

Leandro Carlos Ody

A CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA E A FORMAÇÃO
DOCENTE EM CIÊNCIAS NATURAIS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Faculdade de Educação, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação, sob a orientação do prof. Dr. Altair Alberto Fávero.

Passo Fundo

2015

Para Clari e Zélia, primeiros educadores em minha caminhada.

Para Juliano e Marciano, grandes companheiros na jornada.

Para Miriam e Izabella. Com elas a educação ganha novos traços e novas cores em minha vida.

AGRADECIMENTOS

O trabalho de tese deixa de ser um trabalho solitário quando podemos contar com pessoas que, no diálogo provocador, nos engrandecem e engrandecem nosso trabalho. Agradeço, em primeiro lugar, a meu orientador, prof. Dr. Altair Alberto Fávero, que, há tempos, vem sendo grande parceiro em minha trajetória acadêmica. Obrigado pelas provocações, pelas orientações, pela parceria nas produções e por acreditar em meu trabalho. Estendo meus agradecimentos a todos os professores do Program de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Passo Fundo pelos momentos em que discutimos tantas questões dessa importante e desafiadora área que é a Educação. Também quero agradecer aos meus colegas do programa e aos colegas do grupo de pesquisa coordenado pelo prof. Altair pelas sugestões no sentido de qualificar meu trabalho de investigação. Sem vocês essa tese não teria os mesmos contornos. Agradeço aos colegas de trabalho, tanto àqueles dos tempos de UPF quanto aos atuais colegas da UFFS pelo apoio na trajetória. Finalmente agradeço a toda a minha família e aos meus amigos, pois, mesmo eu estando ausente do convívio com eles em muitos momentos dedicados ao estudo, sempre me apoiaram em minha caminhada acadêmica. Todos aqui citados deram uma parcela de si, consciente ou inconscientemente, para que este trabalho acontecesse. Meu muito obrigado a todos!

*A ciência moderna impôs à humanidade a
necessidade de locomoção. O seu pensamento e a
sua tecnologia progressivos fazem a transição
através do tempo de geração a geração, uma
verdadeira migração em ignotas praias de aventura.
O verdadeiro benefício da locomoção é ser perigosa
e necessita de habilidades para advertir dos males.*

*Alfred North Whitehead
A ciência e o mundo moderno*

RESUMO

Com o presente trabalho, temos por objetivo apresentar os possíveis impactos que as concepções de ciência, representadas pelo internalismo e pelo externalismo, trazem para a formação de educadores na área de ciências naturais, bem como almejamos apresentar um posicionamento que possibilite o diálogo entre essas duas diferentes visões. Para isso, reconstruímos as principais características desses dois posicionamentos epistemológicos com base em pensadores que representam cada um deles. O internalismo entende a ciência a partir de sua racionalidade interna e o externalismo compreende a ciência considerando elementos que extrapolam seu funcionamento interno e considera questões filosóficas, sociais e históricas como importantes na construção de uma imagem de ciência. Tomamos as Diretrizes Curriculares Nacionais referentes aos cursos de Biologia, Física e Química, elencando elementos do internalismo e do externalismo presentes em cada uma delas e apontando possíveis consequências quando se parte exclusivamente de um deles para formar os futuros educadores nessas áreas. Finalmente, propomos como tese central, a mentalidade falibilista como postura epistemológica alternativa, pois se apresenta mais aberta e flexível ao diálogo e às mudanças próprias das sociedades complexas modernas, que podendo orientar a formação de educadores uma vez que contempla elementos das duas posturas anteriores como importantes ao processo de formação. A metodologia utilizada foi, basicamente, a pesquisa bibliográfica e documental, de cunho qualitativo. Iniciamos por reconstruir as características do internalismo, fundamentados nas ideias de Karl Popper (1993) e de Carl Hempel (1981), e as características do externalismo com destaque às ideias de Thomas Kuhn (2000). A seguir, identificamos nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, de Física e de Química ideias vinculadas ao internalismo e ao externalismo. Esse caminho nos possibilitou propor uma alternativa entre essas duas visões de ciência a partir do falibilismo. A relevância desse trabalho está não somente em apontar a necessidade de fundamentos epistemológicos claros sobre a compreensão do que vem a ser ciência, mas também está em debater as consequências de se assumir um desses fundamentos ou um diálogo entre eles como guia das ações pedagógicas vinculadas à formação de professores na área de ciências naturais. Com isso, esperamos subsidiar uma formação de professores em ciências naturais que se caracterize por ser integral, dialógica, democrática, aberta e interdisciplinar, com base em uma mentalidade falibilista.

Palavras-chave: Ciências naturais. Formação de professores. Políticas educacionais. Falibilismo.

