor de Ciências que trabalha com as relações CTS já deverá ter em mente que jamais se sentirá pronto frente a essa complexidade; e esse posicionamento, quando consciente, sem a pretensão de detenção do conhecimento de forma absoluta, é o que exemplificará aos estudantes a própria constituição humana de incompletude e a incapacidade da ciência de explicar e direcionar a atividade humana sem o auxílio da cultura e outros tipos de saberes. A incompletude é de natureza humana, implicando na necessidade da solidariedade já que não sobrevivemos sozinhos.

A solidariedade com visões e dificuldades alheias, não pode ser encarada como questão religiosa ou proveniente da moral subjetiva de uma região, e sim, um valor necessário que impulsiona à evolução constante. Imprescindíveis são os diferentes olhares para o bem-estar coletivo. Se o bem-estar de todos, e não de poucos, é uma meta humana, a epistemologia de Hugh Lacey vem como um apoio para a compreensão de que os valores estão intimamente ligados à ação. Assim auxilia no desenvolvimento das metas, refletindo na compatibilidade de estratégias a serem utilizadas para os objetivos almejados. **Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de defender a tese de que a epistemologia de Hugh Lacey contribui para a concretização dos objetivos educacionais que relacionam a Ciência, a Tecnologia e Sociedade.**

Para a concretização desse objetivo, tivemos como meta metodológica principal o estabelecimento de relações de associação entre a filosofia de Lacey e o enfoque CTS. O caminho metodológico como um todo para aproximar as duas teorias foi, primeiramente, compreender o surgimento do movimento mais amplo que discute as relações CTS. Vimos que sua origem possui três tradições principais: Tradição Europeia, a Tradição Norte-americana e a tradição denominada Pensamento Latino-americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade. No campo educacional, enfoque CTS, pesquisas recentes afirmam que as práticas em questão estão mais permeadas de concepções advindas do hemisfério-norte. Isso porque a participação pública fica circunscrita a problemáticas que refletem os malefícios e benefícios de inovações tecnocientíficas. Vimos, também, dificuldades em fomentar a participação pública devido a: (1) falta de estrutura teórica que possibilite relacionar a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade; (2) problemas epistemológicos na visão dos professores que

reforçam crenças e mitos advindos da concepção linear de desenvolvimento da tecnociência; (3) falta de uma filosofia da Ciência que abarque os problemas contemporâneos advindos da relação de reforço mútuo entre a Ciência e a Tecnologia.

Após essas verificações, com o objetivo de compreender a filosofia de Lacey, buscamos o entendimento de conceitos fundamentais como controle e estratégia. Vimos que o controle advém da concepção baconiana de utilidade da ciência como beneficiadora da humanidade. Bacon foi bem intencionado ao criar um método que controlasse a ordem subjacente dos fenômenos com vistas ao bem-estar dos homens, mas dar a noção de que a Ciência só traria benefícios foi desprezar a complexidade das intenções e atuações humanas.

Após Bacon, muitos pesquisadores tentaram descrever essas complexidades dentro da atividade científica e, inclusive, estabelecer regras para o método científico. Thomas Kuhn utilizou valores e não regras para explicar a Ciência. Lacey, então, se inspirou na noção de paradigma de Kuhn para criar o conceito de Estratégia. Se distanciando da filosofia kuhniana, criticou o conceito de paradigma único e defendeu a necessidade de uma multiplicidade de estratégias. Criticou também a não visualização do papel da tecnologia dentro da própria metodologia científica, importante para explicar o momento histórico em que vivemos.

Com essas explicações iniciais, o caminho da nossa pesquisa seguiu para descrever a epistemologia de Lacey. Como método de análise nos inspiramos na Análise Textual Discursiva (ATD) e a utilização de mapas metais. O resultado da descrição foi uma sintetização das categorias do autor (ver quadro 4). Resumindo o quadro 4, vemos que a tecnociência pode ser direcionada ao bem-estar de poucos ou da maioria, dependendo dos valores. “Os valores” foi o critério para homogeneização das categorias. Dependendo dos valores, o conhecimento obtido e avaliado racionalmente pode direcionar ao desenvolvimento modernizador (bem-estar de poucos), ou ao desenvolvimento completo (bem-estar da maioria). Obviamente, o bem-estar da maioria dependerá do contexto local em que estão inseridos. Para saber se o desenvolvimento é modernizador ou autêntico, precisamos verificar que tipo de estratégia, abordagem descontextualizada ou multiplicidade de estratégia está produzindo entendimento. O resultado pode ser um conhecimento extensivo que informa a alta tecnologia (High Tec), caso se utilizem abordagens que desconsiderem a vida prática e o ambiente. Ou, se o princípio da abrangência é contemplado, o conhecimento completo para um dado problema local é adquirido, proporcionando uma tecnologia apropriada ao contexto de uma dada localidade.

Assim, com esses conceitos, estabelecemos uma relação de associação entre Lacey e o enfoque CTS. Os resultados encontrados foram:

(A) Os valores da filosofia de Lacey e da educação CTS se alinham, no sentido em que ambas estão engajadas na transformação social direcionada ao bem-estar amplo.

(B) A filosofia de Lacey contribui para i) discutir a complexidade das relações CTS por meio de valores e, com isso, permite ii) a superação de crenças (advindas do modelo linear de desenvolvimento) que limitam a participação pública em assuntos tecnocientíficos.

(C) O desenvolvimento autêntico proposto por Lacey se distancia das tradições CTS do hemisfério Norte e se aproxima do PLACTS devido: í) ao endosso a participação pública na escolha de estratégias (participação na agenda de pesquisa), ii) necessidade de se voltar para o contexto e as prioridades locais.

(D) Lacey contribui para o autoconhecimento do professor comprometido com as relações CTS, auxiliando-o a refletir e concretizar seus desejos e objetivos educacionais por meio dos valores.

Com essa pesquisa percebemos que as categorias de Lacey, sintetizadas no Quadro 4, podem ser úteis para avaliar como está sendo direcionamento um dado tema sociocientífico, importante para o CTS. Utilizamos como tema a nanotecnologia, vista por meio dos estudos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Vimos alguns pontos positivos nos estudos da agência sobre a nanotecnologia, principalmente a respeito dos riscos. Entretanto, os valores mais fortemente considerados pela avaliação que fizemos está direcionado para o desenvolvimento modernizador.

Assim, estamos aptos a defender a tese de que a epistemologia de Hugh Lacey contribui para a concretização dos objetivos educacionais em CTS. Entretanto, não tivemos como meta a completa verificação de todas as possibilidades dessa contribuição. As discussões apresentadas aqui se constituem como uma pesquisa inicial que pode ter abrangência significativa no ensino de Ciências, principalmente sobre a discussão dos valores tanto sobre a tecnociência, quanto os valores educacionais.

Nesse sentido, seria interessante o foco em pesquisas que possam responder perguntas como: Os professores de uma determinada região têm autoconsciência dos seus valores e objetivos educacionais? É possível delinear uma lista de valores hierarquizados para a formação de professores em CTS? Como propagar valores que fomentem ação a professores formadores e seus respectivos alunos? Como cultivar novas crenças que levem à participação e ao engajamento em pesquisas e políticas públicas sobre assuntos que envolvem a tecnociência? Como engajar diferentes atores como políticos, estudantes, professores,

cientistas de diferentes frentes, população em geral, para resolução de problemas prioritários de uma comunidade? Estas e outras perguntas que têm implicações com os valores, são necessárias para uma educação de qualidade voltada para o bem-estar.

Por meio da epistemologia de Hugh Lacey, acreditamos que a raiz de qualquer ação, ou não-ação, estão os valores. O discurso sobre os valores tem permeado as pesquisas e vivências em CTS, entretanto com pouca profundidade. Desde o início das pesquisas sobre CTS no contexto educacional vemos a presença de palavras que remetem a valores, sem merecida reflexão. Aqui, defendemos que o foco para o ensino CTS, após o estudo da epistemologia de Hugh Lacey, deve ser concentrado nos valores: na percepção dos valores, na mudança de valores, na aquisição de novos valores, no entrelaçamento dos valores em uma prática, na avaliação dos valores, na auto reflexão dos valores, etc.

Cabe ao professor ajustar os saberes necessários e o estabelecimento de metas claras que direcionem os alunos aos objetivos educacionais que fomentem a ação. O professor deverá ter um autoconhecimento de suas próprias crenças para se questionar se elas fortalecem ou não seus objetivos. Caso seja uma crença enfraquecedora, é necessária sua superação e, por isso, a necessidade de um olhar atento sobre seus próprios valores. Com o questionamento, leitura e pesquisas, estas crenças enfraquecedoras podem ser superadas.

