



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA – UFRB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE LICENCIATURA EM BIOLOGIA

THAÍS SOARES SILVA

**O QUE É PRECISO PARA FORMAR UM PROFESSOR/CIENTISTA: UM
DEBATE SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA A
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

CRUZ DAS ALMAS - BA

2018

THAÍS SOARES SILVA

**O QUE É PRECISO PARA FORMAR UM PROFESSOR/CIENTISTA: UM
DEBATE SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA A
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em Biologia sob a orientação do professor Dr. Deivide Garcia da Silva Oliveira.

CRUZ DAS ALMAS – BA

2018

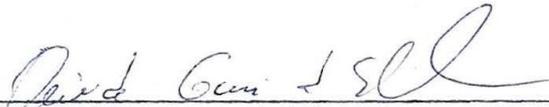
THAÍS SOARES SILVA

**O QUE É PRECISO PARA FORMAR UM PROFESSOR/CIENTISTA: UM
DEBATE SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA A
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Biologia pelo Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Data de aprovação: 23/02/2018

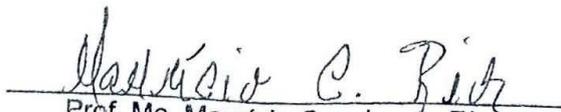
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Deivide Garcia da Silva Oliveira – Orientador
Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências-UFBA
Mestre em Lógica e Filosofia da Ciência pela Universidad de Valladolid_UVa
Graduado em Filosofia (UFS) e Pedagogia (UVA)



Prof. Dr. Frederick Moreira dos Santos
Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências-UFBA
Mestre em Filosofia – UFBA
Graduado em Física



Prof. Me. Maurício Cavalcante Rios
Doutorando em Ensino, Filosofia e História das Ciências-UFBA
Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências-UFBA
Graduado em Filosofia

“[...] os cientistas, os senhores da guerra, os esfomeados e os abastados são todos seres humanos, se quisermos entender o que está acontecendo e se quisermos mudar o que nos desagrada precisamos conhecer a natureza do mundo, a natureza dos seres humanos e descobrir como as duas coisas se conectam.”

(PAUL FEYERABEND, 1994, p. 47)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer à minha família (Soares Silva), os quais forneceram a minha base, contribuíram para a formação da minha personalidade e para o bom uso dela, devendo à eles tudo o que eu sou hoje. Em especial à minha tia e madrinha (Alexsandra Soares) que não mediu esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante.

À minha mãe (Patrícia Soares) por ter me ajudado a alcançar esta etapa acadêmica e ao meu pai (Adriano Guerra) que sempre me apoiou em todas as minhas decisões.

Ao meu professor, orientador, mestre, conselheiro, amigo Deivide Garcia que acreditou e depositou toda a sua confiança em mim. Dedicando seu tempo e esforço para contribuir não só para esta pesquisa, mas também para me mostrar que a vida é feita de escolhas, planejamentos e que são nos caminhos mais difíceis que conseguimos alcançar os melhores resultados.

Ao meu grupo de estudos G-efficientia, que me apresentou as meninas mais corajosas e esforçadas que eu conheço (Bárbara Araújo, Lília Queiróz, Lília Santos, Josélia Cirqueira, Nadja Azevedo), que me acompanharam de perto minha trajetória e em especial a minha amiga, Bárbara Araújo, que dedicou seu tempo para me ajudar, aconselhar, e me deixar mais forte para, não só essa, mas todas as etapas da minha vida.

Aos meus amigos, Glauber Carvalho e Adriano Monteiro, que são pessoas que me inspiraram e fizeram dessa minha trajetória mais alegre e enriquecedora.

À Bruno Sá, que fez tudo ao seu alcance para eu conquistar meus objetivos e contribuiu com seu apoio durante toda essa jornada acadêmica.

À Marcus Lobo pela sua paciência e dedicação, ficando ao meu lado nos momentos difíceis e sempre acreditando em mim.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) que me deu oportunidade de realizar esse curso e crescer em conhecimento, sobretudo à Pró-Reitoria de Extensão (Proext) pelo apoio de 1 ano e meio de bolsa.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte decisiva em minha vida.

RESUMO

O objetivo desse trabalho é analisar o problema da natureza da ciência através do modo como o professor-cientista é formado e como ele deveria ser formado, explanando a importância da filosofia da ciência para a educação científica. Tal objetivo se justifica em razão dos seguintes problemas: visões distorcidas da ciência e do cientista, crise no ensino de ciências, tipo de educação que é ensinado nas escolas e universidades, como é construído o conhecimento científico no âmbito educacional, qualidade na formação dos professores de ciências e etc. Contudo, se faz necessário entender o papel da educação científica para um país, uma vez que ela colabora para melhor argumentação e contribui para que as pessoas saibam lidar com situações do dia a dia, além de fornecer subsídios para participação em debates e polêmicas que a sociedade enfrenta. Para maior abordagem e entendimento desse tema, essa pesquisa busca introduzir a história e a filosofia da ciência (HFC) no ensino de ciências e a noção de conhecimento tácito do Polanyi como um elemento enriquecedor para o ensino de ciências em seu viés epistêmico e metodológico e, portanto, como uma proposta de auxílio contra alguns problemas vindos da crise do ensino de ciências. Dito de maneira concisa, este trabalho defende a ideia de que a noção de conhecimento tácito poderá contribuir tanto para uma melhor compreensão da *Nature of Science (NOS)*, quanto para o combate à crise do ensino de ciências. Portanto, é possível constatar a necessidade de buscar soluções para elevar o aprofundamento sobre o conhecimento produzido pela ciência e, assim possamos nos tornar estudantes e docentes mais reflexivos e participantes das decisões que dão rumo ao progresso da sociedade. A metodologia abordada será essencialmente uma pesquisa qualitativa (na medida em que predominará uma exegese comunitariamente respaldada das fontes utilizadas) e teórico-explicativa alimentada por textos, livros, artigos e outros materiais publicados em meios e por autores reconhecidos nacional e internacionalmente.

Palavras-chave: Ciência, Educação Científica, Filosofia da Ciência, Ensino de Ciências, Epistemologia.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyze the problem of the nature of science through the way the teacher-scientist is formed and how it should be formed, explaining the importance of the philosophy of science for scientific education. This objective is justified by the following problems: distorted views of science and scientist, crisis in science teaching, type of education that is taught in schools and universities, how scientific knowledge is built in education, quality of teacher training of science. However, it is necessary to understand the role of scientific education in a country, since it contributes to better argumentation and contributes to people being able to deal with everyday situations, besides providing subsidies for participation in debates and controversies that the society faces. In order to better understand and approach this theme, this research seeks to introduce the history and philosophy of science (HFC) in science education and the notion of tacit knowledge of the Polanyi as an enriching element for the teaching of sciences in its epistemic and methodological bias and , therefore, as a proposal of aid against some problems coming from the crisis of science teaching. Concisely, this paper supports the idea that the notion of tacit knowledge can contribute both to a better understanding of the Nature of Science (NOS) and to combating the science education crisis. Therefore, it is possible to see the need to seek solutions to raise the depth of knowledge produced by science and thus we can make students and teachers more reflective and participating in the decisions that lead to the progress of society. The methodology will be essentially a qualitative research (to the extent that a hermeneutic will predominate supported by the sources used) and theoretical-explanatory nourished by texts, books, articles and other materials published in media and by authors recognized nationally and internationally.

Keywords: Science, Scientific Education, Philosophy of Science, Science Teaching, Epistemology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1. CAPÍTULO 1- A NATUREZA DA CIÊNCIA: INFLUÊNCIA DE UMA IMAGEM INADEQUADA DE CIÊNCIA E DE CIENTISTA PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.....	15
1.1 Introdução.....	15
1.2 Debates sobre a natureza da ciência.....	17
1.2.1 O empirismo-indutivismo como base para a atividade científica.....	17
1.2.2 Racionalismo como base para a atividade científica.....	20
1.2.3 Métodos científicos como base para a atividade científica.....	24
1.3 Imagens distorcidas da ciência: impactos negativos para a educação institucional enquanto ramificação da sociedade.....	30
1.4 Considerações finais.....	33
2. CAPÍTULO 2- CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA PARA A REDUÇÃO DE IMPACTOS NEGATIVOS NA FORMAÇÃO DO PROFESSOR-CIENTISTA.....	34
2.1 Introdução.....	34
2.2 A natureza da ciência na formação dos professor de ciências.....	35
2.3 História e filosofia da ciência no ensino de ciências.....	37
2.4 Considerações finais.....	41
3. CAPÍTULO 3- O CONHECIMENTO TÁCITO NO ENSINO E NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS.....	42
3.1 Introdução.....	42
3.2 Ensino de ciências: propostas e perspectivas.....	45
3.3 O conhecimento tácito como proposta para o ensino de ciências.....	47
3.3.1 Conhecimento Tácito.....	47
3.3.2 O Conhecimento Tácito no ensino de ciências.....	50
3.3.3 Diálogo entre o Conhecimento Tácito e uma imagem de natureza da ciências mais adequada para educação científica e ensino de ciências.....	51
3.4 Considerações finais.....	53
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	57

INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho é analisar o problema da natureza da ciência através do modo como o professor-cientista é formado e como ele deveria ser formado, explanando a importância da natureza da ciência para a educação científica. Tal objetivo se justifica em razão dos seguintes problemas: visões distorcidas da ciência e do cientista, crise no ensino de ciências, tipo de educação que é ensinado nas escolas e universidades, como é construído o conhecimento científico no âmbito educacional, qualidade na formação dos professores de ciências e etc.

Um norte para uma saída será explorado via a noção de conhecimento tácito. De acordo com esse contexto, buscamos compreender a qualidade da formação dos professores de ciências, a qual necessita de uma melhor compreensão sobre a NOS - Nature of Science (ADURIZ-BRAVO, 2012). Como proposta para maior abordagem e entendimento desse tema, essa pesquisa busca incluir o conhecimento tácito como contribuinte para esta finalidade, na medida em que o autor Michael Polanyi explica em sua obra *Personal Knowledge: Towards a Post Critical Philosophy (1952-1958)* a importância desse conhecimento para a atividade científica e seu benefício para o ensino de ciências.

É sabido que o conhecimento, de maneira geral, possui várias formas, tais como, conhecimento popular, conhecimento filosófico, conhecimento religioso, conhecimento científico, entre outros. Dentre estes, nesse trabalho, será discutido o conhecimento científico. Grandes descobertas científicas foram corroboradas para o desenvolvimento da sociedade, as quais causaram e ainda causam grandes impactos na humanidade, o que evidencia a importância da ciência para o desenvolvimento desta. Contudo, como justificativa, se faz necessário entender o papel da Educação Científica para um país, uma vez que ela colabora para melhor argumentação e contribui para que as pessoas saibam lidar com situações do dia a dia, além de fornecer subsídios para participação em debates e polêmicas que a sociedade enfrenta. Portanto, é possível constatar a necessidade de buscar soluções para elevar o

aprofundamento sobre o conhecimento produzido pela ciência e, assim possamos nos tornar estudantes e docentes mais reflexivos e participantes das decisões que dão rumo ao progresso da sociedade.

Segundo Magalhães (1999, p.1), “para que uma nação se desenvolva é preciso que a ciência e a educação andem de mãos dadas”. Isso é óbvio, mas o que não é óbvio é a seguinte questão fundamental: de qual ciência e de qual educação estamos falando?

O problema desse trabalho surge, uma vez que, a ciência e a educação são as esferas mais importantes para o desenvolvimento de um país e a partir desse contexto é importante analisar as concepções que as pessoas têm acerca da ciência, do cientista e de qual educação-formação se deve ter, a fim de propor uma mudança. Segundo Haack (2009-2012) a ciência obteve resultados promissores para a sociedade ao longo do anos, melhorando a vida da humanidade. Ela cita em seu artigo, o autor Peirce dizendo que “loucos são aqueles que negam que a ciência trouxe descobertas verdadeiras para a humanidade” (PEIRCE *apud* HAACK, 2009-2012, P.1). Entretanto, Susan Haack incrementa que a ciência possui um poder muito grande na sociedade e que este poder também pode ser perigoso e passível de abuso.

De acordo com a percepção da imagem sobre a ciência e de um cientista, em sua maioria, tem-se visões estereotipadas acerca desse assunto (NEUSA SCHEID, 2007). Apesar de tal ser uma imagem pouco adequada seu estereótipo, não raramente, percebe o cientista como sendo do sexo masculino (coisa que expõe a necessidade de discutir gênero na ciência), geralmente de etnia europeia ocidental (o que indica a necessidade de discutir culturalismo e etnias na ciência), usando jaleco branco e óculos, com cabelos despenteados, de aparência alternativa ou insana, isolados em um ambiente hermético como laboratórios com produtos químicos e equipamentos tecnológicos complexos, sendo estes gênios que costumam não trabalhar em equipe.

Estas imagens apontam para alguém isolado do mundo, desinteressado das questões sociais e apartado ou não facilmente submetível à problematizações morais por meio de consequências de suas epistemologias, metodologias, teorias científicas e até princípios metafísicos (SOARES e SCALFI, 2014; GIL PEREZ, 2001). Naturalmente, esta imagem do cientista

apartado do mundo (HAACK, 2009-2012) contamina a própria imagem de conhecimento científico, pois o cientista que se considera ou que é formado para se considerar afastado da sociedade no sentido posto, desenvolverá noções que desconsideram os debates destes conhecimentos com outras áreas, com valores morais, interesses sociais, haja vista que este próprio cientista se vê apartado do mundo e não como parte dele (HAACK, 2009-2012).