ABSTRACT

This work aims to present the possible impacts that the conceptions of science, represented by internalism and externalism, bring to the formation of educators in the field of natural sciences. We also bring forward a position that enables dialogue between these two different visions. For that, we reconstruct the main characteristics of these two epistemological positions based on thinkers who represent each one. Internalism understands science from its internal rationality and externalism understands it considering elements that extrapolate its internal operations, considering philosophical, social and historical issues, important to build a science image. We analyze the National Curriculum Guidelines related to Biology, Physics and Chemistry courses to seek elements of internalism and externalism in each of them. Moreover, it is pointed out possible consequences when only of one of them is considered to form future educators in this areas. Finally, as the central thesis, the fallibility mentality is set as an alternative epistemological stance, because it appears more flexible and open to dialogue and changes of modern complex societies. We believe that this model can guide the formation of those educators contemplating elements of the two relevant previous positions in the process. To reach the aims, inside the qualitative paradigm, the bibliographic and documentary research were the components of the methodology, where internalism features are based on Karl Popper's (1993) and Carl Hempel's (1981) ideas. On the other hand, externalism was discussed focused on Thomas Kuhn's theories (2000). Furthermore, we bring together the main constituents of the National Curriculum Guidelines for Biology, Physics and Chemistry courses, identifying internalism and externalism elements present in them. In this way, we could propose a synthesis of the two views of science from fallibilism. This work is significant because it points out the clear epistemological foundation need to comprehend what science is. It is also relevant to debate about the consequences of taking only one of these grounds, or a dialogue between them, as a guide of educational activities related to teacher formation in the natural sciences area. We hope to subsidize the formation teacher process in natural sciences in a way it can be integral, dialogic, democratic, open and interdisciplinary, based on a fallibilist mentality.

Keywords: Natural Sciences. Teacher formation. Educational policies. Fallibilism.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1 PANORAMA DA FORMAÇÃO DO EDUCADOR EM CIÊNCIAS NATURAIS: ELEMENTOS DETERMINANTES PARA A FORMAÇÃO DA CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO SUPERIOR	18
1.1 O ensino de ciências no contexto das sociedades contemporâneas.....	18
1.2 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas, para os cursos de Física e para os cursos de Química, Bacharelado e Licenciatura Plena.	29
1.2.1 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas	29
1.2.2 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física.....	33
1.2.3 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química, Bacharelado e Licenciatura Plena	36
2 INTERNALISMO E EXTERNALISMO: DUAS DIFERENTES BASES EPISTEMOLÓGICAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA	42
2.1 A importância da base epistemológica na construção de uma visão de ciência.....	42
2.2 A concepção internalista de ciência.....	45
2.3 A concepção externalista de ciência.....	56
3 DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E AS VISÕES INTERNALISTA E EXTERNALISTA DE CIÊNCIA.	67
3.1 A presença de elementos das concepções internalista e externalista de ciência nas DCNs para o ensino de ciências naturais.	67
3.2 Internalismo e externalismo e o ensino de ciências naturais.....	82
4 FORMAÇÃO DE PROFESSORES E O FALIBILISMO COMO TENTATIVA DE CONCILIAÇÃO ENTRE CONCEPÇÕES INTERNALISTAS E EXTERNALISTAS DE CIÊNCIA	93
4.1 O falibilismo e a mentalidade falibilista: a busca da conciliação entre internalismo e externalismo no contexto das sociedades complexas modernas	93
4.2 Mentalidade falibilista e formação docente: limites e desafios na formação para o ensino de ciências naturais.....	103
CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

INTRODUÇÃO

A ciência moderna trouxe, juntamente com sua evolução na compreensão de mundo, um domínio maior do mesmo por parte do ser humano. Muitos são os benefícios gerados a partir das pesquisas científicas. Chegamos à cura de várias doenças, somos capazes de nos comunicarmos instantaneamente com pessoas a longas distâncias, podemos ver o que está longe de nós ou extremamente perto, mas invisível a olho nu, podemos compreender o que compõe o mundo natural nas suas menores partes a ponto de compormos ou engenharmos novas configurações vivas. Junto a tudo isso surgem, também, vários problemas éticos e sociais e percebemos o quanto ainda somos limitados e frágeis diante do mundo natural, vemos “barbaridades” resultantes da engenharia genética, às vezes por acidente, às vezes por ignorância, às vezes propositalmente conduzidas.

Independentemente das vantagens ou das desvantagens do “fazer ciência”, o mundo natural ainda fascina o ser humano e o conhecimento científico continua sendo uma das formas mais confiáveis de se compreender o mundo. Visualizar um cientista deslumbrado com suas descobertas é visualizar algo que de mais natural temos: a curiosidade que leva ao conhecimento. Queremos conhecer, queremos aprender, mesmo que apenas algumas áreas nos chamem mais atenção. Porém a curiosidade é inerente ao ser humano e deve ser estimulada no processo de formação do indivíduo. Aristóteles, na primeira frase do primeiro livro de sua *Metafísica* (1969), já destacava a curiosidade como algo próprio da natureza do ser humano: “Todos os homens, por natureza, desejam conhecer.”. Essa curiosidade levou a humanidade a construir as primeiras explicações, mesmo que míticas, acerca dos fenômenos do mundo. A Filosofia surge como uma tentativa de mudar o foco das explicações sobrenaturais para explicações racionais a partir do mundo natural. As questões foram se complexificando. Nos perguntamos sobre o que compõe o mundo nas suas substâncias primeiras, nos questionamos sobre como conhecemos este mundo e sobre a possibilidade e sobre os fundamentos desse conhecimento. O conhecimento, ao longo da história, vai se fragmentando, as áreas se tornam amplas e independentes da Filosofia. Surgem as ciências com seus campos de investigação específicos. A Revolução Científica do século XVII é caracterizada por uma reviravolta na forma de se encarar a ciência, pois a ênfase do método investigativo a partir desse processo de transição deixa de ser a especulação racional para ser a experimentação, pelo menos nas ciências naturais. As ciências são divididas a partir de seus objetos de investigação: ciências naturais, ciências sociais, ciências jurídicas, ciências exatas, entre outras.