O professor, como abordamos no trabalho, é um dos mais importantes atores para a participação pública nos assuntos tecnocientíficos e sua formação necessita contemplar as dimensões Epistemológica, Pedagógica e Política. Aqui, nossa contribuição esteve mais ligada aos aspectos epistemológicos, perpassando um pouco pelo campo político. Acreditamos que o enfoque CTS deverá fomentar mais espaço para a formação política do professorado, no sentido de reivindicar a participação pública para a própria construção da agenda de pesquisa, na decisão acerca da estratégia a ser adotada e o que pesquisar para contribuir para o bem-estar local. Essa concepção contribui para dar novos direcionamentos para o campo CTS, abrindo um leque de possibilidades para a construção de uma sociedade mais participativa e fomentar uma democracia efetiva frente aos saberes que envolvem a tecnociência.

A participação pública frente aos problemas que envolvem a tecnociência é um velho desejo do movimento CTS; no entanto, uma educação científica embasada na complexidade das relações CTS tem se modificado muito lentamente (DAGNINO, *et al* 2011). Talvez a solução fosse se conscientizar sobre velhas crenças que impedem o velho desejo de se concretizar, refletindo na hierarquização dos valores e, se necessário, incluir novos, na equação. Novos valores podem abrir caminho para novas possibilidades.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia** 2010. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Nanotecnologia: Panorama**. Série Cadernos da Indústria ABDI. Volume XIX. 2010. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial **. Estudo Prospectivo de nanotecnologia.** Série Cadernos da Indústria ABDI. Volume XX. Brasília. 2010. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial **. Nanotecnologias: Subsídios para a problemática dos riscos e regulação**. 2011. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Panorama de patentes de nanotecnologia.** 2011. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação**. Relatório de acompanhamento setorial. Janeiro, 2013. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. BRAGA, Marco Aurélio Sezarino; **Direito Econômico e a Política Nacional de Nanotecnologia: tentativa de superação do desafio furtadiano**. Novembro 2012. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. WAISSMANN, William. **Regulação, Inovação e Desenvolvimento das nanotecnologias**. Novembro, 2012. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia

ABREU, Teo Bueno; FERNANDES, João Paulo; MARTINS, Isabel. Levantamento sobre a produção campo CTS no Brasil no período de 1980-2008 no Campo de Ensino de Ciências. **ALEXANDRIA**, v.6, n.2, p. 3-32, jun. 2013.

ANDRADE, José Aluysio Reis. Apresentação (Vida e Obra). In: BACON: **Novum Organum**. São Paulo: Editora Nova Cutural, 1999, pp. 5 -18.

ACEVEDO, José Antônio. Reflexiones sobre las finalidades de la Enseñanza de las Ciências: Educación Científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciências**. Vol 1, nº 1, p. 3 - 16, 2004.

ACEVEDO, Antônio; VÁZQUEZ, Ángel; PAIXÃO, Maria Fátima; ACEVEDO, Pilar; OLIVA, José Maria; MANASSERO, María Antonia. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no Ensino das Ciências. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005a.

ACEVEDO, Antônio. VÁZQUEZ, Ángel; MARTÍN, Mariano; OLIVA, José Maria; ACEVEDO, Pilar; PAIXÃO, Maria Fátima; MANASSERO, María Antonia. Naturaleza de la ciência y educación científica para la participación ciudadana: Una revisión crítica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciências**, v. 2, n. 2, pp. 121 – 140, 2005b.

ABPST - Associação Brasileira dos portadores da síndrome de Talidomida). **O que é Talidomida: Talidomida ou "Amida Nftálica do Ácido Glutâmico"**. http://www.talidomida.org.br/oque.asp acessado em 25/04/2015

ADURIZ-BRAVO, Austín. **Como o estudo da filosofia da ciência atua na formação de professores e cientistas?**. TV Unesp. Publicada em 07/04/2015, Tradução de Carolina Rodrigues. Acessado em 21/04/2015 http://www.tv.unesp.br/4080

AULER, Décio. Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS): Modalidades, Problemas e Perspectivas em sua Implementação no Ensino de Física. **Atas do VI EPEF**, Florianópolis, 1998.

AULER, Décio. BAZZO, Walter. Reflexões para a implementação do movimento campo CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

AULER, Décio. **Interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. 2002. 257f. Tese (Doutorado em educação) Centro de ciências Naturais. Florianópolis. 2002.

AULER, Décio; Delizoicov, Demétrio. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 5, n. 2, p. 337 – 355. 2006

AULER, Décio. Enfoque Ciência-Tecnologia- Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, nov. 2007

BACON, Francis**. Novum Organum ou Verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza e Nova Atlântica**. Coleção Os Pensadores. (Tradução e Notas de José Aluysio Reis de Andrade). Nova Cultural. São Paulo. 1999.

BATISTA, Rodrigo Soqueira. *et al*. Nanociência e Nanotecnologia como temáticas para discussão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. **Ciência e Educação**, vol 16 n 2 p. 479-490. 2010.

BAZZO, Walter; LISINGEM, Irlan von; PEREIRA, Luiz Teixeira do vale. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI). Madri – Espanha 2003

BAZZO, Walter; PEREIRA, L. O que é CTS, afinal, na Educação Tecnológica? **Revista Tecnologia e Cultura** – Rio de Janeiro – ano 10, nº 13, p. 46-56, dez. 2008.

BLOOR; David. O programa forte da sociologia do conhecimento. In: BLOOR; David. **Conhecimento e imaginário social**. Editora Unesp. São Paulo. 2009.

BUZAN, Tony. **Mind Map Handbook: The ultimate thinking tool**. Thorson. 2013

BUZAN, Tony. **Mapas Mentais: Métodos criativos para estimular o raciocínio e utilizar ao máximo o potencial do seu cérebro**. Sextante, Rio de Janeiro, RJ, 2009

CACHAPUZ, Antônio; GIL-PERES, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa; Praia, João; VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do Ensino das Ciências**. Editora Cortez. São Paulo- SP, 2005.

CACHAPUZ, Antônio; Praia, João; Jorge, M. **Perspectivas de Ensin**o. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC). 2000.

CEREZO, José Antônio Lopes. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.18, pp. 41- 68. 1998. Disponível em http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=147532 Data de acesso: 11/05/2015

DAGNINO, Renato; SILVA, Rogério Bezerra; PADOVANNI, Naia. Por que a educação em ciênca, tecnologia e sociedade vem andando devagar? In: SANTOS, Wildson Luiz Pereira; Auler, Décio (Org). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Editora UnB. Brasília. 2011

DAGNINO, Renato. Enfoques sobre a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade: Neutralidade e Determinismo. In: Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a ciência e a cultura. **Sala de Lectura CTS+I de la OEI**. 2002. Disponível em http://www.oei.es/salactsi/rdagnino3.htm. Data de acesso: 08/05/2015

DUCASSÉ, Pierre. **História das técnicas**. (Trad. Jorge Borges de Macedo). Mem-Martins, Europa-América, (3ª ed.), 160 pp. Título original: Histoire des Techniques. Paris, PUF, s.d. (Col.“Que-sais-je?”). s.d

ECHEVERRÍA, Javier. **La revolución tecnocientífica**. Madrid: FCE. 2003

FARIA, Edinete Maria; *et al*. **Nanotecnologia e meio ambiente: uma análise sobre os riscos e benefícios dessa tecnologia em um contexto atual**. Biofar, Rev. Biol. Farm. Campina Grande/PB, v. 9, n. 1, p. 18-26, março/maio, 2013

FERNANDES, Maria Fernanda Marques.; FIGUEIRAS, Carlos A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil e seus macro - desafios. **Química Nova**. Vol 31, No 8, p. 2205-2213, dez . 2008.

FILHO, Antônio Gomes de Souza; FAGAN, Solange Binotto. Funcionalização de nanotubos de carbono. **Química Nova**. Vol 30. No. 7, p. 1695-1703, 2007.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia** – Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2001.

FOLADORI, Guillerno, FIGUERDA, Santiago; EDGARD, Záyago-Lau; INVERNIZZI, Noela. **Características distintivas Del desarrollo de las nanotecnologias em América Latina**. Sociologias. Porto Alegre. Ano 14. n 30, mai/ago, p. 330-363. 2012.

GARCÍA, Marta Isabel González; CEREZO, José AntonioLópez; LÓPEZ, José Luis Luján. **Ciencia, Tecnologia Y Sociedad: : una introducción al estudio social de la Ciência y la tecnología**. Madrid: Tecnos, 1996.

GOODRUM, D.; HACKLING, M.; RENNIE, L. **The Status and Quality of Teaching and Learning of Science in Australian Schools: A research report**. Department of Education, Training and Youth Affairs. August, 2000.

GUAZZELLI; Maria José; PEREZ, Julian. (Org). **A manipulação do invisível**. 2009.

HURD, P. D. **Scientific Literacy: New Minds for a Changing Word**. Issues and Trends. Stephen Norris, Section Editor. August, 1997

KRASILCHIK, Myrian. Reformas e Realidade: o caso do ensino de Ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf Acesso em 20/05/2014

KUHN, Thomas. **A Estrutura das revoluções científicas**. Editora Perspectiva. 5 ed. São Paulo. 1998

KUHN, Thomas. Lógica da descoberta ou psicologia da pesquisa. In: LAKATOS, I; MUSGRAVE, (Org.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. A. São Paulo. Ed. Cultrix e Ed. USP. 1979a.