A ciência é colaboradora para o desenvolvimento de um país e está diretamente relacionada com a política, a economia e, principalmente com a educação que fazem parte da sociedade. Enfrentamos hoje, de acordo com Fourez (2003), uma crise no ensino de ciências, a qual se faz presente devido à inúmeras situações e à diversos autores como: os alunos, os professores de ciências, economia e indústria, pais de alunos e cidadãos (FOUREZ, 2003). A área científica possui um alto grau de evasão dos alunos e de pouco interesse acadêmico por parte dos estudantes. É importante estarmos atentos a essa problemática no ensino de ciências para que assim busquemos soluções para enfrentá-lo.

Seguindo esse contexto, é proposto a inserção de debates epistemológicos dentre alguns grandes filósofos como Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Popper, nos quais são possíveis encontrar divergências e consensos sobre a natureza da ciência, aguçando o nosso senso crítico acerca da ciência. Contudo, a maioria apontam que a história e a filosofia da ciência mostram-se eficiente para uma educação científica de qualidade e podem servir como um “start” para ajudar a reverter esse quadro.

De acordo com Adúriz-Bravo (2012), há mais de duas décadas é discutido sobre a introdução da história e filosofia de ciências no ensino de ciências, porém no Brasil, esse assunto vale a importância, necessidade e aplicação.

Os objetivos específicos dessa pesquisa incluem: a) rever onde há maior probabilidade de mudanças para conseguir reverter a problemática de concepções inadequadas da ciência; b) mostrar como essa imagem estereotipada da ciência pode afetar os estudantes que irão se tornar professores de ciências; c) conscientizar as pessoas da importância do ensino crítico/reflexivo; d) indicar como as contribuições da filosofia da ciência se

fazem necessárias para a reformulação dessa imagem científica e e) identificar elementos necessários para a formação de um cientista.

Em resumo, as perguntas que serão levantadas são: 1- quão negativamente, numa abordagem teórica, a educação científica (na educação básica e superior voltada para futuros docentes de ciências) pode ser afetada por uma imagem distorcida de ciência (assumindo que há uma relação entre elas)? 2- Quais contribuições a filosofia da ciência pode oferecer para amenizar este impacto negativo? 3- Quais elementos a concepção de Conhecimento Tácito de Michael Polanyi pode oferecer para a formação do professor-cientista?

Visando o entendimento para a possível solução dessa problemática, são apresentados nessa pesquisa três capítulos, nos quais se intitulam: 1) *A natureza da ciência: influência de imagens inadequadas para a educação científica*, o qual é abordado sobre as concepções inadequadas da ciência, métodos científicos e o que alguns filósofos e cientistas debatem sobre essa questão; 2) *Contribuições da epistemologia para a redução de impactos negativos na formação do professor-cientista*, o qual é explanado possíveis soluções para o começo de mudanças na qualidade educacional através da introdução da História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências; e 3) *Implicações da filosofia da ciência para a formação de um professor-cientista: o conhecimento tácito no ensino de ciências*, que traz um panorama sobre o ensino de ciências, mostrando como o conhecimento tácito de Michael Polanyi pode ser proveitoso para a educação científica e ensino de ciências.

A metodologia abordada será essencialmente uma pesquisa qualitativa (na medida em que predominará uma exegese comunitariamente respaldada das fontes utilizadas) e teórico-explicativa alimentada por textos, livros, artigos e outros materiais publicados em meios e por autores reconhecidos nacional e internacionalmente. Assim, a metodologia procura aprofundar a linguagem e os conceitos usados em geral e por vezes estendidos e contaminantes das e nas pesquisas já publicadas, haja vista possuir aquilo que Fourez (1995) chamou ser uma abordagem filosófica de código elaborado a partir de Bernstein. Ademais, possui por um lado tanto a natureza básica (SILVA E MENEZES, 2005), isto é, tem por objetivo contribuir com o conhecimento sem estar

comprometido com uma aplicação prática necessariamente, quanto por outro lado não lhe deve ser negado a potencialidade de também ter a natureza aplicada (Id. Ibid.) pois que pretende se estender aos problemas práticos nas salas de aula. Deste modo, é essencialmente básica e potencialmente aplicada. Também é desenvolvido, em parceria com o grupo de pesquisa G-EFFICIENTIA (registrado no DGP do CNPQ), reuniões e escritas de artigos conjuntos dos discentes, promovendo debates e amadurecimento dos textos propostos como leitura/pesquisa e dos escritos.

1. CAPÍTULO 1- A NATUREZA DA CIÊNCIA: INFLUÊNCIA DE UMA IMAGEM INADEQUADA DE CIÊNCIA E DE CIENTISTA PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

1.1 Introdução

Não se pode negar que a ciência contribuiu muito em importantes marcos na história da sociedade, os quais ajudaram a alcançar melhores condições humanas como conforto, saúde, comodidade, conhecimento, tecnologia, entretenimento e relativa estabilidade nestas áreas em comparação com o passado. Devido à sua importância, espera-se que os professores de ciências, obtendo estes uma formação científica, estejam em posição de ensinar uma imagem também adequada do que é a ciência e como se constrói os conhecimentos científicos de forma apropriada (GIL PEREZ, 2001).

Por outro lado, encontram-se nas literaturas, numerosos estudos (GIL PEREZ, 2001; SCHEID, 2007; HAACK, 2009-2012) mostrando que isso não acontece e que o ensino científico básico e universitário é baseado em visões empírico-indutivista da ciência, racionalista, tecnicista e mecanicista. Esta concepção se distancia largamente de um consenso sobre a construção e desenvolvimento do conhecimento científico. Deste modo, fica clara a diferença entre a atividade científica e a imagem de ciência frente a um ensino da ciência e principalmente, distante de uma formação profissional capaz de dar conta dos problemas que o ensino de uma atividade tão complexa pode trazer (EL-HANI e MORTIMER, 2007).

Este panorama da educação científica nas universidades atuais gera uma imagem de ciência pouco fundamentada nos problemas acerca da natureza da ciência e, portanto, rejeitada tanto pelas comunidades filosóficas e educacionais quanto pelas científicas (SCHEID, 2007; HAACK, 2009-2012; PEREZ, 2001; VILLANI, 2001; HODSON 1982; LOPES, 1993 e 1996; PRAIA, 2002). Essa concepção deformada dos estudantes e, principalmente dos futuros docentes, tanto lança os aspectos não científicos “na vala comum da irracionalidade” (SANTOS, BOAVENTURA 1989) quanto distorce os próprios conteúdos científicos. Disso resulta na literatura o termo “folk”. Este termo “mostra que a concepção dos alunos e até mesmo dos professores de ciências

sobre a natureza da ciência não diferem das chamadas visões *folk* ou *naive*, adquiridas pela impregnação social” (FERNANDEZ, 2000, p.2).

Dessa forma, entendemos que a ciência é muito mais ampla e complexa do que é ensinado pelos professores nas escolas. E, devido ao seu potencial poder na sociedade, é imprescindível que, professores de ciências naturais saibam lidar com tal complexidade. A ciência é irregular, imprevisível e não é a única forma de conhecimento existente (HAACK, 2009-2012). Não podemos desvalorizar *a priori* epistemicamente e metodologicamente os outros tipos de conhecimentos e formas de abordagem da realidade se quisermos tanto contribuir para um progresso científico, como para a “formação de um espírito científico” (BACHELARD, 1987) emancipado e democrático.

É preciso tomar cuidado com o cientificismo para evitar tanto a subvalorização da ciência quanto supervalorizá-la. O termo “cientificismo” indica uma ideologia que estabelece a superioridade da ciência sobre outras tradições epistêmicas e de acesso da realidade. Haack (2009-2012) alega, por sua vez, que por volta do século XX tal palavra começou a ganhar um tom negativo em sua fala, sendo pronunciada de forma irônica e pejorativa.

O que quis dizer com “cientificismo” é a falha oposta: um tipo de atitude excessivamente entusiástica e acriticamente reverente para com a ciência, uma incapacidade de ver ou falta de vontade de admitir sua falibilidade, suas limitações e seus potenciais perigos (SUSAN HAACK, 2009-2012, p 04).

A partir do exposto, esse capítulo objetiva debater sobre a imagem distorcida da ciência do ponto de vista consensual de alguns grandes filósofos, cientistas e educadores sobre o tema em pauta. Nesse sentido, será discutido quão negativamente a educação científica (na educação básica e superior voltada para professores-cientistas em formação inicial e continuada) pode ser afetada por uma imagem distorcida da natureza da ciência e, sempre a partir de nosso objetivo maior que é compreender a formação do professor/cientista para o ensino de ciências.

1.2 Debates sobre a natureza da ciência

Obter uma definição sobre ciência é uma tarefa muito difícil, deste modo, pretendemos ao menos fazer uma abordagem sobre o que se deve considerar imagens ingênuas e deformadas acerca da ciência (GIL PEREZ, 2001). Logo, serão expostas algumas deformações que foram consolidadas pela sociedade, as quais tornaram-se um estereótipo aceito socialmente e reforçado diariamente no âmbito escolar, e que se afastam demasiadamente do que se considera um trabalho científico (GIL PEREZ, 2001). Dessa forma, será pontuada nos próximos tópicos a concepção empirista e racionalista, a fim de mostrar a complexidade da natureza da ciência. Ao final, será discutido sobre a inadequação de um único método científico para se fazer ciência, o qual será importante para esclarecer alguns mitos que a ciência carrega consigo na sociedade atual.

1.2.1 O empirismo-indutivismo como base para a atividade científica

Iniciemos pela exploração da concepção empirista. Cabe lembrar que, historicamente esta concepção, quando ligada à filosofia da ciência, tem raízes no positivismo e no empirismo lógico. As principais características destas correntes são: as ciências naturais limitam o que é conhecer; métodos das ciências naturais (identificação das leis causais e seu domínio sobre fatos) aplicáveis às sociais; acriticamente (salvo J. S. Mill) a ciência como meio de salvação de todos os problemas da humanidade; tendência a considerar fatos empíricos como única base do verdadeiro conhecimento; contra idealismo e metafísica.

O empirismo metodologicamente se reflete muitas vezes no empirismo indutivista. Segundo o empirismo-indutivo, a observação e o envolvimento de crenças do cientista na pesquisa inicial e em desenvolvimento, requer neutralidade teórica e metodológica do pesquisador, ou seja, a atividade investigativa não deve ser influenciada por qualquer conclusão ou teoria prévia (ROTHCHILD, 2006). De acordo com essa concepção as teorias prévias

prejudicam o processo e os resultados da pesquisa científica e, logo, o indutivismo rejeita qualquer contaminação de uma teoria prévia às observações (GIL PEREZ, 2001; HAACK, 2009-2012)

Infelizmente, esse pressuposto de neutralidade científica alcançável está muito difundido no ensino formal e informal de ciências. O autor Irving Rothchild, que em seu artigo se autodenomina um cientista experiente (ROTHCHILD, 2006) expõe em seu texto sua opinião sobre as bases da pesquisa científica, e acredita que a observação é a base “meat and potatoes” da ciência. Segundo o autor, o cientista precisa ser imparcial e deve descartar qualquer pressuposto que ele mesmo possua durante a atividade científica (ROTHCHILD, 2006, p.4). Contudo, o que Rothchild não dá o devido peso é o fato de que esta pretensa neutralidade encontra dificuldades na sua realização muito maiores do que aquelas da idealização (FEYERABEND, 1977/2007; RUBEM ALVES, 2003; BACON, 1620/1979).

Aponto alguns questionamentos sobre o processo indutivo, os quais estão presentes já na modernidade (HUME, 1738; 1748) além da contemporaneidade (FEYERABEND, 1977/2007). Na linha do que esses autores, entre outros refletiram, poderíamos expor o seguinte: 1) Casos particulares não suportam, via uma relação causal, qualquer tipo de verdade, aproximação provável da verdade, ou mesmo a razoabilidade enquanto valor epistêmico (HUME, 1738; 1748; FEYERABEND, 1977/2007); 2) A lógica indutiva se depara com problemas práticos (nem toda descoberta e justificação passa pela experiência) e, por isso, ela é limitada. Nesse sentido, será que Darwin ao observar as espécies na ilha de Galápagos, não tinha lido algo a respeito sobre a possível ideia de evolução? Galileu atribuiu hipóteses para o heliocentrismo apenas porque observou o céu? Não podemos descartar que na medida em que o objeto está sendo observado há uma gama de teorias anteriormente lidas e estudadas refletindo na cabeça de um cientista (LAWSON, 2002; POPPER, 1934/2013). Rothchild (2006) ainda afirma que o cientista possui o poder de enxergar o objeto com um olhar diferente de uma pessoa comum, por outros ângulos e imparcialmente, demonstrando que o cientista possui dons “(gifts)” (ROTHCHILD, 2006, p.5).

Essa perspectiva confere ao cientista, enquanto um representante da cosmologia científica, um lugar especial dentro da sociedade (RUBEM ALVES, 2003). Contrário à Rothchild (2006), Gil Perez informa que a “concepção empírico-indutivista e ateórica” da ciência defende uma neutralidade inexistente, “esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo” (GIL PEREZ, 2001, p, 129-30). Da mesma forma, Popper argumenta contra a indução enquanto justificação (POPPER, 1934).

Desta forma, ainda hoje a indução tem sido um ponto relevante de debates da literatura sobre a imagem do trabalho científico. Sobre essa concepção mencionada, Gil Perez (2001) diz que esta “é a deformação mais estudada e criticada na literatura,” (GIL PÉREZ, 2001, p.129) em razão da força que a experiência e a observação ocupa no imaginário do cientista e de estudantes de ciências (MOSTERIN, 1990).