Juntamente com todo esse processo de transformação nos métodos de investigação, nos objetos e nas divisões e subdivisões das ciências também aparece a necessidade de se perpetuar o conhecimento historicamente produzido. Muito além de somente registrar o resultado do trabalho investigativo em textos mostra-se necessário manter um processo educativo mais amplo. A educação, de forma geral, é um processo bastante antigo que se desenvolveu a partir da necessidade de se transmitir as experiências aos semelhantes com os quais nos preocupamos, pois sabemos que quanto mais conhecemos mais preparados estamos para enfrentar os problemas relativos à própria existência. Essa preparação do semelhante está vinculada ao processo de formação dele, isto é, queremos que o educando compreenda mais, que seja um indivíduo melhor preparado para entender e para interagir com o mundo no qual está inserido. Essa necessidade está presente também no conhecimento científico. A partir de nossa experiência adquirimos conhecimentos que permitem, ao serem socializados, não só a nós, mas também a outros, interagirmos melhor com o mundo.

Com a evolução do conhecimento científico, paralelamente, visualizamos a necessidade de evolução também do processo educativo. O conhecimento se torna mais complexo e isso exige um detalhamento maior do processo que permite que esse conhecimento seja transmitido a outras pessoas que, de posse dessa bagagem teórica, sejam capazes de produzir novos conhecimentos que, por sua vez, serão novamente apresentados a outros indivíduos.

Em análises superficiais é recorrente a conclusão de que a história da ciência é pontuada por constantes acúmulos de conhecimento que são registrados e disponibilizados à comunidade científica que, por sua vez, continua a “fazer ciência” partindo de conteúdos prontos e inquestionáveis. Porém, uma análise mais aprofundada mostra que a história da ciência apresenta um exercício científico dinâmico, onde conhecimentos são construídos e que, nesse processo, muitos são utilizados, alguns são descartados, outros modificados.

Partindo do pressuposto que diz que precisamos preparar outros para que compreendam o mundo e a partir dessa compreensão o transformem, nos parece de fundamental importância analisarmos o processo educacional que tem como objetivo a compreensão do mundo (em nossa delimitação, do mundo natural). A compreensão do processo educacional em ciências naturais deve transcender a compreensão do *o que* fazer e do *como* fazer (que remete a uma compreensão, predominantemente, do saber instrumental, técnico) devendo contemplar também o *quando* fazer e o *por que* fazer.

Quando pensamos em formação em ciências naturais é importante ter presente que ela nem sempre aconteceu dentro do espaço universitário. Foi longo o processo de solidificação das ciências e nesse processo o ensino dos conhecimentos da natureza foi da forma espontânea

de transmissão de conhecimentos, passando pela formação a partir dos centros religiosos de ensino até chegar à universidade¹, hoje tida como centro de referência na formação, produção e divulgação do conhecimento científico. A formação para a educação em ciências naturais, representadas de forma significativa pela biologia, pela física e pela química, continua sendo um constante desafio para as Instituições de Ensino Superior. Sabemos que toda formação se dá dentro de um paradigma², dentro de uma visão de mundo, a partir de seus conceitos, a partir de certos contextos e a partir de certos materiais ou estruturas físicas. O espaço universitário busca formar investigadores nas mais diversas áreas, aqui, em específico, analisamos a área da formação do educador em ciências naturais. A universidade, representada pelos seus mais variados segmentos, tanto de estrutura humana, quanto de estrutura física, busca formar educadores em ciências naturais que estejam capacitados para acompanhar o processo formativo de outros indivíduos nesta mesma área.

Nosso problema de pesquisa está delimitado no estudo da formação do educador em ciências naturais³ (Biologia, Física e Química) a partir de algumas concepção de ciência e em como isso influencia na sua prática educativa. É importante ter presente que a visão de ciência que o educador possui influencia diretamente na forma como ele auxilia outras pessoas a construir suas visões de ciência. O objeto principal de nossa análise é compreendermos como algumas imagem de ciência influenciam no modo como o educador do ensino superior forma outros educadores em ciências naturais. Junto à imagem de ciência a partir de posturas filosóficas que o educador em ciências assume também existem documentos oficiais que orientam a formação nesse contexto. As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Biologia, de Física e de Química também trazem elementos importantes para nossa análise acerca da formação em ciências, tendo impacto direto na imagem de ciência que é

¹ A Universidade de Bolonha, na Itália, é considerada como a primeira universidade, fundada em 1088. (CHASSOT, 1994).

² O conceito de paradigma é tomado, aqui, a partir do pensamento de Thomas Kuhn. As ideias desse pensador da ciência estarão na base de algumas reflexões neste trabalho.