KUHN, Thomas. Reflexões sobre meus críticos. In: LAKATOS, I; MUSGRAVE, (Org.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. A. São Paulo. Ed. Cultrix e Ed. USP. 1979b.

KUHN, Thomas. A Função do dogma na investigação científica. In: **História das ciências**. Lisboa: Biblioteca de Filosofia, 1979.

KUHN, Thomas. Objetividade, juízo de valor e escolha teórica. In: KUHN, T. **A tensão essencial**. Biblioteca de filosofia contemporânea. Edições 70, 1977.

LACEY, Hugh. **Is Science value free? Values and scientific understanding**. Routledge. London and New York. 2005

LACEY, Hugh. O princípio da precaução e a autonomia da ciência. **Scientiae Studia**. São Paulo. V.4, n.3 pp. 373-92, 2006.

LACEY, Hugh. **Valores e atividade Científica 1**. Associação Filosófica Scientiae Studia. São Paulo. 2008a

LACEY, Hugh . Ciência, respeito à natureza e bem-estar humano. **Scientiae Studia**. São Paulo. V.6, n.3 pp. 297-327, 2008b

LACEY, Hugh. **Valores e atividade científica 2**. Editora 34. São Paulo. 2010

LACEY, Hugh. Pluralismo metodológico, incomensurabilidade e o status científico do conhecimento tradicional. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 425-53, 2012.

LACEY, Hugh; MARICONDA, Pablo Rubén. O modelo das interações entre as atividades científicas e os valores**. Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 643-68. 2014.

LATOUR, Bruno. Laboratórios. In: LATOUR, Bruno. **Ciência em Ação**. Editora Unesp, São Paulo, 2000.

LISBOA-FILHO, Paulo Noronha; MONTEIRO, Maria A. Análises da nanociência e nanotecnologia na perspectiva de ciência, tecnologia e sociedade-CTS. Momento. **Revista de Física**. N.46E, p. 79-91, nov.2013a

LISBOA-FILHO, Paulo Noronha; MONTEIRO, Maria A. Nanotecnologia e nanociência em livros didáticos de Física do nível médio: Discursos sobre a tecnologia e a educação científica e tecnológica. Momento. **Revista de Física**. N.46E, p. 126- 142, nov.2013b

LEONEL, André Ary. **Nanociência e Nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Dissertação de mestrado. 215 páginas. Florianópolis, SC, 2010.

LIMA, Maria Consuelo.; ALMEIDA, Maria José. P. M. Articulação dos textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial dos professores de física. **Revista brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4401. 2012.

MAMEDE, Maíra; ZIMMERMANN, Erika. Letramento científico e cts na formação de professores para o ensino de ciências. **Enseñanza de las Ciencias.** Número Extra. VII Congreso. 2005

MARTINS, P. R. **Nanotecnologia**. Trabalho apresentado no fórum Social brasileiro, realizado em Recife de 20 a 23 de abril de 2006, no seminário "Engajamento público em ciência e tecnologia: o caso da nanotecnologia".

MASTERMANN, Margaret. A natureza de um paradigma. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo, Cultrix, 1979.

MENDONÇA, André Luis de Oliveira. O Legado de Thomas Kuhn após 50 anos. **Sientiae Studia**. São Paulo. Vol 10, n 3, p 535 – 560. 2012

MORAIS, José Uibson Pereira; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. **O Ensino de Física e o Enfoque CTSA: Caminhos para uma educação cidadã**. Editora Livraria da Física. São Paulo. 2012

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. Ed. Unijuí, 2007.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003

OLIVEIRA, Sara M.M. Nanobioética. **Jornal de Ciências Cognitivas** – fev. 2011

OLIVEIRA, Marcos Barbosa. A epistemologia engajada de Hugh Lacey. In: **Da ciência cognitiva à dialética**. Discurso Editorial. São Paulo, pp. 209-222. 1999

OLIVEIRA, Marcos Barbosa. **Inovação e neoliberalismo: a experiência brasileira.** Texto publicado em Roseli Salete Caldart & Paulo Alentejano (orgs.) MST, Universidade e Pesquisa. São Paulo: Expressão Popular, p. 39-59, 2014. Disponível em http://paje.fe.usp.br/~mbarbosa/textomst.pdf . Data de acesso 15/04/2017

OSTERMANN, Fernanda. A Epistemologia de Kuhn. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v.13, n3: p.184-196, dez.1996.

PALÀCIOS, Eduardo Marino García; GALBARTE, Juan Carlos González; CEREZO, Antônio Lopes; LUJÁN, José Luiz, Gordillo Mariano Martín; OSÓRIO, Carlos; VALDÉS, Célida. **Ciência, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual**. Cuadernos de Iberoamérica. Organización de Estados Iberoamericanos para lá Educación, la Ciencia e la Cultura (OEI). Madrid. 2001.

PEREIRA, Carmem Regina da Silva; BASSO, Nara Regina. S.; BORGES, Regnina Maria. R. Unidade de aprendizagem sobre citologia e nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI. **Experiências em Ensino de Ciências** – V3(3), pp. 7-17, 2008

PEREIRA, Elenita Malta. Rachel Carson, Ciência e Coragem. Programa de pós-graduação em história da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Ciência. **Ciência Hoje**. 2012 .

Disponível em http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2012/296/rachel-carson-ciencia-e-coragem data acesso 25/04/2015.

PINHEIRO, N. **Educação Crítico-Reflexiva para um Ensino Médio Científico e Tecnológico: A contribuição do enfoque CTS para o Ensino-Aprendizagem do conhecimento matemático**. 2005. 306 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Cento de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

POPPER, Karl. **The myth of the framework: in defense of science and rationality**. Abingdon,Oxon (UK): Routledge, 1994.

POPPER, Karl. A ciência normal e seus perigos. In: LAKATOS, I; MUSGRAVE, (Org.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. A. São Paulo. Ed. Cultrix e Ed. USP. 1979.

POSTMAN, Neil. "Five things we need to know about technological change", in **Symposium The new technologies and the human person: communicating the faith in the new millennium**, Denver, Colorado. 1998

PRAIA, João; CACHAPUZ, Antônio. Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético. **Revista CTS**, nº 6, vol. 2, pág. 173-194. 2005

PRAIA, João; GIL-PEREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**. v. 13, n. 2, p. 141- 156, 2007.

RAMSDEN, J. J. What is nanotechnology?. Nanotecnology Perceptions 1. **Collegium Basilea**. march, 2005, p.3-17

RATCLIFFE, Mary. Science, Technology and Society in school science education. **Scholl Science Review**, 82 (300). march 2001.

RATCLIFFE, Mary.; GRACE, Marcus. **Science education for citizenship: teaching socioscientific issues**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

RIBEIRO, Thiago Vasconcelos. **O subcampo brasileiro de pesquisa em Ensino de Ciências CTS (Ciência-Tecnologia- Sociedade): um espaço em construção**. 2015. 291 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, 2015.

ROSA, Suiane Ewerling. **Não neutralidade da Ciência-Tecnologia: problematizando silenciamentos em práticas educativas relacionadas a CTS**. 2014. 123p. Dissertação (Mestrado em Educação), Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ROSA, Suiane Ewerling, AULER, Décio. Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: Problematizando Silenciamentos em Práticas Educativas CTS. **ALEXANDRIA**, v.9, n.2, p.203-231, novembro 2016

ROSO, Caetano Castro; AULER, Décio. **A participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento campo CTS. Ciência & Educação, Bauru, v. 22, n. 2, p. 371-389, 2016.**

ROTHBERG, Danilo; RESENDE, L. Saúde, Comunicação e Nanotecnologia: o papel do debate público para a expansão da cidadania. **Alceu**- v. 11 – n21 p. 202 a 214. Jul/dez 2010.

RUFATTO, Carlos Alberto. **A crítica do conceito de verdade na filosofia da ciência de Karl Popper e o ensino de ciências**. (TESE). 154p. São Paulo. 2012

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; Auler, Décio (Org). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas.** Editora UnB. Brasília. 2011

SANTOS, Andiara Pereira. **Os três momentos pedagógicos no ensino de Computação Quântica: discutindo Ciência, Tecnologia e Sociedade.** (dissertação). 79p. 2010. Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2010

SANTOS, Rosemar Ayres. **Busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na sociedade: Sinalizações de práticas educativas CTS**. 2016. 203p. TESE (Doutorado em Educação), Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

SADLER, Troy; ZEIDLER, Dana. The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. **Science Education**, 88 (1), pp. 4 - 27 2004

SOLOMON, J. The dilemma of Science, Technology and Society Education. In: FENSHAN, P. (Editor). **Development and dilemmas in Science Education.** The Falmer Press. (Contemporary Analysis in Education Series). London; New York; Philadelphia. 1995. pp.266-281.