Com isso, muitas pessoas acreditam que a ciência funciona somente de modo experimental ou que esta é a parte principal para o êxito dela. Entretanto, que a ciência faça largo uso de laboratórios e experimentos, estes não são os principais ou os únicos recursos da pesquisa científica, menos ainda ou/é a experimentação fundada na problemática abordagem indutiva (CHALMERS, 2003; FEYERABEND, 1977/2007; HUME, 1738; POPPER, 1934). A indução trata de fatos que ocorreram no passado, os quais foram observados sob uma forçosa limitação quantitativa e temporal, a qual os defensores da indução acreditam ser suficientes para a formulação de hipóteses gerais e teorias que, portanto, darão conta de uma quantidade de fatos maior, embora do mesmo tipo, do que aqueles nos quais ele se baseia. Estas generalizações empírico-indutivas possuem, entre os seus problemas, os seguintes: os dados obtidos possuem limitação quantitativa e restrição temporal (referem-se à casos passados) e apesar disso, se lança a predição de casos futuros e quantitativamente ilimitados; um outro ponto é que a indução busca, como apontou Hume (1738), Feyerabend (1977/2007) e Popper (1934) alcançar a verdade ou, no caso de abandono deste objetivo, alcançar uma alta probabilidade. Porém, os referidos autores também desconstruíram estas duas.

Feyerabend (1977/2007) ainda aponta que os indutivistas, reconhecendo essas limitações, trocaram verdade e probabilidade por razoabilidade. Para o autor o problema ainda persiste porque razoabilidade não deixa de ser um valor epistêmico que Hume criticou a partir dos dois casos citados. Por esta razão, a indução passou a ser atacada com bastante força desde Hume (DEREK HODSON, 1982; FEYERABEND, 1977/2007; POPPER, 1934).

1.2.2 Racionalismo como base para a atividade científica

Em contraposição ao empirismo-indutivista, há a visão racionalista da ciência, a qual apresenta a “Razão” como base para a pesquisa científica. O racionalismo pode ser entendido através de ao menos três teses que servem para fundamentar a compreensão racionalista de conhecimento. Segundo o autor Peter Markie (2013), a primeira delas é a *Tese de Intuição / Dedução*, para a qual: “Algumas proposições sobre um assunto específico, S, são cognoscíveis por nós apenas pela intuição. Há outras, porém, que são cognoscíveis pela dedução a partir das proposições intuídas” (MARKIE, 2013, p. 2. Tradução nossa).

Dito em outros termos, a intuição refere-se a uma operação mental imediatista, na qual não envolve necessariamente uma reflexão consciente sobre os elementos. A Stanford Encyclopedia of Philosophy (2012/2017), cita intuição baseado em Klein (1998), o qual afirma que a intuição é utilizada por pessoas que possuem domínio em determinado assunto, logo, julgam ou tomam decisões com base em um processo cognitivo diferente de considerações conscientes ou com peso de evidências ou utilitários. Também é abordado na Stanford Encyclopedia of Philosophy (2012/2017) que alguns filósofos defendem a ideia da crença associada à intuição, citando David Lewis: “Nossas ‘intuições’ são simplesmente opiniões; Nossas teorias filosóficas são as mesmas. Alguns são comparativos, alguns são sofisticados; [...] Mas são todas opiniões [...] (DAVID LEWIS, 1983 *apud* Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2012/2017).

O termo dedução refere-se a operação lógico analítica de retirar das informações que possuímos outros dados que não são aparentemente

evidentes (exemplo: todo corvo é negro. Logo, o corvo do norte é negro). Contudo, o racionalista utiliza da intuição e da dedução exposta para fundamentar sua teoria científica, juntamente com as teses que serão explanadas abaixo.

A segunda tese é a *Tese do Conhecimento Inato*, a qual “temos conhecimento de algumas verdades em uma área de assunto particular, S, como parte de nossa natureza racional” (MARKIE, 2013, p. 3. Tradução nossa). Essa tese afirma que possuímos um tipo de conhecimento advindo da nossa própria natureza racional, e, contudo, a experiência cotidiana ajuda a desenvolver esse processo para a formação do conhecimento, mas não os formam. Acredita-se que o conhecimento inato é um processo que existe na consciência das pessoas e que ao longo vida vai transformando em conhecimento racional.

A terceira tese intitulada de *Tese do Conceito Inato* está diretamente ligada com a tese anterior, quando o autor diz: “Temos alguns dos conceitos que empregamos em uma área de assunto particular, S, como parte de nossa natureza racional” (MARKIE, 2013, p. 3. Tradução nossa). Nela percebe-se que temos conceitos inatos na consciência individual que já carregamos desde quando nascemos (PETER MARKIE, 2005, p. 2-3). A junção dessas teses reflete no conceito de racionalismo, o qual Peter Markie (2005) alega que para ser um racionalista é preciso adotar ao menos uma destas teses abordadas acima. Os racionalistas e empiristas discordam sobre a fonte para o conhecimento e da garantia de verdade de cada uma. Segundo Peter Markie (2005), em busca dessas fontes e dos limites do conhecimento, os racionalistas, diferentemente dos empiristas, acreditam que o conhecimento não provém da experimentação e que ele vai mais além do que os sentidos podem nos fornecer. Logo, acredita-se que adquirimos o conhecimento a partir de crenças e teorias pré-existentes, independente da experiência sensorial, e sim através de um raciocínio dedutivo.

Em seu texto “Rationalism vs. Empiricism”, Markie aborda duas outras teses que são consideradas racionalistas, porém pode-se considerá-lo um racionalista sem necessariamente adotá-las:

Duas outras teses intimamente relacionadas são geralmente adotadas pelos racionalistas, embora se possa certamente ser um racionalista sem adotar nenhuma delas. A primeira é A Tese da Indispensabilidade de Razão [...] a experiência não pode fornecer o que ganhamos com a razão. [...] e a segunda A Tese da Superioridade da Razão [...] a razão é superior à experiência como fonte de conhecimento (Peter Markie, 2015, p.3. Tradução nossa.).

Na primeira tese “A Indispensabilidade da Razão” Markie argumenta que os conhecimentos que são da natureza humana não podem ser advindos da experiência e estes conhecimentos só a Razão pode nos fornecer. Em adição, a segunda tese intitulada de “A Superioridade da Razão”, indispensa a razão para a construção do conhecimento sem base racionalista, desvalorizando não só a experiência como fonte de conhecimento, mas também qualquer tipo de atividade epistêmica sem fundamento racionalista. Ao longo dos anos a ciência foi identificada como o próprio racionalismo, e, logo, tornaram-se um só corpo (COBERN, 2000). E isso se reflete sobre a sociedade atual e no exercício de controle de valorização da ciência (FEYERABEND, 2011). Um dos contribuintes para o racionalismo foi o filósofo, físico e matemático René Descartes, o qual diz que a razão permite alcançar algumas verdades basilares para a construção do edifício do conhecimento.

Sabemos que os avanços científicos obtidos ao longo dos anos possuem grande valor para a sociedade e que contribuiu e contribui significativamente para o desenvolvimento social. Seguindo essa ideia, a ciência começou a ser definida como a única forma de conhecimento de valor. Os termos “científico, cientificamente comprovado...” estão sendo usados em grandes proporções por publicitários e em propagandas comerciais para mostrar ao público um alto grau de confiabilidade de seus produtos (HAACK, 2009-2012, p.6). Chegamos ao ponto em que todos os termos que acompanham estas palavras destacadas acima possuem alto valor na sociedade. Nesse contexto, percebemos que os estudos que são considerados científicos têm mais valor e são mais confiáveis, e logo, todas as atividades sociais e estudos optaram por inserir a palavra ciência e seus cognatos em suas tarefas, para que assim, possa ser atribuída mais importância. Haack (2009-2012) ainda afirma que essa atitude advém de um profissional altamente inseguro sobre suas atividades estudadas e publicadas (HAACK, 2009-2012, p.7).

Uma historiadora, argumentando pela falta de fundamento nas evidências para a ideia de que a filosofia antiga grega foi tomada de empréstimo dos egípcios, descreve-a como “não científica”. Títulos de conferências e livros falam de “Ciência e Razão”, como se as ciências tivessem um monopólio sobre a própria razão. (SUSAN HAACK, 2009-2012, p.7)

Segundo Haack (2009-2012), a supervalorização da ciência gera grandes problemas para a sociedade e, principalmente, para a própria ciência, uma vez que a confiança excessiva faz com que não enxerguemos certos aspectos do objeto e/ou sujeito em julgamento, como por exemplo, a moral, a ética, a honestidade, será que são características que sempre estão presentes em todos os cientistas? Será que a ciência nunca erra? Por mais que a ciência possua mérito para ser valorizada, não podemos classificá-la como infalível e como a forma de conhecimento mais confiável e superior, acima de todas as outras, contudo, Haack (2009-2012) aponta que “as hipóteses explicativas que os cientistas produzem são, inicialmente, altamente especulativas, e a maior parte delas revelam-se eventualmente insustentáveis e são abandonadas.” (Haack, 2009-2012, p.8)

Por trás dos questionamentos feitos anteriormente, é refletido que uma das causas para a ciência ser excessivamente valorizada é a confiança que existe em seu método científico. Essa é uma questão muito debatida por muitos filósofos desde séculos anteriores, os quais tentaram de alguma forma defini-lo ou torná-lo claro para entender o sucesso da ciência. Segundo Chibeni (2006) essas preocupações deram força para a criação da filosofia da ciência, disciplina essa que envolve questionamentos e discussões relacionadas a natureza da ciência, ademais, houve algumas transformações ao longo dos séculos que contribuíram para o consenso e divergências sobre o método científico, as quais conseguiram adquirir uma visão bem mais adequada acerca desse método (CHIBENI, 2006).

Contudo, tona-se visível que a natureza da ciência é muito mais complexa do que é ensinado, e, além de ser uma tarefa árdua compreendê-la, as concepções empiristas e racionalistas não são suficientes para obter uma visão ampla e clara da ciência. Logo, o próximo tópico objetiva explicar discussões e concepções defendidas pelos filósofos Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend

sobre o método científico e seus problemas dentro da natureza científica, elencando como essa discussão influencia para o entendimento e uma visão mais adequada da natureza da ciência.

1.2.3 Métodos científicos como base para a atividade científica

Se não temos um consenso sobre o conceito de método científico, o que é ensinado nas escolas e como isso é aprendido pelos estudantes? Relacionado a essa pergunta, Marsulo e Silva (2005) diz que séculos atrás alguns autores acreditavam no sucesso do método científico e, então, acharam pertinente ensinar isso nas escolas: “Obviamente foram esses procedimentos ditos científicos que atuaram como legitimadores de uma certa forma de se ensinar Ciências” (Marsulo e Silva, 2005, p.1). Seguindo esse contexto, o método indutivista é o mais adotado em sala de aula, porém, iremos entender nesse tópico algumas problemáticas que são debatidas em torno da indução e refletir sobre a pergunta: será mesmo que existe um método científico capaz de fornecer tamanho êxito para a ciência?

O método indutivo se resume na observação de um número suficiente de casos particulares e a partir disso conclui-se uma verdade geral, ela parte da experiência sensível e dos dados particulares. Segundo Derek Hodson (1982) os indutivistas caracterizam esse método da seguinte maneira:

[...] é possível generalizar a partir de uma coleção de afirmações particulares, desde que certas condições sejam satisfeitas: I) o número de observações relatadas deve ser grande; II) as observações devem ser reproduzíveis sob diversas condições; III) nenhuma observação deve contrariar a generalização derivada (DEREK HODSON, 1982, p.2).

Então, nota-se que a indução utiliza a observação imparcial de fenômenos, que a partir disso é construído premissas aparentemente verdadeiras, as quais culminam numa teoria geral. De modo crítico e cômico, Russell exemplifica e mostra falhas dessa concepção através do conto do peru indutivista, o qual percebeu que era alimentado todos os dias às 9 da manhã, contudo, pensando como um indutivista, ele recolheu um grande número de

observações de que era alimentado todos os dias às 9 da manhã, inclusive em finais de semana, feriados, dias chuvosos, dias frios, dias secos e etc. A cada dia acrescentava uma outra proposição de observação à sua lista. Finalmente, sua consciência indutivista ficou satisfeita e ele concluiu que “Eu sou alimentado sempre às 9 da manhã”. Porém, para sua surpresa, era véspera de natal e, então, sua cabeça foi cortada. Uma inferência indutiva com premissas verdadeiras levava a uma conclusão falsa (DEREK HODSON, 1982).

Contudo, é possível perceber que há problemas na indução: a) as observações devem ser feitas sob uma ampla variedade de circunstâncias, mas, o que deve ser considerado como uma variação significativa nas circunstâncias? e b) ao observar um objeto, todos são guiados pelas mesmas teorias e interpretações destas?

A indução considera que o passado é o indício do que ocorrerá no futuro, porém isso limita muito a ciência, pois nem tudo que ocorreu no passado continuará ocorrendo no futuro. O número de premissas para chegar a teoria aparentemente válida é limitada. De acordo Hodson (1982), colocar a observação como imparcial, como faz na indução, é falha, uma vez que cada indivíduo enxerga o objeto de forma diferente e dependentes de uma teoria.

Em contraste ao método indutivo, o filósofo Karl Popper (1982) defende o método dedutivo, o qual faz o caminho inverso do primeiro, ele parte de casos gerais que concluem em casos particulares. Segundo Chalmers (1993, p. 29), “Uma vez que um cientista tem leis e teorias universais à sua disposição, é possível derivar delas várias consequências que servem como explicações e previsões.” Essa citação pode ser exemplificada da seguinte forma: 1) Todos os corvos são negros (Premissa geral); 2) Eu possuo um corvo de estimação (Premissa específica); logo 3) O meu corvo de estimação é negro (conclusão lógica). Considerando as premissas verdadeiras, a conclusão torna-se necessariamente verdadeira (CHALMERS, 1993).