³ Na discussão em que se debate a questão da definição da área que agrega os cursos de Biologia, Física e Química (ciências naturais ou ciências da natureza) podemos encontrar diferentes posicionamentos. Em se tratando de ensino superior não existem diretrizes para a área, mas há diretrizes para cada curso, englobando licenciatura e bacharelado, distinguindo diretrizes para cada um deles durante o documento. Nas áreas definidas para avaliação (CAPES, CNPQ, ...), Física e Química fazem parte da área das Ciências exatas e da terra enquanto que a Biologia compõe uma área à parte. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio falam em Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias como uma área determinada, enquanto que os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino fundamental falam em Ciências Naturais como uma área independente. Nessa indefinição de qual área contempla os cursos de Biologia, de Física e de Química encontramos cursos superiores de licenciatura em Ciências Naturais, outros de licenciatura em Ciências da Natureza, todos habilitando para o trabalho com Biologia, Física e Química. Optamos por usar o termo “Ciências Naturais” termo que é utilizado na Filosofia da Ciência para definir a área em que se discute os fundamentos das três disciplinas em questão.

construída nos cursos de formação. É essa tensão entre o que dizem os documentos oficiais que orientam a formação nos cursos superiores e as concepções filosóficas de ciência que perpassam a formação dos acadêmicos que alimentará nossas discussões nesse trabalho.

Delimitaremos nossa análise a duas posições clássicas dentro do escopo da Filosofia da Ciência no que se refere às concepções de ciência. De um lado podemos destacar uma concepção de educação científica pautada predominantemente por elementos internos da ciência (Popper, Hempel), na qual apenas se aplica o paradigma científico atual, incluindo suas teorias e seus materiais, se explica os fatos científicos ou se prevê fatos apenas considerando uma visão internalista de ciência ou a racionalidade interna da ciência. Esse processo formativo tende a preparar indivíduos para o domínio do conhecimento atual da referida ciência, capazes de compreender a ciência atual e resolver problemas dentro da mesma, mas sem considerar, de forma mais significativa, uma compreensão de ciência como um todo, desde sua dimensão histórica até sua dimensão social. Por outro lado, há uma concepção de ciência mais ampliada, que busca compreender a ciência em seus elementos internos (teorias e situações específicas a serem explicadas) e em seus elementos externos (histórico-filosófico-sociais). Nessa visão externalista de ciência (destacaremos a posição de Thomas Kuhn) a visão da atividade científica é alargada a ponto de se entender não somente *como* se faz ciência, mas também *porque* se faz ciência, tanto hoje, quanto em períodos passados onde a ciência era pensada a partir de outros paradigmas.

Nesse sentido alguns problemas se colocam da seguinte forma: Tendo presente uma visão internalista de ciência, a partir de autores como Popper e Hempel, de um lado e uma visão externalista de ciência, representada por pensadores como Thomas Kuhn de outro, que consequências teremos no ensino de ciências, de forma mais precisa, na formação do professor de ciências ao optar por uma ou por outra imagem científica? Tendo presente as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, de Física e de Química, que visão de ciência é estimulado a partir desses documentos? Existe a possibilidade de “síntese” entre as duas visões de ciência, internalismo e externalismo, uma postura epistemológica que possa valorizar elementos de ambas no processo de formação do educador em ciências naturais?

Hipoteticamente podemos dizer que compreender essas duas posturas com relação à ciência nos trará, enquanto educadores, uma dimensão mais clara do que é educar cientificamente e talvez nos aponte uma forma de valorizar elementos das duas a ponto de não optarmos por uma ou por outra, mas que possibilite trabalhar com uma visão de ciência que considere as duas posições. Rever nossos métodos, nossos conteúdos, nossa didática, nossa concepção de ciência poderá resultar em uma educação mais eficiente e que traga mais clareza

também ao educando (no nosso caso, de ensino superior) acerca da amplitude do conhecimento científico. Se um dos objetivos da ciência é explicar cada vez melhor os fenômenos que ocorrem ao nosso redor, então, por hipótese, entendemos que uma melhor compreensão de ciência estará auxiliando nessa “melhor compreensão”. Isso não acontece se a compreensão de ciência por parte do professor também não for uma compreensão ampla e que esteja preocupada com elementos históricos, filosóficos e sociais vinculados às questões científicas. Tendo presente essas hipóteses trabalharemos no sentido de buscar uma síntese entre internalismo e externalismo a partir de uma postura que valorize elementos importantes na compreensão de ciência que contemplem esses dois posicionamentos epistemológicos.

Nossas discussões vão trazer elementos referentes aos efeitos que cada uma das concepções de ciência podem trazer na formação da imagem de ciência, principalmente nos acadêmicos das licenciaturas em ciências naturais. Juntamente a esse objetivo principal estaremos analisando a presença de elementos ligados ao internalismo e ao externalismo nas Diretrizes Curriculares para os cursos de Biologia, de Física e de Química no intuito de verificar o que os documentos que orientam os cursos de formação de professores para o ensino de ciências naturais trazem em termos de concepção de ciência. Ao final tentaremos apresentar argumentos que possam trazer algumas reflexões que levem a uma postura que não seja exclusivamente internalista ou externalista, mas que oriente a ação docente para uma concepção de ciência que englobe elementos das duas posturas. Partiremos de concepções de ciência pré-estabelecidas, internalismo e externalismo, considerando suas diferentes formas de expressão e seus diferentes níveis de rigorosidade ou de abertura e suas possíveis consequências para a formação docente na área em questão, para, finalmente, apresentar e propor uma posição que possa servir de fundamento mais adequado ao ensino de ciências ao contemplar diferentes aspectos da ciência, numa postura aberta às mudanças constantes, principalmente nas sociedades contemporâneas.