SPIER, L. As invenções e a sociedade humana. In: SHAPIRO, H. L. **Homem, Cultura e Sociedade**. Rio de Janeiro. Editora Fundo de Cultura, 1972, pp 267-291.

STRIEDER, Roseline. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas.** (TESE). 283p. São Paulo. 2012

TEIXEIRA, Paulo Marcelo. A Educação Científica sob a perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica e do movimento C.T.S. no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

TOZZINI, D. **Objetividade e racionalidade na filosofia da ciência**. Paraná, 2011. 111p. Dissertação (Mestrado em Filosofia). Universidade Federal do Paraná, 2011.

VACCAREZZA, Leonardo Silva. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. **Ciência & Tecnologia Social: A construção crítica da tecnologia pelos atores sociais.** Vol. 1, n.1, 2011.

VALADARES, Eduardo de Campos.; CHAVES, Alaor.; ALVES, Esdras Garcia. **Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia.** 1 ed. São Paulo. Editora Livraria da Física.

VASCONCELOS, Laécia Abreu. Algumas características da readaptação de sobreviventes da bomba atômica em Hiroshima. **Psicologia: Teorias e Pesquisa.** Brasília. n. 1; vol.8; pp. 113-122. 1992.

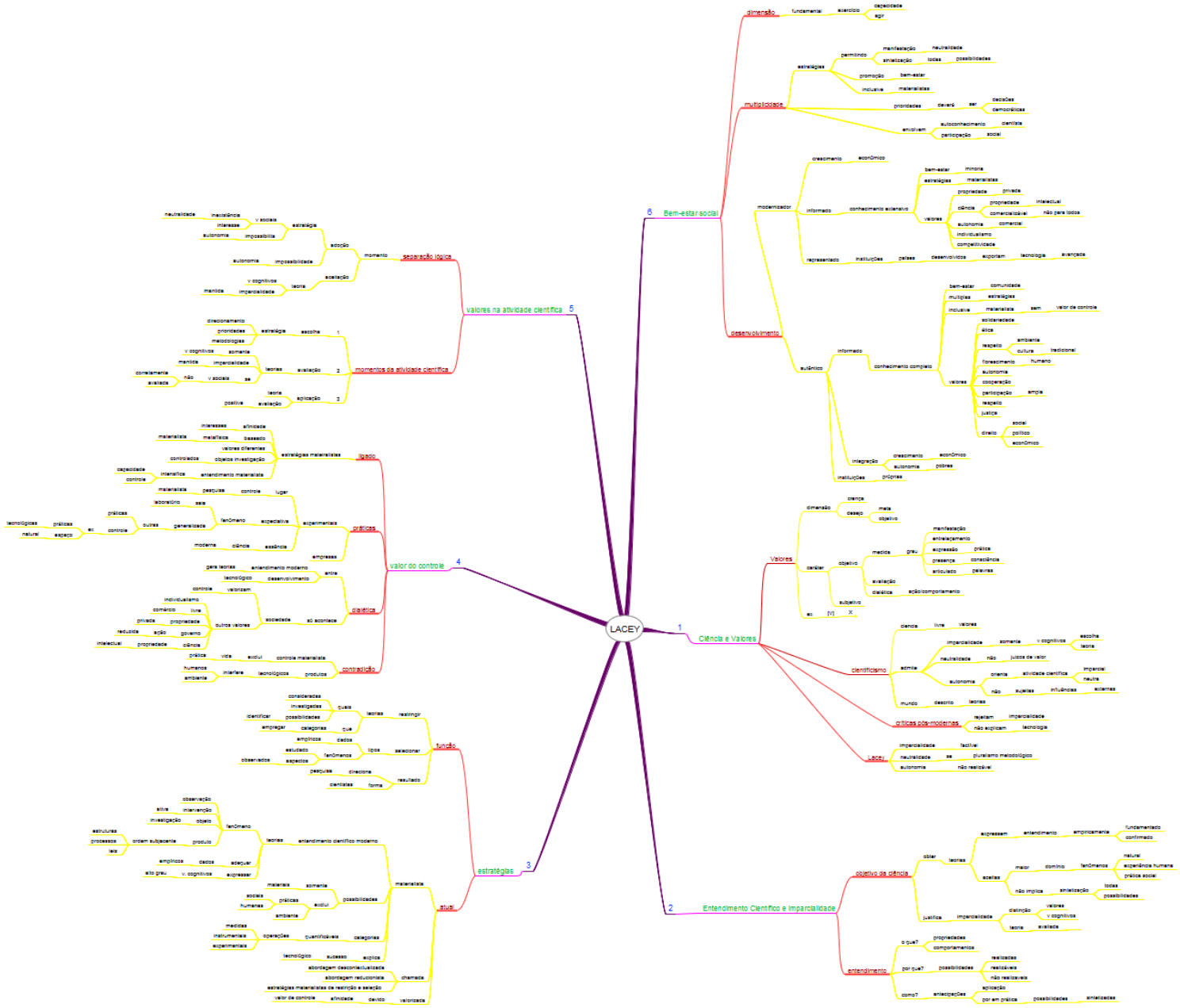
VIEIRA, Rui Marques; MARTINS, Isabel P. Formação de professores principiantes do ensino básico: suas concepções sobre ciência-tecnologia-sociedade. **Revista CTS**, nº 6, vol. 2, pág. 101-121. 2005

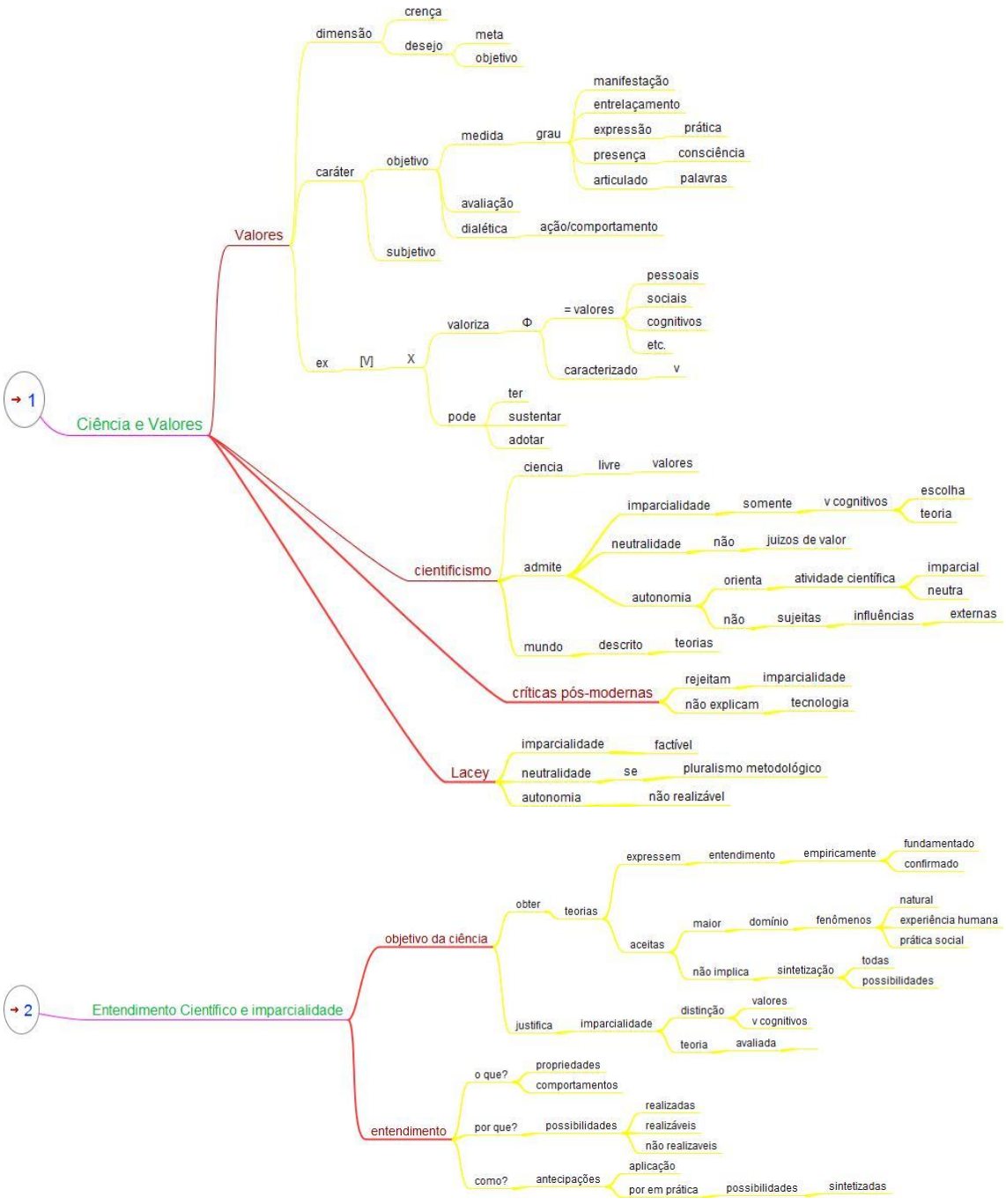
VOLPATO, Gilson Luiz. **Bases teóricas para a redação científica**. Cultura Acadêmica. Vinhedo: Scripta. 2011