Contudo, Karl Popper (1982) a par dos problemas da indução, apresenta o falsificacionismo. Para Popper, se por um lado o acréscimo de casos particulares proposto pela indução não torna a hipótese geral mais forte, por outro lado, a busca pelo falseamento dessa hipótese geral é aquilo que de fato torna uma teoria ou hipótese mais científica, ainda que a ausência de

falseamento durante a pesquisa não ateste a verdade da hipótese (como pressupunha a indução) se não que apenas corrobora esta hipótese. Outro ponto do Popper contra a indução é que o Popper compreende que o lugar da teoria durante a observação.

O falsificacionista vê a ciência como um conjunto de hipóteses que são experimentalmente propostas com a finalidade de descrever ou explicar acuradamente o comportamento de algum aspecto do mundo ou do universo. Todavia, nem toda hipótese fará isto. Para fazer parte da ciência, uma hipótese deve ser *falsificável* (CHALMERS, 1993, p. 66-7)

Para o cientista falsificacionista, toda teoria precisa ser sujeita a falsificação, ou seja, ela precisa ter a possibilidade de ser falsa. Primeiro, o cientista apresenta uma teoria/hipótese/conjectura, depois, são postas a testes e experimentações em busca do seu falseamento. Se caso nesse teste a teoria venha a ser falseada, então ela será eliminada. Se, de outro modo venha a ser, experimentalmente corroborada (simplesmente não falseada) então ela é mantida até que seja falseada. Contudo, de acordo com o falsificacionismo, as conjecturas científicas ainda que não sejam definitivamente confirmadas por fatos, estes fatos podem mostrar que as proposições científicas estão erradas.

Porém, o método de Popper ainda enfrenta algumas dificuldades, uma vez que a teoria para ser falseada é fundamentada em testes e experimentações. Um problema enfrentado pela dedução é o descarte das teorias refutadas. Não podemos descartar uma teoria por ser falseada uma vez, pois no futuro ela pode ser válida, e/ou, encontrar validade nela posteriormente. Derek Hodson (1982) exemplifica essa problemática com a teoria de Copérnico (heliocentrismo e geocentrismo) que no início foi falseada, e, só foi aceita muito tempo depois por Galileu (HODSON, 1982).

Como uma alternativa ao método dedutivo, Imre Lakatos propõe a ideia de "Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica" (MPPC). Esse programa se caracteriza pela heurística negativa e heurística positiva (SILVEIRA, 1996). Na figura 1 é exposto uma representação do programa de pesquisa, que mostra a heurística negativa, a qual envolve o núcleo firme/duro do programa, que não pode ser refutado ou alterado. E a heurística positiva, que consiste no cinturão protetor do programa, o qual pode e deve ser alterado

dado um certo tempo. "A heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as 'variantes refutáveis' do programa de pesquisa, e sobre como modificar e sofisticar o cinto de proteção 'refutável'" (LAKATOS, 1979; p. 165 *apud* SILVEIRA, 1996, p. 3).

Para Lakatos a pesquisa científica se resume em um programa de pesquisa, no qual "o progresso é medido pelo grau em que a série de teorias leva à descoberta de fatos novos" (DEREK HODSON, 1982, p.5).

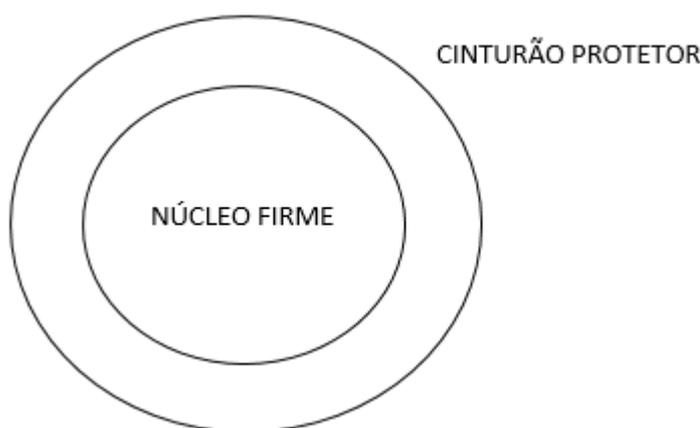


FIGURA 1: Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica (MPPC), proposta de Imre Lakatos.

Contudo, os programas de pesquisa "são julgados como *progressivos* ou *degenerativos* dependendo se eles levam à descoberta de novos fenômenos ou não" (DEREK HODSON, 1982, p.5). São progressivos quando o cinturão protetor se modifica para uma teoria aparentemente válida, e degenerativa caso não haja mudança ou desenvolvimento em seu cinturão. O problema apontado por Feyerabend, citado no texto de Derek Hodson (1982), é que Lakatos não definiu quanto tempo é necessário esperar para um programa ser considerado degenerativo, ou, até quando a heurística positiva pode ficar suscetível à mudanças (DEREK HODSON, 1982).

Uma outra alternativa que vai de encontro com a dedução Popperiana, é a tese de Thomas Kuhn: *A estrutura das revoluções científicas*. Kuhn propõe que os problemas científicos podem ser resolvidos a partir das *revoluções científicas* e da quebra de *paradigmas*, o qual Kuhn diz que os

Paradigmas são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência (KUHN, 1991, p.13 *apud* SOUZA, 2012).

De acordo com Michel Souza (2012), as revoluções científicas são o processo pelo qual uma teoria passa para ser considerada válida. Nesse processo, o paradigma que está submetido a uma crise e que traz consigo leis, teorias, explicações e conceitos implícitos como modo de validar ou não as propostas que vão surgindo pode acabar vendo a crise se agravar em função de um problema o qual ele foi incapaz de resolver. A partir daí haverá uma troca de paradigma, ou seja, como o primeiro paradigma não foi apropriado para a solução do problema envolto à teoria em ênfase, esse paradigma é trocado por outro que possa ser capaz resolvê-lo (DEREK HODSON, 1982).

Khun responde ao programa de pesquisa de Lakatos dizendo que seu processo de revoluções científicas é mais amplo e que seus paradigmas abrangem uma gama muito maior de fatores tais como: culturais, sociais, políticos e pessoais (MICHEL SOUZA, 2012). Contudo, na medida em que a proposta kuhniana possui flexibilidade ao perpassar por paradigmas diferentes, por outro lado, o paradigma que é deixado para trás, junto com o conjunto de teorias e leis são descartados juntamente com o paradigma.

A partir dessa discussão acerca dos diferentes métodos científicos propostos, é possível notar que todos eles possuem dificuldades teóricas e práticas, deixando uma dúvida que paira nesse momento do texto. Se todas as concepções de métodos científicos são falhas, o que os professores de ciências devem ensinar em sala de aula? Essa é uma questão muito debatida na filosofia da ciência, porém na educação científica brasileira esse assunto é pouco discutido.

Portanto, fica nítido que a ciência não possui um método científico claro e definido pelo qual levou e/ou leva a ciência ao progresso. Pelo contrário, de acordo com Feyerabend (2007) em sua obra “Contra o método”, a ciência caminha de forma independente de método, e além disso, atribui a concepção de “tudo vale”, a qual entende que não podemos descartar nenhuma forma de se fazer ciência e é necessário perpassar por várias delas para assim conseguir resolver o problema em cena. Feyerabend critica que a ideia de

utilização de regras e princípios imutáveis dado por um suposto método científico. Para ele, pensar assim atrapalha a pesquisa científica e o progresso da ciência na medida em que diminui a quantidade de alternativas que estão fora do conjunto de regras para a resolução do problema e construção da nova teoria, e então diz: “Sem caos, nenhum conhecimento. Sem uma destituição frequente da razão, nenhum progresso”. (FEYERABEND, 2007 *apud* DEREK HODSON, 1982).

Feyerabend defende uma filosofia anarquista, a qual Derek Hodson (1982, p.7) diz ser importante para o ensino de ciências, uma vez que a ciência caracteriza-se de modo mais “excitante” e “recompensadora”, colaborando para um ensino menos monótono e mais interessante para os jovens ou talvez futuros professores de ciências. Nesse contexto, a filosofia de Feyerabend corrobora para o combate à crise no ensino de ciências, na medida em que jovens interessados em ciência, buscam maior afinidade e conhecimento em tal área.

Desse modo, entendemos que a ciência está sendo ensinada de forma equivocada pela maioria das instituições de ensino. Seguindo esse contexto, o próximo tópico objetiva responder a primeira problemática exposta na introdução dessa pesquisa: essa imagem distorcida da ciência afeta a sociedade? O tópico seguinte pretende explanar o grau do impacto desse problema, evidenciando como ele afeta a educação formal, tanto em ensino básico quanto em ensino superior.

1.3 Imagens distorcidas de ciência: impactos negativos para a educação institucional enquanto ramificação da sociedade

A fim de responder a primeira pergunta, podemos lembrar daquilo que Rubem Alves escreveu: “A ciência não é uma forma de conhecimento diferente do senso comum. Não é um novo órgão. Mas apenas uma especialização de certos órgãos e um controle disciplinado de seu uso (ALVES 2003, p. 14)”. Em outras palavras Rubem Alves explicita que não há nada de especial na ciência e que ela pode inclusive tornar-se perigosa:

Veja as imagens da ciência e dos cientistas na televisão. [...] elas são eficientes para desencadear decisões e comportamentos. [...] cientista tem autoridade, sabe sobre o que está falando e outros devem ouvi-lo e obedecer-lhe. [...] O cientista virou um mito. E todo mito é perigoso, por que induz o comportamento e inibe o pensamento (ALVES 2003, p. 9-10)

Portanto, é possível perceber que há uma relação entre ciência e sociedade, ou seja, a ciência depende da sociedade e a sociedade depende da ciência, na qual a ciência afeta diretamente uma das esferas da sociedade: a educação. A esfera educacional é afetada negativamente enquanto um desdobramento das distorções sociais que decorrem da imagem inadequada da ciência quando ensinada, seja sobre a educação básica ou superior. No caso da educação básica, os alunos são afetados negativamente na medida em que seus professores de ciências não conseguem transmitir uma imagem adequada e completa do panorama do conhecimento e/ou conteúdo científico, fazendo com que esses alunos se distanciem de uma imagem adequada de ciência e, paralelamente, alimentando uma crise no ensino de ciências que, grosso modo, se dá pela supressão do senso crítico e da imaginação nos alunos. Sobre esta relação entre sociedade, educação e ciência, Feyerabend nos lembra de um profético trecho que Strindberg (1894) escreveu nos antibárbaros:

Uma geração que teve a coragem de livrar-se de Deus, de esmagar o estado e a igreja e de subverter a sociedade e a moralidade continuava todavia a curvar-se diante da ciência. E na ciência, onde deveria reinar a liberdade, a ordem do dia era 'acredite nas autoridades ou terá sua cabeça cortada' (STRINDBERG *apud* FEYERABEND, 2007, p. 36)

Essa autoridade é utilizada pelos professores em sala de aula na forma como o conteúdo é selecionado, como os argumentos em favor de uma teoria são apresentados e, por fim, como a concepção de natureza da ciência é levantada.

A construção de uma imagem inadequada para alunos do ensino básico, leva-os ao distanciamento e estranhamento destes para com a ciência, bem como o desinteresse. Uma das fontes, entre tantas, desta imagem distorcida muitas vezes ressaltadas na educação básica é a noção de que para ser cientista é preciso ter algum tipo de dom, um QI acima do normal, ou seja, o

famoso gênio (e logo, restringindo a atividade científica à poucos, dentre os quais ele não se encontra. Tal imagem aparece tanto nos livros didáticos, nas falas do professor, nos filmes, nos desenhos animados (O laboratório de Dexter), nas revistas, nos jornais e mídia televisa aberta. Além disso, estes alunos não vão ter a capacidade de reflexão alimentada, o que dificulta a participação destes futuramente em temas polêmicos e fundamentais para o desenvolvimento da sociedade, deixando seu futuro vulnerável às autoridades dos especialistas.

Por outro lado, é importante pensar como estão sendo formados estes professores que ensinam na educação básica e, aqui, como informado anteriormente, será abordado o assunto dentro da educação superior. Segundo Rahm e Charbonneau (1997) *apud* Soares e Scalfi (2014), os estudantes universitários por possuírem maior contato com cientistas em sua formação acadêmica podem parecer possuir uma imagem mais adequada acerca da ciência e dos cientistas, mas o que foi observado é que os estudantes universitários possuem uma imagem similar que os alunos mais jovens da educação básica. No ensino superior é onde deve-se frisar ainda mais esse assunto, pois é neste ambiente acadêmico que o futuro professor aprende o saber ensinar, o que ensinar e como ensinar.

Para isso, é importante que os professores estejam informados dessa problemática e estejam preparados para saber ensinar de maneira correspondente aos seus futuros alunos de maneira harmônica ao que é explicado por Reis *et al* (2006):

O docente como um formador de opinião deve de maneira adequada em espaços de educação formal e não formal discutir com seus estudantes sobre qual o papel das ciências naturais na vida do homem, como toda história de construção do conhecimento científico da humanidade se deu, aguçar o senso crítico do aluno para que de fato a educação científica ganhe o real sentido para a formação escolar. (REIS *et al.* 2006, pag 3)

Como futuros formadores de opiniões, os licenciandos necessitam de uma formação sólida e completa (de forma que estes consigam pensar e refletir sobre determinado tema e que tenha compreensão acerca da natureza da

ciência). Entretanto, segundo Fourez (2003) as universidades parecem não dar muita importância quando o assunto é formação de professores, podendo isso estar ligado com a falta da procura pelos cursos de ciências. O autor continua abrindo a seguinte reflexão ao modo de ensinar ciências: “adaptar-se ao pequeno mundo do aluno ou abrir-lhe um mundo mais amplo” (FOUREZ, 2003, p.122). Fica nas mãos do professor a função de mostrar o mundo, a grande sociedade, para que os alunos consigam pensar e refletir sobre tal, não os deixando fechados em seu mundo pequeno e cair em ideologias dominantes (ex.:cientificismo, empirismo, racionalismo, etc.), mas sim resistentes os efeitos ideológicos (FOUREZ, 2003).