Em discussões acerca da docência no ensino superior, principalmente a partir do grupo de pesquisa coordenado pelo professor Altair Alberto Fávero e que tem essa temática como eixo central dos debates, percebemos, entre outros problemas enfrentados pelos professores universitários, a falta de fundamentos e de reflexões epistemológicas sobre a ação docente no meio acadêmico. Outro problema constatado a partir das leituras e dos debates no grupo é a falta de posturas que problematizem o ser docente no ensino superior, que repense métodos de ensino, que veja na pesquisa uma possibilidade de constante renovação na atividade docente. O trabalho que aqui apresentamos se vincula a essas discussões elegendo como centro de análise a imagem de ciência advinda de diferentes posturas epistemológicas, imagens estas que

perpassam também os documentos oficiais que orientam a formação dos futuros docentes também em outros níveis de ensino.

Encontramos certa dificuldade quando a tarefa foi a de construir o estado da arte a partir da temática central de nossa investigação. Há uma carência de trabalhos, a nível de pós-graduação, com esse tipo de reflexão e o que se encontra em termos de educação científica, na sua maior parte, trata do uso de tecnologias ou trabalha metodologias de ensino de conteúdos científicos. Pensar a educação científica de forma mais ampla, a partir de seus fundamentos, parece não atender às demandas do mercado, dos vestibulares, da preparação para o ENEM, da formação rápida e dos números que o país precisa apresentar diante do mundo. Apesar de serem conteúdos previstos nas DCNs, a filosofia, a sociologia e a história da ciência parecem estar à margem da formação científica. O resgate desse debate volta a trazer significado a esse tipo de conteúdo e, quem sabe, mostre a importância dos mesmos àqueles que nunca pensaram em porque eles estão presentes nas Diretrizes desses cursos juntamente com os conteúdos tidos como mais técnicos, mas que podem receber maior significado quando contextualizados a partir da filosofia, da sociologia e da história da ciência.

Se formos realizar uma investigação no banco de teses e de dissertações da CAPES na tentativa de encontrar algum trabalho ligado diretamente à análise das Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, Física e Química, seja para a licenciatura, seja para o bacharelado, não obteremos sucesso. Na tentativa de fazer um levantamento sobre as produções que tratam da questão de como a imagem de ciência que se tem interfere na forma como se ensina ciência também nada foi encontrado. Mesmo com o uso de outras palavras-chave como “formação para o ensino de ciências” ou “educação científica”, o que encontramos, na sua grande maioria, são trabalhos direcionados ao uso de tecnologias voltadas ao ensino de ciências, a métodos ou estratégias de ensino, à formação continuada de professores, predominantemente voltados à análise do ensino de ciências em nível fundamental.

A situação não muda quando empreendemos uma investigação sobre trabalhos voltados às “políticas educacionais para o ensino de ciências naturais” e para a “formação docente nos cursos de licenciatura em ciências naturais”. Muitos trabalhos são encontrados quando na investigação usamos termos mais gerais como “ensino superior”, “ciências naturais”, “formação de professores de ciência”, mas nenhum dos trabalhos se volta à concepção de ciência presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais ou à comparação que pretendemos fazer a partir do estudo das DCNs e das concepções internalistas ou externalistas de ciência que buscaremos em autores da história e da filosofia da ciência.

Se partirmos da ideia de que os Programas de Pós-Graduação precisam apresentar produções que possam subsidiar novas investigações sobre temáticas próximas, podemos afirmar que esta investigação vem oferecer subsídios que nunca antes foram disponibilizados à comunidade acadêmica nacional em programas semelhantes. Diante da carência de produções na área, constatada a partir da investigação realizada no banco de teses e dissertações da CAPES, podemos apresentar esse trabalho como plenamente justificado enquanto investigação a nível de tese de doutorado sobre uma temática importante no que se refere à formação de professores na área de ciências naturais.

O que encontramos enquanto referência bibliográfica, além dos documentos e dos autores clássicos que serão usados como núcleo de investigação, são artigos, livros e capítulos de livros voltados à análise da importância de se trabalhar nas aulas de ciência temas voltados à história, à filosofia e à sociologia das ciências. São trabalhos de professores que direcionam suas análises à educação científica e que tratam os temas de história, filosofia e sociologia da ciência com bastante atenção.

Os trabalhos que mais se aproximam de nossa temática de investigação são os trabalhos de mestrado e de doutorado de Kilwangy Kya Kapitango-A-Samba. Seu trabalho de mestrado foi realizado na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo no Mestrado em História da Ciência e concluído em 2005. Daí resultou o trabalho intitulado *Papel da história da Ciência nas licenciaturas em ciências naturais e matemáticas*. Seu doutorado foi realizado na Universidade de São Paulo, em Educação, no qual o pesquisador desenvolveu o trabalho *História e filosofia no ensino de ciências naturais: o consenso e as perspectivas a partir de documentos oficiais, pesquisas e visões dos formadores*, concluído em 2011.

Ambos os trabalhos têm caráter bastante descritivo, apresentando dados históricos, análises de documentos oficiais, bem como a apresentação de elementos de história e de filosofia presentes em eventos e periódicos da área no caso específico da tese de doutorado. O objetivo principal da tese é colocado nos seguintes termos: “Estudar as orientações teóricas dos documentos oficiais brasileiros, artigos da literatura nacional e as concepções dos docentes formadores sobre HFC – ECN”⁴ (KAPITANGO-A-SAMBA, 2011, p.50). Os principais documentos analisados e descritos com relação a elementos de história e de filosofia presentes no ensino de ciências foram a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física, Química e

⁴ O autor define em sua lista de abreviaturas e siglas HFC-ECN como sendo “uso/aplicação/inclusão da abordagem Histórico-Filosófica das Ciências no Ensino de Ciências Naturais”.