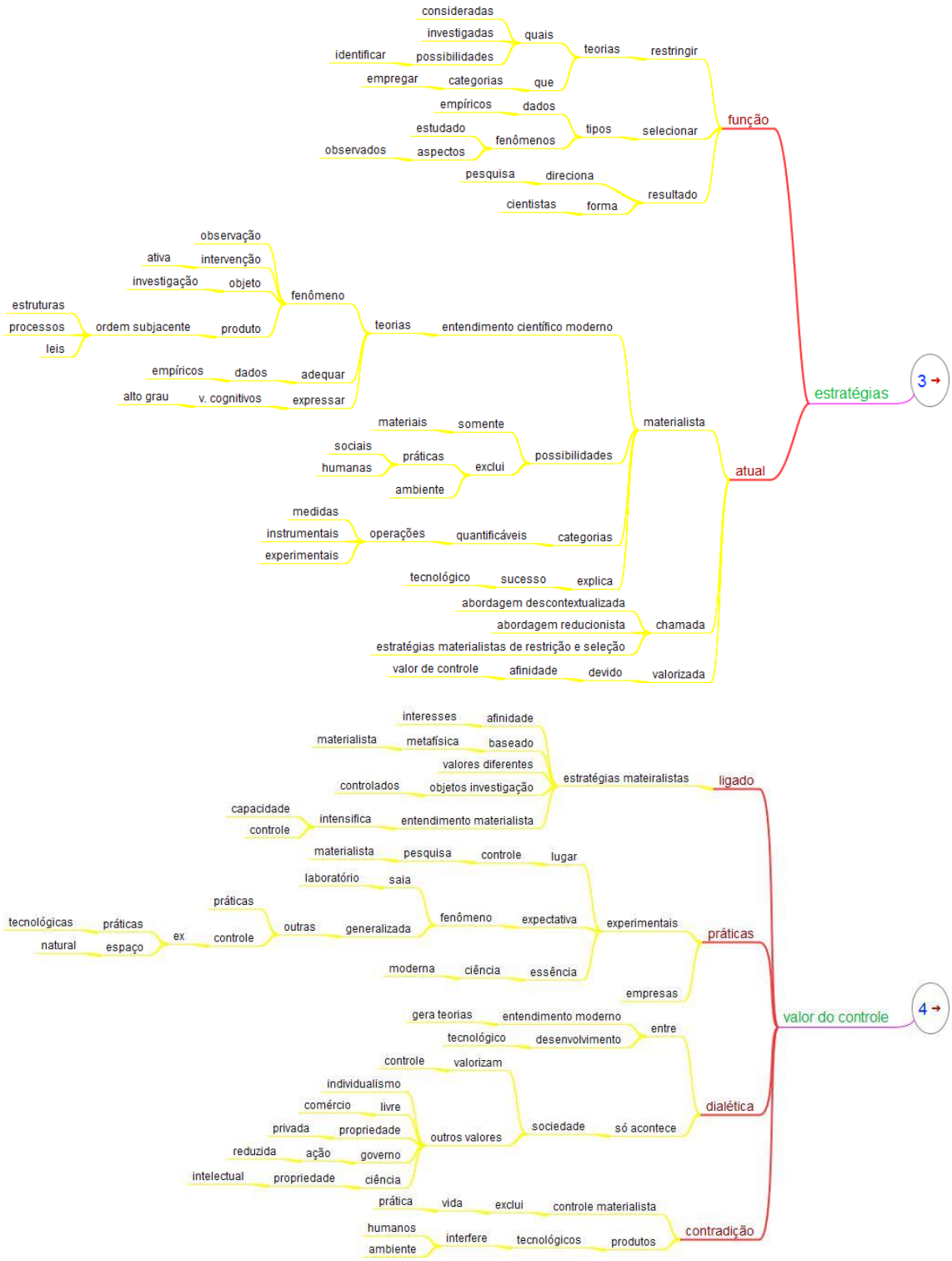
VOLPATO, Gilson¨Luiz. Ciência: da filosofia à publicação. Cultura Acadêmica. 6ª ed (Edição totalmente revisada e apliada). São Paulo. 2013

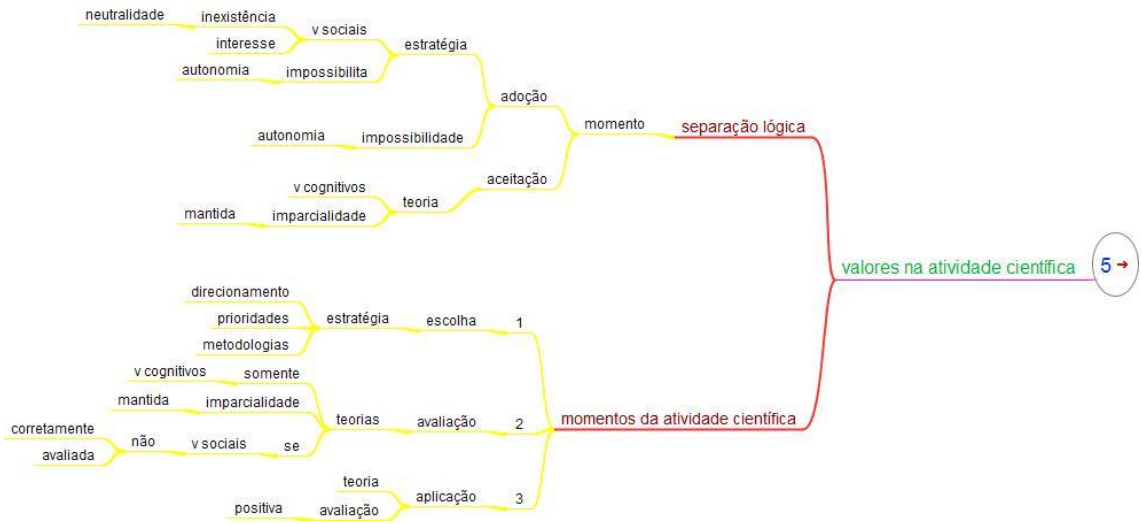
ZEIDLER, D. L.; SHAFER, L. E. Identifying meditation factors of moral reasoning in science education. **Journal of Research in Science Teaching**, 21 (1), pp. 1 – 15, 1984