Essa discussão pode ir muito mais além do que se imagina, pois é possível notar deficiências nos cursos de formação de professores, de maneira que muitos saem da academia com sérias deficiências sobre o que seja ciência e de que maneira se deve ensinar. Muitos concluem seus cursos com essa mesma imagem inadequada e cientificista e assim passam isso aos seus alunos, o que acarreta para a geração seguinte frutos de uma má qualidade educacional.

1.4 Considerações Finais

Para conseguirmos entender como a natureza da ciência contribui para a educação científica foi necessário desenvolver um debate de cunho filosófico para a compreensão básica da filosofia da ciência, para que assim o problema seja abordado com maior clareza e entendimento do tema em pauta.

Nesse capítulo foi explanado algumas concepções de vários filósofos da ciência acerca do trabalho científico. A proposta não foi definir ciência, pois ainda não há uma definição completa pela comunidade científica, entretanto, foi apresentada uma discussão sobre o cientificismo, para que assim consigamos perceber alguns erros comuns tratados na educação básica e superior. O forte positivismo lógico, o racionalismo de forma superior, a procura do único método científico capaz de colocar a ciência no mais alto patamar dos conhecimentos são algumas fortes discussões acerca das imagens inadequadas da ciências. Essa discussão mostra quanto a ciência é difícil e complexa de ser ensinada,

reforçando a necessidade dos professores de ciências se inteirarem nos debates científicos. Com isso, para tentar reverter esse quadro, e para é usada a epistemologia como contribuinte para uma visão mais adequada, passando pela discussão da NOS (Natureza da Ciência) no ensino de ciências com a história e filosofia da ciência para ajudar na aprendizagem e interesse dos alunos pelas ciências.

2. CAPÍTULO 2- CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA PARA A REDUÇÃO DE IMPACTOS NEGATIVOS NA FORMAÇÃO DO PROFESSOR-CIENTISTA

2.1 Introdução

A filosofia da ciência se faz necessário para o entendimento da problemática envolta da educação científica, uma vez que ela corrobora para a reflexão, criticidade, entendimento e maior percepção das discussões em volta. Para iniciar esse capítulo, foi necessário discutir sobre a filosofia da ciência e como ela implica na ciência como contribuinte para o desenvolvimento de uma sociedade e humanidade. Dito isso, como a filosofia da ciência, tida como norteadora da ciência, influencia positivamente nesta área de conhecimento, é possível imaginá-la como forte contribuinte também para o ensino de ciências, tendo em vista que o ensinamento desta impacta nos futuros cientistas que desenvolverão a ciência da forma que foi aprendida (imagem adequada ou inadequada da ciência).

Há hoje em dia uma crescente discussão mundial acerca do modo como se ensina ciências. O ensino de ciências adequado traz uma abordagem a qual consegue dar conta de muitos problemas sociais contribuindo para o desenvolvimento da sociedade. Contudo, para que isso aconteça, é preciso compreender diversos fatores, tais como: a crise no ensino de ciências, formação dos professores de ciências, perfil desejado do aluno de ciências (reflexivo ou tecnicista) e etc. De acordo com esse contexto, Krasilchik (2000) faz um panorama sobre as mudanças que ocorreram nos currículos do ensino de ciências no mundo desde a Primeira Guerra Mundial até os dias de hoje, e logo é percebido que essas mudanças são altamente influenciadas pela política, economia e indústria.

Contudo, nesse capítulo pretendemos explorar a Natureza da Ciência (NOS) como base para o ensino de ciências mais qualificado, colaborando com a diminuição das visões distorcidas da ciência e do cientista minimizando a crise no ensino de ciências. Nesse sentido, o autor Aduriz-Bravo (2012) diz que:

A NOS constitui uma perspectiva específica dentro dessa integração, quando se trata do diagnóstico, avaliação e remediação das chamadas 'imagens de ciência e do cientista' que estão presentes tanto nos estudantes quanto nos professores (Aduriz-Bravo, 2012, p.3, tradução nossa)

Noutros termos, o autor assume que há imagens distorcidas sobre a ciência e que a NOS pode ser uma proposta para combatê-la. De acordo com Mercè Izquierdo-Aymerich (2000) *apud* Adúriz-Bravo (2012, p.3), "é necessário que os professores de ciências nos perguntem o que a ciência é, se quisermos ensiná-la adequadamente." Logo, aponto alguns questionamentos: como vamos ensinar ciências biológicas, ciências sociais, ciências naturais e etc. se focarmos somente na parte específica? Se assim for, em qual momento é ensinado o que é ciência, como faz ciência, e por que fazer ciência? Esse é o objetivo da NOS, conhecer a natureza da ciência, através de caminhos como a história e a filosofia da ciência.

De acordo com Matthews (1995), já foi realizada uma série de conferências pelo mundo não só para incluir a história e filosofia nos currículos de ciências, mas também para compor a formação dos professores, os quais corroboram para a geração de um ciclo vicioso de imagens distorcidas. Dentre essas conferências, Matthews (1995, p.166) aponta que tais foram realizadas na Flórida (1989), Milão (1983), Munique (1986), Paris (1988), Cambridge (1990), Universidade de Oxford (1987). Isso mostra que não é somente uma discussão rasa sobre incluir uma pequena temática nos planos curriculares, mas sim uma questão bastante ampla e complexa discutida por todo o mundo há décadas. Para aprofundar ainda mais e justificar a importância dessa discussão, cito uma publicação britânica chamada Relatório Thompson (1918, p.3) *apud* Matthews (1995, p.188), a qual já dizia em 1918 (há um século atrás) "que algum conhecimento de história e filosofia da ciência deveria ser parte da bagagem intelectual de todo professor de ciências de escola secundária". Através desse trecho, é notório que a introdução da história e filosofia da ciência é discutida há exatamente 100 anos e, a partir disso, torna-se importante refletir o quão atrasado o Brasil continua nessas questões e o porquê.

Portanto, esse capítulo possui o simples objetivo de apresentar a visão da comunidade sobre a importância da natureza da ciência para o ensino científico, através da introdução da história e filosofia da ciência no ensino de ciências e na formação de professores de ciências.

2.2 A Natureza da Ciência na formação do professor de ciências

Ao ensinar ciências nos deparamos com vários conceitos complexos, fórmulas de difícil compreensão, conteúdos abstratos e nos damos conta que ensinar ciências não é uma tarefa nada fácil. Além de saber o conteúdo específico, o professor de ciências se preocupa em: tornar os conteúdos cognoscíveis pelos alunos, delimitar conteúdos mais importantes para a formação qualificada do aluno e, além disso, muitos encaram infraestrutura precária em certas instituições e ainda assumem a responsabilidade de tornar possível o futuro de cada indivíduo.

Para Praia *et al* (2007), o estudante, para obter uma formação científica adequada, é preciso estar imerso na ciência, ou seja, precisa inserir a ciência como uma cultura na vida dos estudantes e assim eles serão capazes de participar na tomada de decisões na sociedade. Entretanto, obter essa formação adequada não é simples, uma vez que as visões distorcidas não corroboram para isso, muito pelo contrário. Para isso, Praia *et al* (2007), diz que a mudança para esse problema está localizada na formação de professores e é, principalmente, neste ambiente acadêmico que a NOS é de suma importância para a obtenção de uma imagem mais adequada da ciência. Nesse sentido, Bell e Pearson (1994) *apud* Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) conclui que “se queremos mudar o que os professores e os alunos fazem nas aulas de ciências, é preciso previamente modificar a epistemologia dos professores”. Para argumentar esse trecho é colocado o senso comum como um dos maiores obstáculos para a formação adequada do ensino de ciências e que os professores estão focados meramente na transmissão do conteúdo e não no entendimento deste.

“Há mais em um professor do que apenas aquilo que se pode ver em sala de aula” (Matthews, 1995, p.188). É necessário que o professor de ciências

saiba não só apenas a teoria Darwiniana, as leis de Newton, mas é minimamente curioso que, os professores de ciências, tendo estes uma formação científica, não compreendam razoavelmente, a terminologia das palavras: leis, teoria, modelos, fatos, provas, “ou mesmo nenhum conhecimento da dimensão cultural e histórica de sua disciplina” (Matthews, 1995, p.188).

A formação de professores no Brasil precisa ser melhor considerada, são poucas as discussões ocorridas nesse ambiente, principalmente, sob bases filosóficas como contribuição para melhorar a qualidade do ensino. Em alguns países obtêm-se programas de avaliação do professor de ciências e dentre alguns dos critérios avaliados como bom professor inclui: saber mais do que os conhecimentos da disciplina, ir além da definição de verdade aceita pela área, saber explicar o porquê de aprender determinado conteúdo, perpassando não só pela sua área de ensino, mas também contextualizando os conhecimentos desenvolvidos (SHULMAN, 1986 *apud* MATTHEWS, 1995).

Para finalizar essa seção, Matthews (1995, p.189) expõe em seu artigo, páginas iniciais de um livro de 1929, que um professor de ciências bem sucedido é aquele que:

conhece sua própria matéria (...) lê muito sobre outros ramos da ciência (...) sabe como ensinar (...) é capaz de expressar-se claramente (...) possui capacidade de manipulação (...) é criativo tanto nas aulas teóricas como nas práticas (...) possui raciocínio lógico (...) tem um quê de filósofo (...) tem certas qualidades de historiador que lhe permitem sentar-se com um grupo de rapazes para falar das equações pessoais, das vidas e da obra de gênios como Galileu, Newton, Faraday e Darwin (citado em SHERRANT, 1983, p. 418 *apud* MATTHEWS (1995, p.189).

Seguindo essa concepção de professor bem sucedido, os conhecimentos sobre história e filosofia da ciência entram como fortes condutores para obtenção do êxito nessa área, uma vez que elas proporcionam maior entendimento sobre seu próprio conteúdo e enriquece o olhar perante o mundo, tornando o indivíduo não só capaz de atuar na tomada de decisões mas também o torna mais crítico e mais reflexivo sobre as diversas formas de conhecer o mundo.

2.3 História e Filosofia da ciência no ensino de ciências

Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) abordam que a natureza da ciência inserida na educação científica colabora na formação de cidadãos participantes e atuantes na sociedade. Eles acreditam que o ensino de ciências é muito mais complexo do que imaginamos e que a alfabetização científica, e em última instância, é um “mito irrealizável” (p.143), ou seja, jamais conseguiremos finalizar a tarefa de sermos alfabetizados cientificamente. Com isso, Praia *et al* (2007), discutem que sem a introdução da NOS no ensino de ciências o indivíduo torna-se incapacitado na tomada de decisões da sociedade. Eles continuam a discussão dizendo que o ensino de ciências é fundamentado pelos conteúdos conceituais e não os processuais, e que isso se dá devido à complexidade de compreensão da NOS e pelas divergências de concepções dos filósofos e sociólogos da ciência.

Contudo, é importante deixar claro que compreender a NOS é crucial para a formação de um professor-cientista, porém ela não é introduzida somente para esta finalidade. O ensino de ciências não deve ser direcionado somente para a formação de um cientista, os estudantes devem escolher os seus próprios caminhos. Seguindo a linha feyerabendiana (2007), uma educação geral é muito mais justa e isso dá autonomia para que os alunos fiquem livres para escolher o que fazer com tais conhecimentos adquiridos, logo, eles serão muito mais felizes e empenhados no que decidirem fazer no futuro.

A educação geral deve preparar o cidadão para *escolher entre* os padrões ou para encontrar seu caminho na sociedade, onde se incluem grupos dedicados a padrões vários, *mas ela não deve, em condição alguma, desvirtuar seu propósito, de modo a acomodá-lo aos padrões de um grupo determinado.* (FEYERABEND, 2007, p.338-9)

Seguindo esse contexto, Feyerabend (2007) admite que os alunos devem conhecer todas as formas de conhecimento e aspectos sociais possíveis, mas não é o papel do professor oferecer somente uma profissão, ou uma religião, ou uma filosofia, “esse ‘comprometimento’ deve ser o resultado de uma decisão consciente, com base em conhecimento razoavelmente completo das

alternativas e não *uma conclusão precipitada*” (FEYERABEND, 2007, p.339). Sobre isso, Matthews (1995, p. 187) diz que poderia ser até admissível ensinar os estudantes a serem cientistas se, somente se, os professores “tivessem uma noção razoável do que significa ser um cientista”, o que foi percebido que isso não acontece.

A história e filosofia da ciência traz para o ensino de ciências uma abordagem mais crítica, esclarecedora do próprio conteúdo, as quais se desenvolvem através da contextualização. Segundo Praia *et al* (2007), a história da ciência faz com que o conteúdo se torne mais atrativo e de fácil assimilação, uma vez que é contada a história daquele determinado assunto. Seguindo essa abordagem a história da ciência faz com que sejam expostos erros e acertos da ciência, assim, “alguns episódios na história das buscas científicas são bastante significativos para a nossa herança cultural” (Matthews, 1995, p.168), além de mostrar que a ciência não é construída de forma linear, mas sim de forma desordenada. Conhecendo toda a história de como aquela teoria se estabeleceu, é possível que as imagens da ciência e do cientista se tornem menos inadequadas. Porém, alguns professores reclamam que há dificuldade de introduzi-la nos currículos de ciências, pois eles não conseguem dar conta da elevada quantidade de conteúdo a ser ensinado, e que a introdução da história da ciência irá causar um atraso de conteúdo significativo para os alunos. Portanto, é importante esclarecer que “os currículos hoje, são entupidos, porém mal-nutridos” (Praia *et al* 2007, p. 168), ou seja, é preciso que haja uma análise cuidadosa dos conteúdos mais importantes e dos meios para o ensino destes conteúdos de modo dirigido desenvolvimento do aluno, para que assim seja alcançado o objetivo de formar o perfil de aluno pré-estabelecido.