Biologia, entre outros. Também elencou elementos de história e de filosofia presentes em artigos de alguns periódicos nacionais e entrevistou professores formadores nas áreas de ciências naturais da USP acerca dos referidos elementos.

A intenção do nosso trabalho vai para além da descrição de documentos ou de outras fontes onde aparece a discussão sobre a história, sobre a filosofia e sobre a sociologia da ciência. Para tanto a metodologia de trabalho que seguiremos será basicamente a pesquisa bibliográfica que nos ajudará a construir um panorama da educação científica na sociedade complexa moderna, bem como servirá para construir a fundamentação teórica referente às duas principais concepções de ciência, o internalismo e o externalismo, que servirão para nossas análises acerca das concepções de ciência que podem ser seguidas pelos professores de ciências. Dentro da metodologia de trabalho também podemos destacar a análise documental referente às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, Física e Química. A análise documental é importante porque, juntamente e em confronto com a pesquisa bibliográfica nos possibilitará um entendimento maior do que se tem enquanto exigências para o ensino de ciências naturais e, apesar das exigências, quais as possíveis concepções de ciência que orientam o trabalho docente no ensino superior na atividade de formação dos futuros professores e quais as consequências de seguir uma concepção ou outra. Optamos por não realizar pesquisa empírica para fazer o levantamento das concepções de ciência em determinado grupo de professores, mas partiremos das concepções internalista e externalista, apontando virtudes e limites em cada uma delas. Como proposta resultante dessa investigação apresentaremos uma terceira possibilidade enquanto postura epistemológica na compreensão de ciência e que apontaremos como a mais viável por contemplar elementos do internalismo e do externalismo. Essa terceira via, o falibilismo, também será apresentada a partir de pesquisa bibliográfica e apontada como uma postura mais aberta ao diálogo, às inovações, às posturas diferentes, elementos importantes em sociedades democráticas e, possivelmente, mais promissora quando o que está em discussão é a formação em ciências naturais que contemple os mais diferentes aspectos que compõe o conhecimentos científico.

Outro elemento que merece aqui ser mencionado e que colaborou no processo de construção desse trabalho foram as atividades gerais do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Passo Fundo. Tivemos o privilégio de discutir com professores e colegas discentes, durante as aulas, grupos de estudo, seminários e demais eventos promovidos pelo Programa, temáticas que ajudaram a embasar nosso trabalho, bem como delimitá-lo em algumas questões. A motivação a participar de eventos em outras instituições também auxiliou no sentido de expor resultados provisórios das pesquisas e enriquecê-la com debates que

extrapolaram o âmbito de nosso Programa de Pós-Graduação, além de levar nossas discussões a outras instituições.

Por fim, queremos apresentar a estrutura do presente trabalho. No primeiro capítulo estaremos traçando um panorama da formação em ciências naturais a partir dos desafios para o ensino de ciências no contexto da sociedade complexa moderna. Mostraremos, nessa parte do trabalho, que não é tarefa simples construir uma imagem de ciência de forma sólida, pois, além de, por si só, ser a ciência uma área do conhecimento humano imensa e não-consensual em elementos como métodos, objetivos e objetos de análise, ainda enfrenta os desafios das constantes inovações epistemológicas, tecnológicas, paradigmáticas, sociais, entre outras. No segundo ponto desse capítulo reconstruiremos os principais elementos que compõe as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Biologia, de Física e de Química visando apresentar elementos que buscam organizar a formação nesses cursos diante dos desafios do contexto anteriormente apresentado.

O segundo capítulo inicia apresentando argumentos acerca da importância de se ter um bom referencial teórico para construir uma análise acerca da imagem de ciência que orienta a formação docente nos cursos em questão. A partir disso apresentamos, nos pontos seguintes, as reconstruções das concepções de ciência internalista e externalista com base nas ideias dos principais defensores de cada uma dessas visões científicas. O internalismo é reconstruído a partir da posição indutivista de ciência, passando pelas ideias de Karl Popper e de Carl Hempel como sendo os representantes de uma concepção de ciência que prioriza, na construção de uma imagem de ciência, a sua racionalidade interna. O externalismo, do qual elegemos as ideias de Thomas Kuhn como base para sua compreensão, defende que, para entendermos a ciência é necessário considerar elementos externos a ela como, por exemplo, elementos históricos, filosóficos e sociais.

A seguir, no terceiro capítulo, confrontamos os elementos reconstruídos a partir das Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino de Biologia, de Física e de Química com as duas concepções de ciência apresentadas, identificando elementos das duas no documento analisado. A partir disso iniciamos uma análise na tentativa de apresentarmos argumentos que mostram quais as consequências da adoção de uma delas para a formação dos futuros professores de ciências naturais. Mesmo tendo como foco a formação no ensino superior não podemos deixar de mencionar aspectos ligados à formação em ciências que são afetados, também, em outros níveis de ensino.