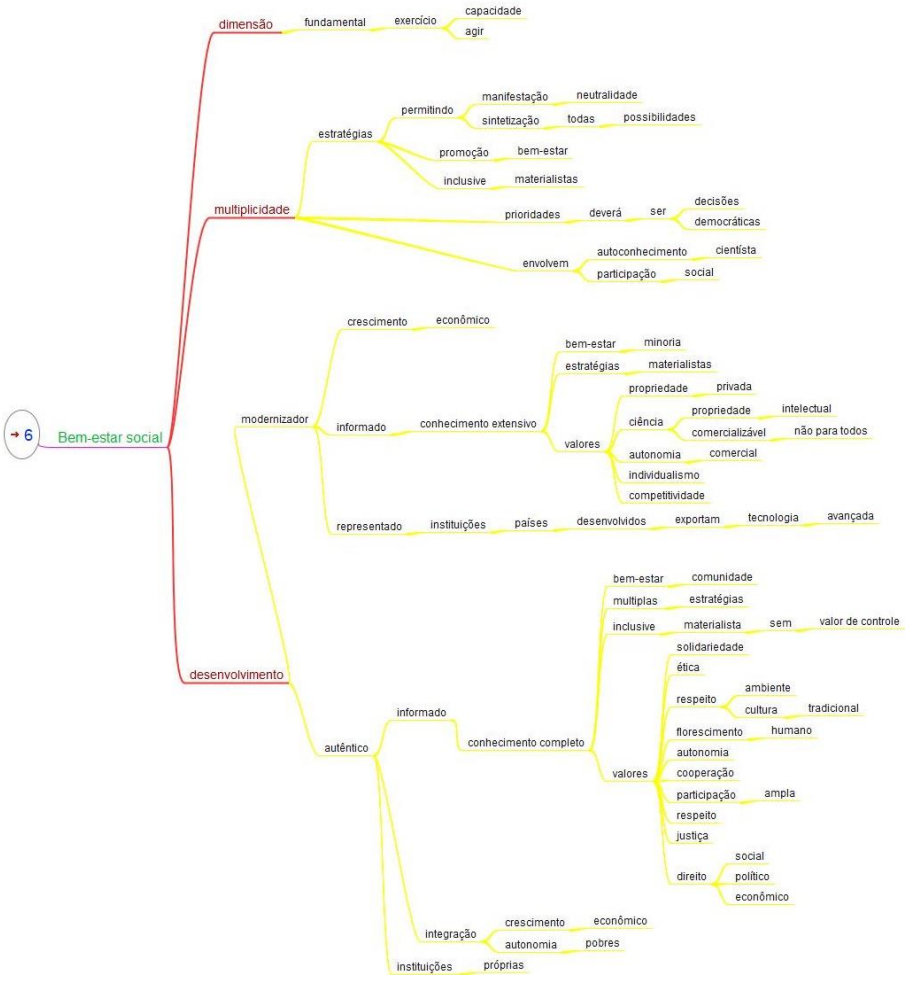
APÊNDICE A - MAPA MENTAL DE LACEY



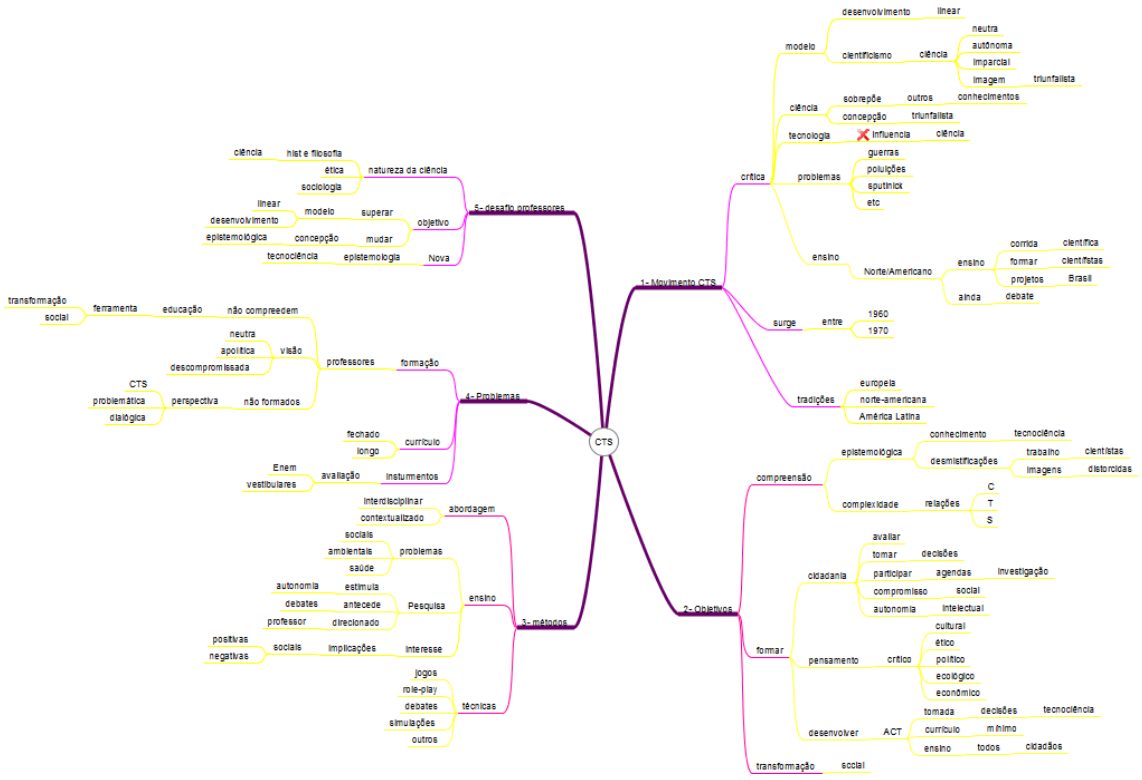

1
Ciência e Valores
Valores
dimensão
crença
desejo
meta
objetivo
caráter
objetivo
medida
grau
manifestação
entrelaçamento
expressão
prática
presença
consciência
articulado
palavras
avaliação
dialética
ação/comportamento
subjetivo
ex [V] X
valoriza
Φ
= valores
pessoais
sociais
cognitivos
etc.
caracterizado
v
pode
ter
sustentar
adotar
cientificismo
ciencia
livre
valores
admite
imparcialidade
somente
v cognitivos
escolha
teoria
neutralidade
não
juizos de valor
autonomia
orienta
atividade científica
imparcial
neutra
não
sujeitas
influências
externas
mundo
descrito
teorias
críticas pós-modernas
rejeitam
imparcialidade
não explicam
tecnologia
Lacey
imparcialidade
factível
neutralidade
se
pluralismo metodológico
autonomia
não realizável
2
Entendimento Científico e imparcialidade
objetivo da ciência
obter
teorias
expressem
entendimento
empiricamente
fundamentado
confirmado
aceitas
maior
domínio
fenômenos
natural
experiência humana
prática social
não implica
sintetização
todas
possibilidades
justifica
imparcialidade
distinção
valores
v cognitivos
teoria
avaliada
entendimento
o que?
propriedades
comportamentos
por que?
possibilidades
realizadas
realizáveis
não realizaveis
como?
antecipações
aplicação
por em prática
possibilidades
sintetizadas

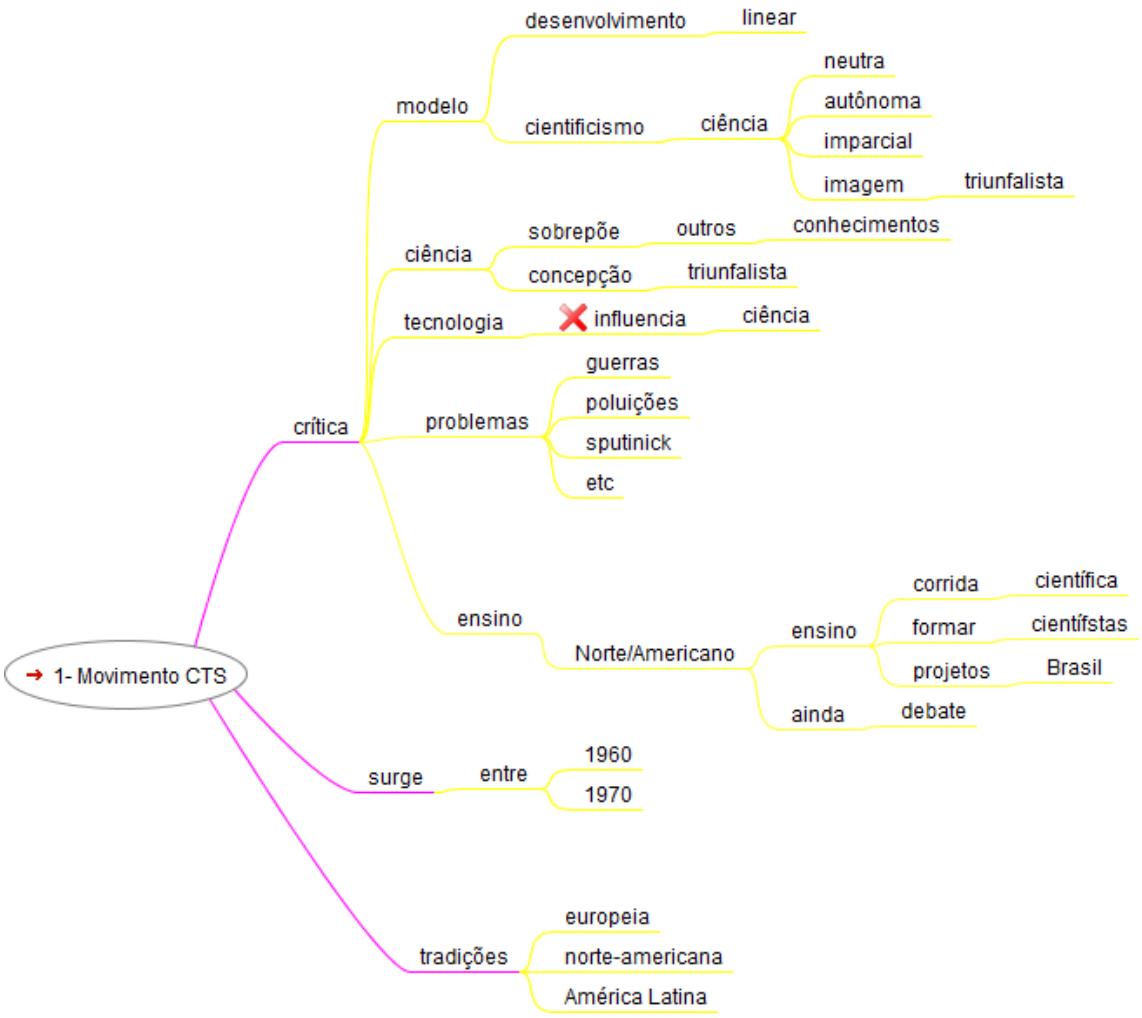

estratégias
3
função
restringir
teorias
quais
consideradas
investigadas
possibilidades
identificar
que
categorias
empregar
selecionar
tipos
dados
empíricos
fenômenos
estudado
aspectos
observados
resultado
direciona
pesquisa
forma
cientistas
atual
materialista
entendimento científico moderno
teorias
fenômeno
objeto
observação
intervenção
ativa
investigação
produto
ordem subjacente
estruturas
processos
leis
adequar
dados
empíricos
expressar
v. cognitivos
alto grau
possibilidades
somente
materiais
exclui
práticas
sociais
humanas
ambiente
categorias
quantificáveis
operações
medidas
instrumentais
experimentais
explica
sucesso
tecnológico
chamada
abordagem descontextualizada
abordagem reducionista
estratégias materialistas de restrição e seleção
valorizada
devido
afinidade
valor de controle
valor do controle
4
ligado
estratégias mateiralistas
afinidade
interesses
baseado
metafísica
materialista
valores diferentes
objetos investigação
controlados
entendimento materialista
intensifica
capacidade
controle
práticas
experimentais
lugar
controle
pesquisa
materialista
expectativa
fenômeno
saia
laboratório
generalizada
outras
práticas
controle
ex
práticas
tecnológicas
espaço
natural
essência
ciência
moderna
empresas
dialética
entre
entendimento moderno
gera teorias
desenvolvimento
tecnológico
sociedade
valorizam
controle
só acontece
outros valores
propriedade
livre
comércio
individualismo
ação
governo
reduzida
privada
ciência
propriedade
intelectual
contradição
controle materialista
exclui
vida
prática
produtos
tecnológicos
interfere
humanos
ambiente