Nesse sentido, a filosofia da ciência contribui para a reflexão dos conteúdos e entender qual o sentido de estar estudando ele. Questionar, duvidar, discutir, refletir, criticar, todos esses são aspectos dos quais são propostos pela filosofia da ciência, corroborando para que haja mais interesse nas atividades científicas. Para uma maior clareza sobre a importância da história e da filosofia no ensino de ciências Matthews (1995) aponta:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p.165)

Portanto, apesar de tal demonstrar grandes contribuições para o ensino de ciências, alguns autores acreditam que a introdução da HFC nos currículos pode atrapalhar o entendimento dos alunos, na medida em que muitos professores se aproveitam para simplificar seu conteúdo e (re)formular a história da maneira que acham mais pertinente e sempre ‘puxando o barco’ de acordo com seus interesses, omitindo algumas questões e até mesmo falsificando-as, e então Klein (1972) concluiu que “é melhor não se usar história do que usar-se de má qualidade” (*apud* MATTHEWS, 1995, p.173).

Contudo, Matthews (1995) discute que essa é uma questão muito complexa e que sofre influência indo de encontro com os padrões sociais de cada historiador: “visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas, e num grau ainda maior, sofrem influência da teoria da ciência, ou da filosofia da ciência, em que o historiador acredita” (MATTHEWS 1995, p.174). E a partir disso se faz necessário o casamento entre a história e a filosofia para que assim haja uma reflexão maior a respeito do conteúdo a ser abordado contribuindo para uma melhor seleção dos conteúdos a serem ensinados. Dito isso, Matthews (1995, p.174) conclui: “a filosofia da ciência é vazia sem a história, então a história da ciência, sem a filosofia, é cega.”

Sendo assim, compreender sobre essas questões e entender que elas estão sendo debatidas mundo a fora há décadas, nos faz assumir que ensinar ciências é trabalhoso e ao mesmo tempo inspirador. Matthews (1995) afirma que, seguindo essa proposta, o *start* para o combate à crise no ensino de ciências foi dado. Logo, é importante debater sobre essa problemática e pensar

em diversas possibilidades de combatê-la, uma delas é indicada pelo autor Michael Polanyi, também adepto da introdução da HFC nos currículos de ciências, colaborando com a reflexão dos conhecimentos implícitos e explícitos, explorando a importância do primeiro para a construção do segundo.

2.4 Considerações finais

Nesse capítulo foi mostrado um pouco sobre a natureza da ciência e como ela é importante para o trabalho científico. São apontados alguns argumentos de filósofos da ciência, os quais diferem em pontos de vista sobre o tema, para que assim essa pesquisa possa proporcionar uma reflexão e instigar a criticidade sobre o tema. A história e filosofia da ciência é posta em pauta há um século, o que nos faz refletir que essa não é uma discussão simplista e rasa, mas sim um debate complexo e necessário para ser discutido em todos os âmbitos educacionais. Contudo, além disso, na filosofia da ciência, também é discutido um tema abordado pelo filósofo Michael Polanyi, o qual aponta que o conhecimento tácito é fundamental para o ensino de ciências, portanto, esta é mais uma forma de melhorar e contribuir para amenizar a crise no ensino de ciências.

3. CAPÍTULO 3- O CONHECIMENTO TÁCITO NO ENSINO E NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS

3.1 Introdução

O ensino de ciências nos tempos atuais está passando por uma crise, a qual já vem sendo discutida por vários pesquisadores (FOUREZ, 2003; MATTHEWS, 1995; FEYERABEND, 2011). Segundo Fourez (2003), essa crise possui como autores: os alunos, os professores, os pais de alunos, os cidadãos e o próprio sistema econômico (FOUREZ, 2003). Essa crise está motivada tanto pela forma como se ensina ciências, quanto pela evasão dos alunos nos cursos de ciências, os quais, segundo Fourez (2003) encontram nos cursos fórmulas e conteúdos distantes daquilo que os importaria em sua vida e para a sociedade. Logo, o ensino de ciências atual não traz essa abordagem e está caracterizado de forma técnica e mecânica, dificultando a aprendizagem e o interesse do aluno pelos cursos de ciências, uma vez que fórmulas e conceitos complexos são colocados em sala de aula sem a devida discussão, fazendo com que os alunos sejam quase obrigados a aprender de forma meramente mecânica.

Considerando que há muitas fontes para essa crise, uma delas é o processo de formação de professores. Não se reflete sobre como é este processo, nem como os licenciandos estão sendo formados, de forma técnica ou reflexiva. O problema se estende ainda mais quando pensamos nisso como um ciclo, ou seja, o ensino superior reflete na qualidade do ensino básico e isso vai passando de geração em geração.

De acordo com esse contexto, buscamos compreender a qualidade da formação dos professores de ciências, a qual necessita de uma melhor compreensão sobre NOS - *Nature of Science* (ADURIZ-BRAVO e ARIZA, 2012). Como objetivo para maior abordagem e entendimento desse tema, essa pesquisa inclui a noção de conhecimento tácito do Polanyi, no livro *Conhecimento Pessoal* (1958), como um elemento enriquecedor para o ensino de ciências em seu viés epistêmico e metodológico e, portanto, como uma proposta de auxílio contra alguns problemas vindos da crise do ensino de ciências. Dito de maneira concisa defendemos a ideia de que a noção de

conhecimento tácito poderá contribuir tanto para uma melhor compreensão do NOS, quanto para o combate à crise do ensino de ciências.

Este tema sobre um ensino de ciências e a compreensão de uma imagem adequada da natureza da ciência, guiada exclusivamente por uma concepção racionalista asséptica e objetivista mecânica, tem sido largamente estudada. Porém as contribuições trazidas pela noção de conhecimento tácito do Polanyi (1958) para o problema citado não são comumente investigadas, mas isso não significa que não seja importante, que não requeira atenção e menos ainda significa que foi ignorada por grandes filósofos da ciência. Um exemplo claro da necessidade e justificativa desta pesquisa pode ser encontrada na seguinte citação do Paul Feyerabend (1991):

O conhecimento como é definido pelos racionalistas—conhecimento objetiva e emotivamente asséptico, cujos ingredientes possam ser todos registrados em enunciados claros – não é o único gênero de conhecimento, nem mesmo na ciência. Um experimentador deve ter familiaridade com a própria aparelhagem. Esse “conhecimento tácito”, como o denominou Michael Polanyi, é o resultado de uma longa experiência; só raramente ela é explícita e está pressuposta, não eliminada, pelo procedimento mais formal. [...] Os racionalistas queriam substituir toda essa riqueza por algo manejável. Nós, isto é, os cidadãos que pagam os salários deles, devemos ficar de olho neles, interferir quando se lançam demasiado nessa direção (FEYERABEND, 1991, p.81).

Feyerabend (1991) critica a tradição racionalista crítica herdeira de Popper e daqueles herdeiros desta tradição, tal como se tornou parte da filosofia e da ciência. Ademais, o conhecimento tácito enquanto uma concepção presente na atividade epistêmica da ciência é algo combatido por essa tradição *formal* de ciência. Este argumento é explicado no trecho acima quando Feyerabend escreve os termos “raramente explícito e pressuposto”, ou seja, do ponto de vista do procedimento científico formal (racionalista, materialista, objetivista) o conhecimento tácito normalmente está implícito e é rejeitado por essa forma usual de fazer ciência.

Contudo, se no próprio fazer da ciência é possível utilizar o conhecimento tácito para a resolução de problemas, criações de leis e teorias, a citação ainda nos permite pensar que também seja possível utilizar a noção de conhecimento tácito no ensino de ciências. O motivo para tanto, ao que parece se depreender

tanto do comentário de Feyerabend quanto do próprio conceito de conhecimento tácito é a maneira contextualizada, coerente, integrada e conjunta com que atua esse conhecimento pessoal defendido pelo Polanyi no processo tanto de ensino, quanto de aprendizagem (OLIVEIRA, 2000, p. 5 e 6). Nesse mesmo contexto, podemos citar outros pensadores que concordariam com esta associação e possível contribuição do conhecimento tácito para o ensino de ciências. Um exemplo é o pedagogo Donald Schon (1987, 1997, 2000) que traz essa abordagem para o ensino científico *apud* Sugui (2008). Além deste, Claudio Saiani se inspirou em Schon e no filósofo John Dewey para fazer esta associação, principalmente, por causa da noção de experiência do Dewey que, interessante, se assemelha à noção de experiência e conhecimento tácito na citação do Feyerabend (SUGUI 2008).

Essa proposta citada contribui positivamente tanto para uma possível resolução da crise no ensino de ciências tanto para o alfabetismo científico, o qual fornece subsídios para participação em debates e polêmicas que a sociedade enfrenta, melhorando a argumentação e contribuindo para que as pessoas saibam lidar com situações do dia a dia. Portanto, é possível constatar a necessidade de buscar soluções para elevar o aprofundamento sobre o conhecimento produzido pela ciência, através do conhecimento tácito, e assim, tornar estudantes e docentes mais reflexivos e participantes das decisões que dão rumo ao progresso da sociedade.

Esse capítulo não tem como objetivo explorar todas as relações e nem mesmo todas as contribuições ou possíveis abordagens da noção de conhecimento tácito para o ensino de ciências, mas sim detemos apenas em sua compreensão, apontando mais uma saída como contribuição positiva para o ensino de ciências. Deste modo, traçamos no tópico 3.2 *Ensino de ciências: propostas e perspectivas*, um panorama sobre a compreensão da NOS e da crise do ensino de ciências e; no 3.3 *O conhecimento tácito como uma perspectiva investigativa para o ensino de ciências*, as conexões sobre o conhecimento tácito com os elementos elencados.

3.2 Ensino de Ciências: Propostas e Perspectivas

Historicamente, o ensino científico começou a ser concebido como relevante para a sociedade desde 1620 pelo filósofo Francis Bacon, o qual dizia ser importante para preparar as pessoas intelectualmente por meio do ensino da ciência (SASSERON e CARVALHO, 2011). Sasseron e Carvalho (2011) continuam citando outro filósofo chamado Herbert Spencer, o qual enfatiza “que a sociedade depende dos conhecimentos que a ciência constrói, e então é preciso que esta mesma sociedade saiba mais sobre a ciência em si e seus empreendimentos” (SASSERON e CARVALHO, 2011, p. 62).

A princípio, em meados da década de 50, no ensino de ciências “pretendia-se desenvolver a racionalidade, a capacidade de fazer observações controladas, preparar e analisar estatísticas, respeitar a exigência de replicabilidade dos experimentos” (KRASILCHIK, 2000, p.89). Contudo, o ensino de ciências estava fundado numa das principais ideias do positivismo, a saber, a neutralidade da ciência. Como consequência, os produtos advindos desta concepção de ciência adquiriam já desde a formação do cientista um aspecto quase que exclusivamente bom e benéfico para a sociedade e para a própria ciência como, por exemplo, a bomba atômica, os transgênicos, ou, o próprio modelo biomédico. De acordo com Krasilchik (2000), entre as décadas de 60 à 90, a sociedade obteve uma explosão de acontecimentos como, poluição, revolta estudantil, efeito estufa e etc. Problemas sociais que começaram a ser discutidos, e gradativamente incorporando os aspectos sociais, econômicos e políticos no ensino de ciências. Krasilchik (2000, p.89) continua, dizendo que após a guerra fria, houve uma corrida tecnológica devido aos problemas econômicos, “levando a exigir que os estudantes tivessem preparo para compreender a natureza, o significado e a importância da tecnologia para sua vida como indivíduos e como membros responsáveis da sociedade” (KRASILCHIK, 2000, p.89). Noutros termos, fica claro que mais uma vez aponta-se para a ciência em si a única e solitária solução dos problemas da humanidade.

Devido a esse contexto, surge a alfabetização científica, a qual é introduzida com o objetivo, segundo a linha freiriana (1980), de propiciar maior domínio lógico sobre o mundo que o cerca, promovendo não só a capacidade

intelectual de leitura e escrita, mas também maior capacidade crítica e reflexiva, conectando seus significados com sua experiência cotidiana, deixando os indivíduos capazes de atuar na sociedade (FREIRE *apud* SASSERON e CARVALHO, 2011, p. 61). Contudo, no Brasil, os planos curriculares para o ensino de ciências obteve diversas mudanças da década de 50 até os dias atuais. Em 1964, com a ditadura militar, foi retirado o componente curricular de filosofia das escolas (com ressalva das escolas militares), tornando o ensino puramente de disciplinas específicas sem discussões sobre os impactos sociais, mesmo na época em que os problemas sociais começaram a ter destaques no mundo. A Filosofia volta a ser obrigatória juntamente com a sociologia no ano de 2000. Porém, mais tarde, em 2017 é retirada novamente, colocando-a como componente optativo.

O resultado dessas mudanças aliado a uma visão otimista de ciência produziu um ensino e formação científica que não apenas ignora os aspectos sócio-científicos como também relegou a condição de terceira importância qualquer proposta de formação do cientista que fosse pensada fora dos marcos de uma ciência unitária, objetiva, iluminista, racionalista e materialista.