Finalmente, no quarto capítulo, analisaremos de forma mais aprofundada a questão da formação docente no ensino superior e a construção da imagem de ciência que fará parte da

bagagem teórica que orientará os docentes em sua atividade de ensino. Buscaremos, além das pontes entre o tema da formação de professores e as posturas teóricas a partir do internalismo e do externalismo, ampliar a discussão trazendo elementos de outra base epistemológica, o falibilismo, que pode aparecer como teoria alternativa e que também pode ajudar na construção de uma concepção de ciência que contemple a pluralidade de aspectos que compõe o conhecimento científico. Pretendemos, nessa última parte do trabalho, apresentar reflexões que possam contribuir na ampliação da compreensão sobre a importância de uma imagem de ciência que não se restrinja a elementos internos e a elementos externos à ciência, mas que busque um diálogo entre esses elementos, numa postura epistemológica aberta às mudanças e às contribuições que os novos tempos trazem. Dessa forma tentaremos mostrar a importância de uma análise cuidadosa dos fundamentos epistemológicos que perpassam as concepções de ciência que embasam a formação docente e que permitem uma leitura mais atenta dos documentos que orientam os cursos de formação na área de ciências naturais.

1 PANORAMA DA FORMAÇÃO DO EDUCADOR EM CIÊNCIAS NATURAIS: ELEMENTOS DETERMINANTES PARA A FORMAÇÃO DA CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO SUPERIOR

Em uma sociedade complexa moderna os mapas de orientação para a vida social são amplamente ambíguos, tortuosos e contraditórios. (Gilberto Velho)

1.1 O ensino de ciências no contexto das sociedades contemporâneas

No contexto da sociedade contemporânea, não é tarefa fácil definir o que é ciência ou mesmo separá-la e diferenciá-la de outras formas de conhecimento humano. É difícil restringir em poucas linhas ou em rápido discurso o que vem a ser ciência diante de alunos em uma sala de aula em um curso superior tentando mostrar a eles que o conhecimento científico deve ser o conhecimento a ser buscado na universidade. A dificuldade em se falar de ciência começa por se perceber que ao se tentar caracterizar de modo geral a ciência nos deparamos com grande diversidade de áreas chamadas científicas, às vezes bastante diferentes umas das outras. Frequentemente nos deparamos com atentos alunos que nos questionam acerca das características gerais das ciências apresentando casos em que tal característica não se aplica. Somos levados, então, a apresentar características pontuais que diferem de uma ciência para outra mostrando que as ciências mudam de um contexto para outro, possuem objetos de investigação diferentes, mas que podem ter um objetivo geral em comum: explicar melhor o mundo que nos cerca. Não queremos aqui dizer que é impossível definir ciência no contexto das sociedades complexas, apenas buscamos mostrar que a pluralidade de concepções⁵ não permite que tal tarefa seja algo simples ou que tenhamos posturas únicas e uniformes acerca do problema em questão.

Fato é que, em sociedades contemporâneas, dinâmicas e plurais, encontramos esse produto cultural da humanidade chamado “ciência”, caracterizado pelos mesmos adjetivos inerentes à sociedade em que é produzido. Falar de ciência em contextos atuais é falar de algo complexo, tanto por suas tentativas de explicar o mundo quanto pelas diferentes posturas epistemológicas que orientam essa prática humana. Destacam-se, nesse contexto, reflexões acerca do momento de crise que a ciência atual vivencia, principalmente com o fim das certezas

⁵ O problema aparece, por exemplo, quando queremos caracterizar o que é ciência de maneira uniforme, mesmo sabendo que as diferentes classificações de ciência (ciências naturais, ciências sociais, ciências exatas, ...) não compartilham de muitas das características historicamente atribuídas à ciência de forma geral.

(advindas, predominantemente, de posturas positivistas) como apontam, entre outros autores, Santos (1989, 1997), Prigogine (1996) e Giddens (2002). Essa crise, porém, parece não afetar o ambiente de ensino de ciências que, em geral, parece simplificar ao máximo a ideia de ciência para que seja enfatizado o caráter produtivo (apesar de pouco reflexivo no contexto educacional) da mesma, contrariando as tendências do pensamento moderno que, segundo Giddens, aponta para uma reflexividade, mesmo que diferente da proposta tradicional.

Em relação ao conhecimento científico tanto social quanto natural, a reflexividade da modernidade acaba por confundir as expectativas do pensamento iluminista – embora seja produto desse pensamento. Os fundadores originais da ciência e da filosofia modernas acreditavam estar preparando o caminho para o conhecimento seguramente fundamentado dos mundos social e natural: as afirmações da razão deveriam superar os dogmas da tradição, oferecendo uma sensação de certeza em lugar do caráter arbitrário do hábito e do costume. Mas a reflexividade da modernidade de fato solapa a certeza do conhecimento, mesmo nos domínios centrais da ciência natural. (GIDDENS, 2002, p. 26).

Giddens segue dizendo que a ciência não depende da acumulação indutiva de elementos como se evoluísse continuamente a melhores explicações. A ciência funciona a partir do princípio metodológico da dúvida. Nesse sentido, o mesmo autor afirma que qualquer doutrina científica, por mais estimada que seja ou apresentando-se aparentemente bem estabelecida deve estar aberta a constantes revisões. É possível, segundo ele, inclusive que tal doutrina seja inteiramente descartada frente às novas ideias ou descobertas.