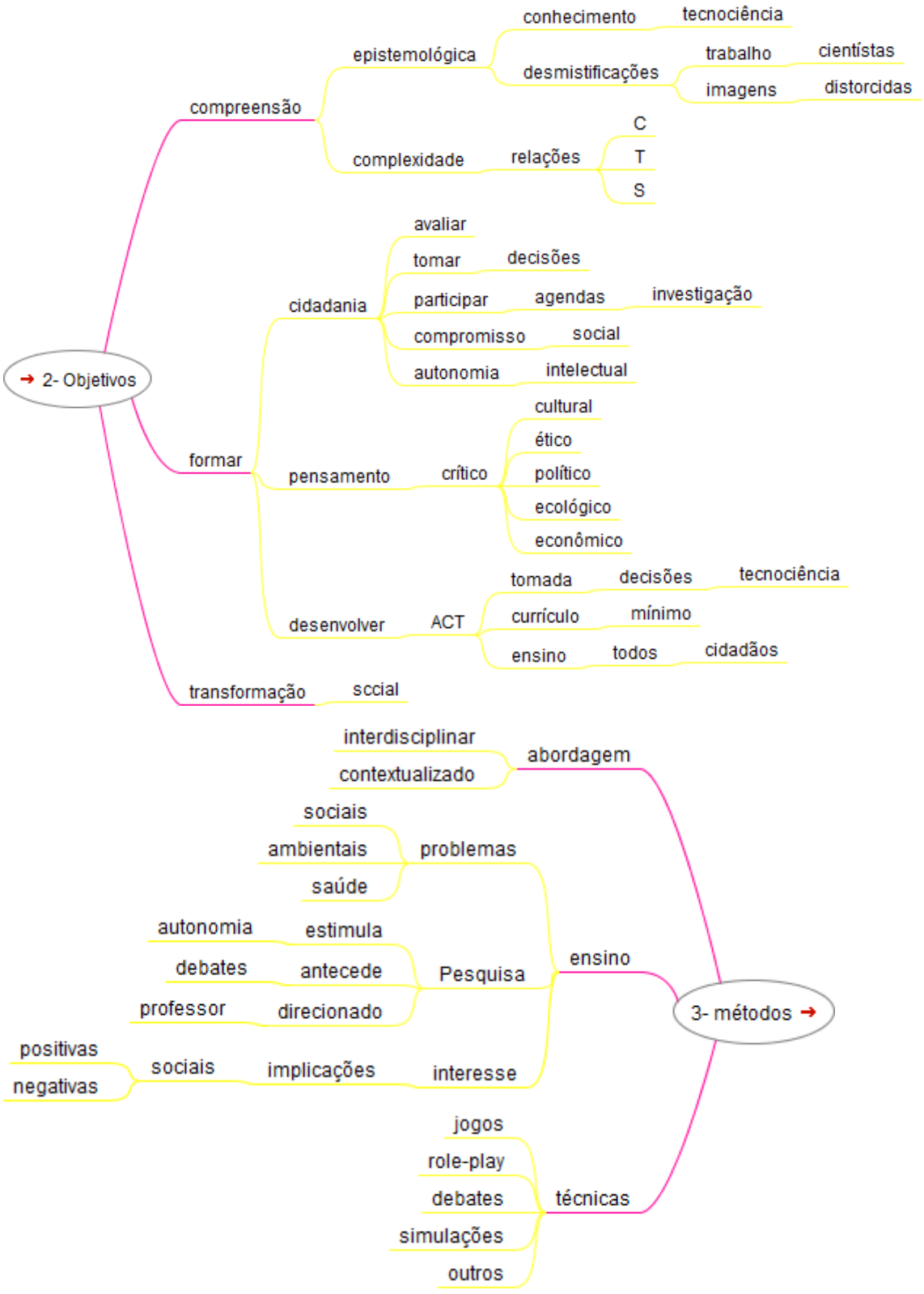

valores na atividade científica
5
separação lógica
momento
adoção
aceitação
estratégia
teoria
v sociais
interesse
inexistência
neutralidade
impossibilita
autonomia
impossibilidade
autonomia
v cognitivos
imparcialidade
mantida
momentos da atividade científica
1
escolha
estratégia
direcionamento
prioridades
metodologias
2
avaliação
teorias
somente
v cognitivos
imparcialidade
mantida
se
v sociais
não
corretamente
avaliada
3
aplicação
teoria
avaliação
positiva

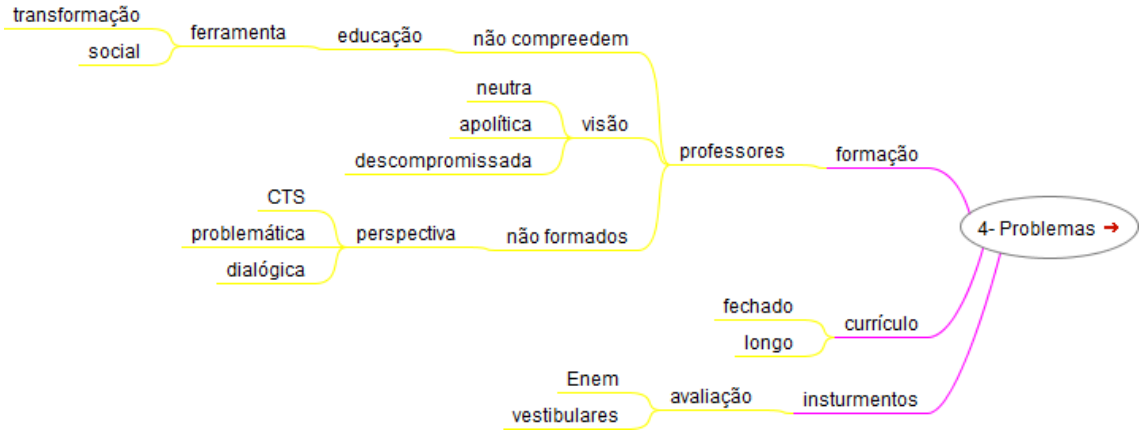

6
Bem-estar social
dimensão
fundamental
exercício
capacidade
agir
multiplicidade
estratégias
permitindo
manifestação
neutralidade
sintetização
todas
possibilidades
promoção
bem-estar
inclusive
materialistas
prioridades
deverá
ser
decisões
democráticas
envolvem
autoconhecimento
cientísta
participação
social
desenvolvimento
modernizador
crescimento
econômico
informado
conhecimento extensivo
bem-estar
minoria
estratégias
materialistas
valores
propriedade
privada
ciência
propriedade
intelectual
comercializável
não para todos
autonomia
comercial
individualismo
competitividade
representado
instituições
países
desenvolvidos
exportam
tecnologia
avançada
autêntico
informado
conhecimento completo
bem-estar
comunidade
multiplas
estratégias
inclusive
materialista
sem
valor de controle
valores
solidariedade
ética
respeito
ambiente
cultura
tradicional
florescimento
humano
autonomia
cooperação
participação
ampla
respeito
justiça
direito
social
político
econômico
integração
crescimento
econômico
autonomia
pobres
instituições
próprias