Estes aspectos, muitas vezes associados equivocadamente à ciência, foram integralmente transferidos para o processo de ensino e formação do cientista. Esperava-se do professor e do cientista o mesmo perfil final sobre sua concepção de ciência e esperava-se da formação de ambos os mesmos procedimentos. Com isso, alguém que, por exemplo, não reduzisse a possibilidade de conhecimento e a própria realidade à condição da existência material ou não reduzisse o ensino do conhecimento científico à aspectos objetivos, por exemplo, a inserção de um conhecimento pessoal e/ou imaterial, estaria fadado ao fracasso educacional e epistêmico do professor e do cientista. De acordo com Aduriz-Bravo e Ariza (2012), há duas décadas é discutido a introdução da NOS - *Nature of Science* no ensino de ciências, bem como culminou “em um consenso já indiscutível, dentro da nossa comunidade, sobre a necessidade de estabelecer diálogos plurais e frutíferos entre as chamadas *metaciências* e educação científica (ADURIZ-BRAVO e ARIZA, 2012, p.2)”. Estes tornam o ensino mais completo e reflexivo, contornando assim, a crise no ensino de ciências citada por Gérard Fourez (2003), Michael

Matthews (1995), Paul Feyerabend (2007), Aduriz-Bravo e Ariza (2012), porém no Brasil, há uma hesitação nesse quesito e percebemos que o Brasil está atrasado cerca de 20 anos nessa discussão.

Dito isso, o desuso do modelo de formação acima apresentado nos conduz a seguinte pergunta imediata: de que maneira afinal, um conhecimento pessoal e/ou inexpressável linguisticamente contribuiria para o ensino e formação epistemológica do professor e do cientista ao passo em que também agregaria nesta formação uma atenção aos aspectos sociais e na tomada de decisão dos cidadãos? Parte da resposta reside na noção de conhecimento tácito do Michael Polanyi.

3.3 O conhecimento tácito como uma proposta para o ensino de ciências

3.3.1 Conhecimento Tácito

O conhecimento tácito é uma perspectiva abordada pelo filósofo e físico químico Michael Polanyi, o qual se formou em medicina na universidade de Budapest em 1913 e doutor em química em 1917. Trabalhou como médico no exército Austro-Húngaro na primeira guerra mundial. Após a guerra se tornou um dos mais influentes físicos químicos da Alemanha, porém com a subida de Hitler ao poder, Polanyi migrou para a Inglaterra e foi professor na Manchester University, pois era judeu (JACOBS, 2000). Dentre as suas obras, foi utilizada como principal fonte para a construção deste trabalho o seu livro *Personal Knowledge: Towards a Post Critical Philosophy (1952-1958)*.

Polanyi critica em seu livro a objetividade excessiva imposta naquela época, a qual afirma “ser uma ilusão e, na realidade, um ideal falso” (POLANYI, 1958, p.19), ele ainda diz que as ciências exatas são constituídas de regras definidas e empiricamente testadas, porém ele completa que desse modo não torna possível o julgamento pessoal, julgamento esse que Polanyi considera fundamental para a prática científica. Polanyi entende que somente o conhecimento explícito, o qual é predominantemente exposto pela escrita e linguagem, não dá conta da compreensão ampla do mundo (SUGUI, 2008). Contudo, ele deixa claro que suas críticas são acompanhadas por alternativas, as quais acredita, ser merecedoras de atenção, como o conhecimento pessoal.

Compreender Polanyi é uma tarefa árdua, pois suas leituras são densas e de difícil compreensão, por esse, entre outros motivos, o autor é pouco discutido e debatido nas universidades e na sociedade em geral (JACOBS, 2000).

O conhecimento tácito é um conhecimento que está altamente implícito, e subjetivo dentro dos indivíduos, ou seja, algo que não conseguimos expressar linguisticamente, ou até mesmo percebê-lo explicitamente, isso explica a sua frase mais famosa, “sabemos mais do que podemos dizer” (POLANYI, 1958, p.70). O título da sua obra *Conhecimento Pessoal*, já deixa claro que trata de um conhecimento o qual depende muito de quem está aprendendo, ou seja, a sua aprendizagem é pessoal e oriunda por elementos humanos: “expresso no juízo, habilidade, ditado, paixão, compromisso e outros fatores pessoais – é o sangue vital que percorre toda parte da formação científica, investigação e descoberta” (JACOBS, 2000, p.3 e 4).

Segundo Cardoso e Cardoso (2007), Polanyi desenvolve o conhecimento tácito baseado em três pressupostos:

i) a verdadeira descoberta não pode ser explicada por um conjunto de regras ou algoritmos; ii) o conhecimento é não só público, mas também pessoal, no sentido em que é construído pelos indivíduos e, conseqüentemente, engloba as suas emoções e paixões. Neste sentido, o título *Personal Knowledge* pretende enfatizar que, mesmo na ciência, o intelecto se encontra ligado ao contributo “apaixonado” do conhecimento pessoal, sendo as emoções um dos seus componentes essenciais; e, por fim, iii) o conhecimento subjacente ao conhecimento explícito é mais primário e fundamental, dado que todo o conhecimento é tácito ou nele fundado (CARDOSO E CARDOSO, 2007, p. 42)

Segundo Oliveira (2000) e Jacobs (2000), Polanyi utilizou a psicologia Gestalt para basear sua concepção. Utilizando a percepção dos diversos particulares (tema proximal) para obter uma visão geral do todo (tema distal). Nesse contexto, se o foco for um dos particulares, já muda todo o conteúdo a ser aprendido e não torna possível a aprendizagem. Logo, no conhecimento tácito, o indivíduo não percebe quais são as particularidades, pois o foco está na integração e interiorização destas, formando o todo (OLIVEIRA, 2000). Segundo Polanyi (1966):

Estendemos continuamente o nosso corpo no mundo, incorporando conjuntos e particularidades que associamos a entidades que nos parecem razoáveis. Desta forma, criamos um universo interpretado, populado de entidades cujas particularidades tenham sido por nós internalizadas na intenção de compreender os seus significados e dar forma a entidades coerentes (Polanyi 1966, p. 29 *apud* Pereira 2013)

Podemos exemplificar através da habilidade de dirigir, que se focarmos somente no pedal, ou somente nas marchas, não conseguimos conduzir o veículo. “Portanto, o que se chama tácito aqui, está ligado a essa interiorização dos diversos particulares de uma habilidade que nos permite que a realizemos” (OLIVEIRA, 2000, P. 5).

Polanyi separa em seu livro, um capítulo sobre as competências hábeis, pois ele acredita que estas são relevantes para o conhecimento tácito: “A ciência opera através da competência hábil do cientista e é através do exercício dessa competência que este dá forma ao seu conhecimento científico” (POLANYI, 1958, p.51). Nessa perspectiva, Polanyi exemplifica esta concepção com a habilidade do nadador flutuar e a habilidade do ciclista ao se equilibrar na bicicleta, as quais na primeira o nadador não precisa, e, na maioria das vezes não sabe que essa flutuação se dá devido a regulação de sua respiração, e a segunda habilidade, o ciclista ao tombar para a direita, puxa o guidão para a esquerda, para que assim mantenha o equilíbrio, porém muitos ciclistas não conhecem suas leis e teorias por trás para conseguir manusear a bicicleta. (POLANYI, 1958, p.51). Além disso, a ideia de conhecimento tácito não está somente ligada às habilidades motoras, mas também às habilidades cognitivas como modelos mentais: “esquemas, paradigmas, perspectivas, crenças e pontos de vistas através dos quais os indivíduos percebem e definem o seu mundo” (FILHO, 2009, p. 23)

3.3.2 O Conhecimento Tácito no ensino de ciências

Seguindo esse contexto, no âmbito educacional, o conhecimento tácito pode ser de grande valia na medida em que contribui para novos pontos de vista, um olhar mais crítico sobre a realidade, e uma aproximação dos estudantes para com os cursos de ciências, fazendo com que eles

compreendam de forma mais ampla e clara sobre o mundo. O autor Donald Schön percebeu como o conhecimento tácito estava obtendo significados positivos no campo empresarial, e com isso, buscou trazê-lo para o âmbito educacional (SCHÖN, 2000 *apud* SUGUI, 2008). No Brasil, Claudio Saiani publica um livro intitulado *O Valor do conhecimento Tácito: A epistemologia de Michael Polanyi na escola* (2004), o qual aborda uma forma de ensinar 'aprender-fazendo'. Abordagem essa muito discutida por Schön (2000) e pelo filósofo Dewey (SUGUI, 2008).

Segundo Jacobs (2000), o conhecimento tácito é um modo de tratar sobre a natureza da ciência no ensino de ciências. Ele ainda afirma que para a educação científica acontecer, uma abordagem sobre a natureza da ciência é indispensável. Ao eliminá-la, "seria apresentar aos alunos um conjunto de afirmações de verdade cujo status epistêmico está fechado à avaliação e, assim, reduzir a educação científica à iniciação à um conjunto de dogmas" (JACOBS, 2000, p.1).

De acordo com Sugui (2008, p.10), Saiani discute o conhecimento tácito nos seguintes segmentos: percepção, criticidade e descoberta, os quais contribuem positivamente na construção do conhecimento científico. Contudo, os elementos que envolvem melhor compreensão da natureza da ciência, constitui-se em maior envolvimento dos alunos com a teoria abordada, problematizando-as elencadas com críticas pessoais e obtendo maior interação e socialização das diferentes ideias e pensamentos com os estudantes (SUGUI, 2008). O que nos leva quase que automaticamente, à utilização da história da ciência como um potencializador para esse envolvimento do conteúdo científico com o estudante, proporcionando uma visão mais ampla e reflexiva.

Nesse sentido, torna difícil a compreensão de alguns conteúdos científicos como a taxonomia, a seleção natural, diagnóstico de doenças, os quais necessitam do uso de conhecimentos não-articulados. A taxonomia envolve um conjunto de regras para a identificação das espécies, as quais depende do modo de como o professor está descrevendo. Segundo Oliveira (2000, p.6), o conhecimento tácito envolve o quadro interpretativo do aluno para com o conteúdo, o qual não é articulado,

O estudante de ciência assimila esse referencial e através dele dá sentido a experiência que vivencia ou observa. Como diz Polanyi, esse dar sentido a experiência é um ato que envolve talento, habilidade, é um ato pessoal que implica o cientista no conhecimento resultante (OLIVEIRA, 2000, p.6).

Uma característica da forma de comunicação do conhecimento tácito é a utilização de exemplos para a compreensão dos conteúdos e isso se diferencia do conhecimento articulado, pois este se dá por descrições explícitas (OLIVEIRA, 2000). Contudo, a educação científica voltada para esse viés nos permite maior possibilidade de conhecimento sobre o mundo e tornar as ciências (física, química e biologia) mais acessíveis estimulando maior desejo dos alunos para esse tema, contribuindo para uma imagem com menos vícios científicistas que surgem com a noção racionalista de conhecimento científico.

3.3.3. Diálogo entre o Conhecimento Tácito e uma imagem de natureza da ciências mais adequada para educação científica e ensino de ciências

Formar um professor-cientista envolve entender vários aspectos e elementos que são favoráveis para sua formação. Primeiramente, pensamos, qual perfil de professor-cientista precisa ser formado? Esse perfil traz contribuições para o desenvolvimento da sociedade e humanidade? Compreender como procede a ciência não é nada fácil, porém, o mais perturbador é ver que no Brasil não existe essa discussão e que os professores- cientistas estão sendo formados sem a mínima fundamentação de como desenvolvê-la. Parece um pouco estranho falar desta maneira, mas os estudantes de ciências (seja ensino básico ou universitário) não conseguem entender, muitas vezes ignoram, a importância da natureza da ciência para a aprendizagem das ciências e a colocam como inferior às disciplinas específicas.

Entender como o conhecimento tácito é benéfico para o ensino de ciências abre portas para o aprendizado mais adequado do ensino de ciências, ou seja propicia outra imagem para a educação científica: mais crítica, com mais espaço de debate e enfrentamento de estereótipos, melhor entendimento

do processo de aprendizagem, pois através do conhecimento tácito é possível entender o mundo de forma pessoal e individualizada. Para melhor entendermos, imaginamos o conhecimento como um iceberg, o qual sua ponta visível seria o conhecimento explícito “que compõe a cultura formal, que pode ser expresso em palavras, fórmulas ou diagramas, ou seja, que é passível de ser sistematizado e transmitido em linguagem formal” (FRANÇA e BENETTI, 2009, p.3123) e a parte submersa seria o conhecimento tácito, o qual é a base e fundamenta todo o conhecimento explícito. Segundo França e Benetti (2009), para Polanyi o conhecimento tácito e explícito não são opostos, mas sim complementares.

A compreensão de conhecimento científico nos moldes do Polanyi por si só abre possibilidades novas e estimulantes para ensinar e aprender ciências. Conhecimento para Polanyi tem um aspecto explícito e implícito e ao nos focarmos apenas nos mecanismos explícitos e racionais tornamos mais difícil o ensino de um conteúdo e o mesmo ocorre com a atividade científica ao ser ensinada. Por isso, formar um professor-cientista e formar alguém que entende ou ao menos vislumbra estas preocupações a fim de minimizá-las é crucial.

Podemos refletir no meio da ação, sem interrompê-la [...] e ainda se pode interferir na situação em desenvolvimento; nosso pensar serve para dar nova forma ao que estamos fazendo, enquanto ainda o fazemos. Eu diria, em casos como este, que refletimos-na-ação (SHÖN, 2000, p. 32 *apud* SUGUI, 2008).

O que Shön (2000) *apud* SUGUI (2008) expõe é o que o conhecimento tácito implicitamente proporciona elencado ao conhecimento científico. O ato de refletir e aguçar a criticidade desenvolve no aluno maior interesse nas ciências e maior facilidade na aprendizagem do conteúdo. Segundo Sugui (2000, p. 44), o conhecimento tácito torna-se importante na educação na medida em que i) ultrapassa limites impostos pela instituição escolar, ii) faz com que alunos e professores percebam como os estudos podem ser enriquecedores com novos pontos de vista e iii) aguça a sensibilidade e a percepção, trazendo paixão para a sua pesquisa.

3.4 Considerações finais

Nesse capítulo, foi discutido uma concepção ainda pouco estudada, mas que possui grandes contribuições para o ensino de ciências. Michael Polanyi desenvolve uma concepção, a qual nos faz enxergar aquilo que por muitas vezes passa por despercebido, colocando em ênfase o nosso conhecimento pessoal. O conhecimento tácito não é somente uma forma a mais de complementar o ensino, mas sim uma questão basilar e fundamental, a qual é a partir dela que é desenvolvido todo o resto do conhecimento explícito. Portanto, fica claro que a relação entre o conhecimento tácito e o ensino de ciências é favorável para o ensino científico e que contribui positivamente para a formação do professor-cientista, uma vez que os fatores supracitados são indispensáveis para a educação científica mais adequada. Polanyi percebeu que o nosso conhecimento pessoal é indispensável para o trabalho científico, portanto, se é proveitoso para a filosofia das ciências, pode ser proveitoso também para o ensino de ciências.

CONCLUSÃO

Essa pesquisa contribui para uma reflexão sobre o ensino científico, proporcionando debates e discussões de como ela procede ou deveria proceder. Por muitas vezes, no âmbito educacional essa discussão é passada por despercebida e, logo, alguns professores-cientistas não conhecem ou não sabem em que pé está este debate. O Brasil enfrenta grandes problemas nos dias atuais e um deles está pairado ou repousa na educação. A corrupção invade essa esfera educacional uma vez que, já abordado no capítulo 1, existe uma conexão entre política, educação e sociedade, ou seja, não existe educação sem política. Dito isso, é possível perceber que um dos elementos fundamentais para a formação de um professor-cientista é a politização destes, noutros termos, para uma formação adequada é preciso que os professores sejam altamente politizados. É necessário que estes entendam e discutam sobre política, conseguindo assim, ter ciência e responsabilidade na tomada de decisões.

Dito isso, essa pesquisa proporciona uma reflexão sobre a natureza da ciência e como ela é importante para a formação do professor-cientista. Por outro lado, nos faz refletir o motivo pelo qual, no Brasil esse tema é pouco abordado uma vez que há inúmeros estudos em todo o mundo mostrando suas contribuições e seus debates entre diversos filósofos da ciência. Além disso, há instituições preocupadas com a qualidade dos professores de ciências, como o Projeto Nacional de Avaliação de Professores nos Estados Unidos (MATTHEWS, 1995), o qual além de objetivar o aumento da qualidade dos professores de ciências, Shulman (1986, p.9), responsável pelo programa, também insiste que o professor *“vá além do conhecimento de fatos ou conceitos da área; requer que se compreenda as estruturas da matéria”* (SHULMAN, 1986, p.9 *apud* MATTHEWS, 1995, p.189). Portanto, como tratado no capítulo dois, percebemos que esse assunto é abordado exatamente 100 anos atrás na publicação britânica Relatório de Thompson em 1918, e no Brasil nada se avança no que diz respeito natureza da ciência nos currículos dos professores de ciências.

Devido à essa ausente discussão, os indivíduos e principalmente os professores de ciências desencadeiam uma ideia cientificista acerca da ciência, implicando negativamente à educação científica, gerando grandes impactos na sociedade. A sociedade, a ciência e a educação estão conectadas, tornando-as principais autoras desse impacto, no qual a ciência influencia diretamente no campo educacional que faz parte da sociedade. Dentro desse campo o ensino básico e o ensino superior sofrem desqualificação na medida em que são reproduzidas imagens distorcidas sobre a ciência, o que influencia no tipo de formação que os indivíduos da sociedade estão tendo ou quais tipos de pessoas estão formando (reflexivos, com capacidade argumentativa, cidadãos que pensam no próximo, contemplando a ética e a moral ou meros reprodutivistas não pensantes e fáceis de ser manipulados).

Não é possível mensurar com precisão matemática quanto ao tamanho desse impacto para a sociedade, mas está claro que os impactos negativos são enormes (atravessando gerações), notando que são impactos cíclicos (uma geração transmite a outra) e é preciso estar atentos para mudanças. O começo de uma mudança pode ser feito em âmbitos educacionais, na introdução da natureza da ciência nos currículos de ciências como já fora discutido e através do entendimento e abordagem do conhecimento tácito trazido por Polanyi. Este defende não só a abordagem da história e da filosofia da ciência nos currículos de ciências, mas também o entendimento e apropriação do conhecimento tácito na aprendizagem como uma forma basilar para a compreensão dos conteúdos científicos, ajudando na falta de significados de vários conceitos complexos, fórmulas sem sentido e principalmente, no interesse do estudante pelo conteúdo trabalhado. Como visto no capítulo três, o conhecimento tácito fica escondido dentro dos indivíduos e cabe ao professor saber explorá-lo no aluno. Para isso é preciso que os professores saibam que há essa discussão, para que assim possam tornar o ensino muito mais contextualizado e promissor.

Contudo, o professor-cientista revela para a sociedade uma responsabilidade dantesca, na medida em que este necessita sempre estar em busca de novas leituras e estar a par das discussões científicas do mundo. Um professor-cientista nos revela, nos ensina, abre a nossa mente para o mundo e

principalmente, nos mostra vários caminhos a seguir. A formação deste profissional tem que ser avaliada e colocada como uma forte contribuinte para a manutenção da nossa sociedade, para que assim ela não caia em plena destruição.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ BRAVO, A; ARIZA, Y. (2012) **Importancia de la filosofía y de la historia de la ciência em la enseñanza y em el aprendizaje de las ciências**. Buenos Aires.

ALVES, R. (2003). **Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras**. São Paulo: Brasiliense.

BACHELARD, G. (1987) **A formação do espírito científico**. México:Editorial Siglo XXI.

BACON, F. (1979). **Novum organum** (J. A. R. de Andrade, Trad.). In V. Civita (Ed.), *Coleção Os Pensadores* (pp. 05-231). São Paulo: Abril Cultural (Trabalho original publicado em 1620).

CARDOSO, L.; CARDOSO, P. (2007) **Para uma revisão da teoria do conhecimento de Michael Polanyi**. Revista Portuguesa de Pedagogia.

CHALMERS, A. F. (1993) **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Editora Brasiliense.

CHIBENI, S. S. (2006) **Algumas observações sobre o “método científico”**. Notas de aula. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/metodocientifico.pdf>> Acesso em: 15 de julho de 2017.

COBERN, W. W. (2000). **The Nature of Science and the role of knowledge and belief**. Kluwer academic publishers. In: *Science Education*, 09, pp. 219-246.

FERNÁNDEZ, I. (2000) **Análise das concepções de ensino sobre a atividade científica: uma proposta de transformação**. Tese (Doctoral) - Departamento de Didática de Ciências Experimentais. Universidade de Valência. Valência.

FEYERABEND, P.K. (1977/2007) **Contra o método**. São Paulo: Editora UNESP.

FEYERABEND, P.K. (1991) **Diálogos sobre o método**. Tradução de Antônio Guerreiro. Lisboa: Editorial.

FEYERABEND, P.K. (2011) **A Ciência em uma sociedade livre**. São Paulo: Editora UNESP.

FILHO, B. P. (2009) **O conhecimento tácito e a aprendizagem baseada em problemas no curso de medicina da UESB: aproximações e reflexões**. Salvador.

FRANÇA, E. y BENETTI, B. (2009). **Conhecimentos tácitos e explícitos e a formação de professores: uma reflexão sobre possibilidades na prática de ensino de física.** Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3122-3125

FREIRE, P. (1980). **Educação como prática da liberdade**, São Paulo: Paz e Terra.

FOUREZ, G. (1995) **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências.** Tradução de Luiz Paulo Rouanet. - São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.

FOUREZ, Gérard. (2003) **Crise no Ensino de Ciências?** Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre.

HACK, S. (2009/2012) **Seis sinais do cientificismo** (Tradução de Eli Vieira Araujo-Jnr2).

HODSON, D. (1982) **Existe um método científico?** Traduzido e adaptado de: "Is there a scientific method?" *Educational Research*, 112 – 116.

HUME, D. (1738/1748) **A Treatise of Human Nature** [T] L. A. Selby-Bigge (ed.), Oxford: Clarendon Press.

JACOBS, S. (2000) **Michael Polanyi on the Education and Knowledge of Scientists.** *Science and Education* 9: 309-320, printed in the Netherlands.

KRASILCHIK, M. (2000) **Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências.** *São Paulo em Perspectiva*, 14(1).

LAWSON, A. (2002) **'What Does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us about the Process of Scientific Discovery?'** *Science and Education* 11, 1–24.

LOPES, A. R. C. (1993) **Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências.** *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, Universidade Autônoma de Barcelona, v. 11, n. 3, p. 324-330.

LOPES, A. R. C. (1996) **Bachelard: o filósofo da desilusão.** *Cad.Cat.Ens.Fis.*, v.13, n3: p.248-273, dez.

MAGALHÃES, J. P. (1999) **Breve apontamento para a história das instituições educativas.** In: **História da educação: perspectivas para um intercâmbio internacional.** Campinas, SP: Autores Associados, Histedbr, p. 67-72.

MARKIE, P. (2004/2017) **“Rationalism vs. Empiricism.”** Stanford Encyclopedia of Philosophy. First published Thu Aug 19, 2004; substantive revision Thu Jul 6, 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/rationalism-empiricism/>> Acesso em: 14 de março de 2017.

MARSULO, M. A. G. e SILVA, R. M. G. (2005) **Os métodos científicos como possibilidade de construção de Conhecimentos no ensino de ciências.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 4 N° 3. Universidade Federal de Uberlândia. Minas Gerais.

MATTHEWS, M. R. (1995) **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação.** Departamento de Educação, Universidade de Auckland Auckland, Nova Zelândia, Cad. Cat. Ens. Fís., v. 12, n. 3: p. 164-214, dez.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. (2007) **Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais.** Florianópolis, 8 de novembro.

MOSTERÍN, J. (1990) **Prólogo al libro de Estany A., Modelos de cambio científico.** Barcelona: Editorial Crítica.

OLIVEIRA, V. P. de. (2000) **O conhecimento tácito na transferência de conhecimento científico: Mr. Data aprende a dançar.** Textos para Discussão, n. 31, Campinas, SP: DPCT/IG/Unicamp.

PEREIRA, A. L. L. (2013) **A rede como espaço multirreferencial de aprendizagem: Construção do conhecimento na produção de inovação em TIC em um Instituto de Ciência e Tecnologia brasileiro.** Capítulo: O conhecimento tácito. (Tese doutoral). Salvador.

PEREZ, D. G. *et al.* (2001) **Para uma imagem não deformada do trabalho científico.** Ciência e Educação.

POLANYI, M. (1958/2013) **Conhecimento Pessoal: por uma filosofia pós crítica.** Chicago: The University of Chicago Press (Tradução: Eduardo Beira).

POPPER, K. R.(1934/2013) **A lógica da pesquisa científica.** Tradução de Hegenberg e Mota, editora Cultrix, São Paulo.

POPPER, K. R.(1982) **Conjecturas e refutações.** Brasília: Ed. UNB.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. (2007) **O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania.** Ciência & Educação, v. 13, n. 2, p. 141-156. Aveiro, Portugal.

PRAIA. J.; CACHAPUZ, A.; PEREZ, D. (2002) **A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica.** Ciência & Educação, v. 8, n. 2, p. 253-262.

REIS, P.; RODRIGUES, S.; SANTOS, F. (2006) **Concepções sobre os cientistas em alunos do 1º ciclo do Ensino Básico: “Poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas”**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 5, p. 51-74.

ROTHCHILD, I. (2006) **Induction, deduction, and the scientific method**. Society for the Study of Reproduction, Inc. Case Western Reserve University School of Medicine, Cleveland, Ohio.

SANTOS, B. (1989) **Introdução a uma ciência pós-moderna**. Rio de Janeiro: Graal.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. (2011) **Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica**. Investigações em Ensino de Ciências – V16(1), pp. 59-77.

SCHEID, N. M. J. (2007) **Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências**. Investigações em Ensino de Ciências – V12(2), pp.157-181.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (2005) **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis.

SILVEIRA, F. L. (1996) **A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos**. Instituto de Física, UFRGS Porto Alegre RS. Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n3: p.219-230, dez.

SOARES, G; SCALFI, G. (2014) **Adolescentes e o imaginário sobre cientistas: análise do teste "Desenhe um cientista" (DAST) aplicado com alunos do 2º ano do Ensino Médio**. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). São Paulo.

SOUZA, M. A. (2012) **O que é paradigma segundo Thomas Kuhn?** Filosofonet. Disponível em: <<https://filosofonet.wordpress.com/2012/07/02/o-que-e-paradigma-segundo-thomas-kuhn/>> Acesso em: 22 de abril de 2017.

STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY (Winter 2016 Edition), Edward N. Zalta, Uri Nodelman, Colin Allen, Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/intuition/>> Acesso em: 13 de Agosto de 2017.

SUGUI, k. M. (2008) **A importância do conhecimento tácito na formação do educador**. São Paulo.

VILLANI, A. (2001) **Filosofia da ciência e ensino da ciência: uma analogia**. Ciênc. educ. vol.7 no.2 Bauru.