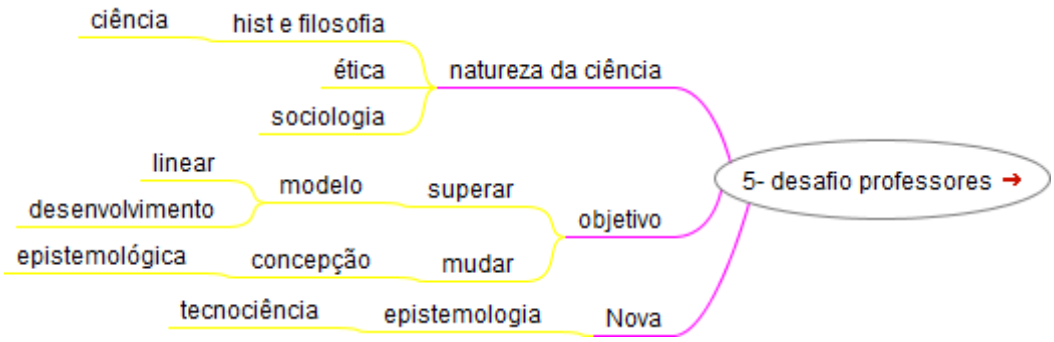
APÊNDICE B - MAPA MENTAL DO CTS




1- Movimento CTS
crítica
modelo
desenvolvimento
linear
cientificismo
ciência
neutra
autônoma
imparcial
imagem
triunfalista
ciência
sobrepõe
outros
conhecimentos
concepção
triunfalista
tecnologia
influencia
ciência
problemas
guerras
poluições
sputinick
etc
ensino
Norte/Americano
ensino
corrida
científica
formar
científstas
projetos
Brasil
ainda
debate
surge
entre
1960
1970
tradições
europeia
norte-americana
América Latina


2- Objetivos
compreensão
epistemológica
conhecimento
tecnociência
desmistificações
trabalho
cientístas
imagens
distorcidas
complexidade
relações
C
T
S
formar
cidadania
avaliar
tomar
decisões
participar
agendas
investigação
compromisso
social
autonomia
intelectual
pensamento
crítico
cultural
ético
político
ecológico
econômico
desenvolver
ACT
tomada
decisões
tecnociência
currículo
mínimo
ensino
todos
cidadãos
transformação
sccial
3- métodos
abordagem
interdisciplinar
contextualizado
ensino
problemas
sociais
ambientais
saúde
Pesquisa
autonomia
estimula
debates
antecede
professor
direcionado
interesse
implicações
sociais
positivas
negativas
técnicas
jogos
role-play
debates
simulações
outros


4- Problemas
professores
formação
não compreedem
educação
ferramenta
transformação
social
visão
neutra
apolítica
descompromissada
não formados
perspectiva
CTS
problemática
dialógica
currículo
fechado
longo
instrumentos
avaliação
Enem
vestibulares


5- desafio professores
natureza da ciência
ciência
hist e filosofia
ética
sociologia
objetivo
superar
modelo
linear
desenvolvimento
mudar
concepção
epistemológica
Nova
epistemologia
tecnociência

APÊNDICE C: LISTA DE PALAVRAS DO MAPA DE LACEY

Legenda de cores
Valores: rosa
Conceitos principais: verde
Conceitos secundários: verde água
Palavras importantes: amarelo
Obs: os números em cada segmento de palavras são os mesmos da numeração do mapa mental

LACEY
5
valores na atividade
científica
separação lógica
momento
adoção
estratégia
v sociais
inexistência
neutralidade
interesse
impossibilita
autonomia
impossibilidade
autonomia
aceitação
teoria
v cognitivos
imparcialidade
mantida
momentos da
atividade científica
1
escolha
estratégia
direcionamento
prioridades
metodologias
2
avaliação
teorias
somente
v cognitivos
imparcialidade
mantida
se
v sociais
não
corretamente
avaliada
3
aplicação
teoria
avaliação
positiva
4
valor de controle
ligado
estratégias
mateiralistas
afinidade
interesses
baseado
metafísica
materialista
valores diferentes
objetos investigação
controlados
entendimento
materialista
intensifica
capacidade
controle
práticas
experimentais
lugar
controle
pesquisa
materialista
expectativa
fenômeno
saia
laboratório
generalizada
outras
práticas
controle
ex
práticas
tecnológicas
espaço
natural
essência
ciência
moderna
empresas
dialética
entre
entendimento
moderno
gera teorias
desenvolvimento
tecnológico
só acontece
sociedade
valorizam
controle
outros valores
individualismo
livre
comércio
propriedade
privada
governo
ação
reduzida
ciência
propriedade
intelectual
contradição
controle materialista
exclui
vida
prática
produtos
tecnológicos
interfere
humanos
ambiente
3
estratégias
função
restringir
teorias
quais
consideradas
investigadas
possibilidades
identificar
que
categorias

empregar
selecionar
tipos
dados
empíricos
fenômenos
estudado
aspectos
observados
resultado
direciona
pesquisa
forma
cientistas
atual
materialista
entendimento
científico moderno
teorias
fenômeno
observação
intervenção
ativa
objeto
investigação
produto
ordem subjacente
estruturas
processos
leis
adequar
dados
empíricos
expressar
v. cognitivos
alto grau
possibilidades
somente
materiais
exclui
práticas
sociais
humanas
ambiente
categorias
quantificáveis
operações
medidas
instrumentais
experimentais
explica
sucesso
tecnológico

chamada
abordagem
descontextualizada
abordagem
reducionista
estratégias
materialistas de
restrição e seleção
valorizada
devido
afinidade
valor de controle
6
Bem-estar social
dimensão
fundamental
exercício
capacidade
agir
desenvolvimento
modernizador
crescimento
econômico
informado
conhecimento
extensivo
bem-estar
minoria
estratégias
materialistas
valores
propriedade
privada
ciência
propriedade
intelectual
comercializável
não para todos
autonomia
comercial
individualismo
competitividade
representado
instituições
países
desenvolvidos
exportam
tecnologia
avançada
autêntico
informado
conhecimento
completo

bem-estar
comunidade
multiplas
estratégias
inclusive
materialista
sem
valor de controle
valores
solidariedade
ética
respeito
ambiente
cultura
tradicional
florescimento
humano
autonomia
cooperação
participação
ampla
respeito
justiça
direito
social
político
econômico
integração
crescimento
econômico
autonomia
pobres
instituições
próprias
1
Ciência e Valores
Valores
dimensão
crença
desejo
meta
objetivo
caráter
objetivo
medida
grau
manifestação
entrelaçamento
expressão
prática
presença
consciência
articulado

palavras
avaliação
dialética
ação/comportamento
o
subjetivo
ex
[V]
X
valoriza
Φ
= valores
pessoais
sociais
cognitivos
etc.
caracterizado
v
pode
ter
sustentar
adotar
cientificismo
ciencia
livre
valores
admite
imparcialidade
somente
v cognitivos
escolha
teoria
neutralidade
não
juizos de valor
autonomia
orienta
atividade científica
imparcial
neutra
não
sujeitas
influências
externas
mundo
descrito
teorias
críticas pós-modernas
rejeitam
imparcialidade
não explicam
tecnologia

Lacey
imparcialidade
factível
neutralidade
se
pluralismo
metodológico
autonomia
não realizável
2
Entendimento
Científico e
imparcialidade
objetivo da ciência
obter
teorias
expressem
entendimento
empiricamente
fundamentado
confirmado
aceitas
maior
domínio
fenômenos
natural
experiência humana
prática social
não implica
sintetização
todas
possibilidades
justifica
imparcialidade
distinção
valores
v cognitivos
teoria
avaliada

entendimento
o que?
propriedades
comportamentos
por que?
possibilidades
realizadas
realizáveis
não realizaveis
como?
antecipações
aplicação
por em prática

possibilidades
sintetizadas

APÊNDICE D: LISTA DE PALAVRAS DO MAPA CTS

CTS
5- desafio
professores
natureza da ciência
hist e filosofia
ciência
ética
sociologia
objetivo
superar
modelo
linear
desenvolvimento
mudar
concepção
epistemológica
Nova
epistemologia
tecnociência
4- Problemas
formação
professores
não compreedem
educação
ferramenta
transformação
social
visão
neutra
apolítica
descompromissada
não formados
perspectiva
CTS
problemática
dialógica
currículo
fechado
longo
insturmentos
avaliação
Enem
vestibulares
3- métodos
abordagem
interdisciplinar
contextualizado
ensino
problemas
sociais
ambientais
saúde
Pesquisa
estimula
autonomia
antecede
debates
direcionado
professor
interesse
implicações
sociais
positivas
negativas
técnicas
jogos
role-play
debates
simulações
outros
1- Movimento
campo CTS
crítica
modelo
desenvolvimento
linear
cientificismo
ciência
neutra
autônoma
imparcial
imagem
triunfalista
ciência
sobrepõe
outros
conhecimentos
concepção
triunfalista
tecnologia
influencia
ciência
problemas
guerras
poluições
sputinick
etc
ensino
Norte/Americano
ensino
corrida
científica
formar
científstas
projetos
Brasil
ainda
debate
surge
entre
1960
1970
tradições
europeia
norte-americana
América Latina
2- Objetivos
compreensão
epistemológica
conhecimento
tecnociência
desmistificações
trabalho
cientístas
imagens
distorcidas
complexidade
relações
C
T
S
formar
cidadania
avaliar
tomar
decisões
participar
agendas
investigação
compromisso
social
autonomia
intelectual
pensamento
crítico
cultural
ético
político
ecológico
econômico

desenvolver
ACT
tomada
decisões
tecnociência
currículo
mínimo
ensino
todos
cidadãos