Em seu texto *Um discurso sobre a ciência* o pensador português Boaventura de Sousa Santos (1997) aborda a questão da ciência moderna estabelecendo um comparativo da mesma com a proposta do positivismo lógico, a partir das suas certezas, da aparente ordem científica e da visão otimista do exercício científico na explicação do mundo. Para Santos, vivemos um período de transição do pensamento científico tradicional para um novo paradigma emergente. Essa transição, segundo Santos, começa com Einstein e a mecânica quântica e perdura até nossos dias. A característica desse novo paradigma é justamente a relatividade, novo conceito que é introduzido em uma ciência marcada tradicionalmente pela sensação de segurança nas afirmações. A euforia das explicações científicas é deixada de lado para dar lugar às incertezas das novas áreas do conhecimento científico.

O físico-químico Ilya Prigogine (1996) concorda com essa concepção de ciência diferente da concepção clássica e fala sobre esse movimento de transição na visão de ciência.

A ciência clássica privilegiava a ordem, a estabilidade, ao passo que em todos os níveis de observação reconhecemos agora o papel primordial das flutuações e da instabilidade. Associadas a essas noções, aparecem também as escolhas múltiplas e

os horizontes de previsibilidade limitada. [...] Essa física tradicional unia conhecimento completo e certeza: desde que fossem dadas condições iniciais apropriadas, elas garantiam a previsibilidade do futuro e a possibilidade de retroceder o passado. Desde que a instabilidade é incorporada, a significação das leis da natureza ganha um novo sentido. Doravante, elas exprimem possibilidades. (PRIGOGINE, 1996, p.12)

As incertezas não são exclusividade do campo científico, mas se estendem a outras esferas da sociedade atual. Giddens (2002), ao caracterizar as sociedades complexas modernas, aponta as incertezas como característica fortemente presente nesse meio.

A modernidade é uma ordem pós-tradicional, mas não uma ordem em que as certezas da tradição e do hábito tenham sido substituídas pela certeza do conhecimento racional. A dúvida, característica generalizada da razão crítica moderna, permeia a vida cotidiana assim como a consciência filosófica, e constitui uma dimensão existencial geral do mundo social contemporâneo. A modernidade institucionaliza o princípio da dúvida radical e insiste em que todo conhecimento tome a forma de hipótese – afirmações que bem podem ser verdadeiras, mas que por princípio estão sempre abertas à revisão e podem ter que ser, em algum momento, abandonadas. (GIDDENS, 2002, p.10).

Todo esse percurso de transição da concepção de ciência proporciona uma época de instabilidade do conhecimento. Tal instabilidade pode ter sua fonte nas posturas falibilistas⁶ (POPPER, 1993; BERNSTEIN, 2006) que optam pela provisoriade do conhecimento (em oposição à certeza positivista). Também nesse contexto deve ser considerada a questão da rapidez na produção e no descarte (não só de bens de consumo, mas do próprio conhecimento, que, em certo sentido, também pode ser visto como bem de consumo). A rapidez na produção, bem como o apressado descarte, o prazo de validade curto, a concorrência não permitem, na maioria das vezes, uma análise mais aprofundada, um tempo para que determinada produção (material ou intelectual) possa ser mais bem apreciada. Isso está diretamente ligado à lógica capitalista que exige a criação cada vez mais rápida e eficiente de mercadorias que movimentam os elementos do capital. Essa lógica, segundo Bauman (2007), dissemina a ideia de que, assim que algo novo for lançado, já se deve estar pensando em outra coisa ‘melhor’ para despertar novamente o processo de busca da satisfação/desejo/vontade. “A sociedade de consumo consegue tornar permanente a insatisfação.” (BAUMAN, 2007, p. 106). Quanto mais rápidos, quanto menos durarem e quanto antes se produzam e se vendam outros elementos da cadeia produtiva do capital melhor. Segundo Giddens (2002, p. 13), “[...] a produção e a distribuição capitalista são componentes centrais das instituições da modernidade”.

⁶ Acerca das posturas falibilistas voltaremos a tratar no quarto capítulo do nosso trabalho.

A dinâmica acelerada das transformações também é trazida por Giddens como reflexo do mundo moderno.

Uma das características mais óbvias que separa a era moderna de qualquer outro período anterior é seu extremo dinamismo. O mundo moderno é um “mundo em disparada”: não só o *ritmo* da mudança social é muito mais rápido que em qualquer sistema anterior; também a *amplitude* e a *profundidade* com que ela afeta as práticas sociais e modos de comportamento preexistentes são maiores. (GIDDENS, 2002, p.22, grifos do autor).

Segue, nesse sentido, como característica das sociedades contemporâneas a rápida transformação no conhecimento, a facilidade em seu acesso, sua dinâmica circulação e a forte tendência a sua mercantilização. Indiscutivelmente no contexto atual há uma grande valorização do conhecimento, apesar do mesmo ser confundido, muitas vezes, com informação. Carvalho e Russo (2013) destacam as mudanças que aconteceram no modo de produção das sociedades e apontam a chamada “sociedade do conhecimento” como sendo escorada e produzida pela “revolução tecnológica”. Assim, há uma produção diferenciada da produção material, denominada de conhecimento, fruto de um trabalho imaterial, mas que traz grandes impactos na produção e transformação do mundo concreto. A conclusão a que se chega diante disso pode ser a de que “sendo o conhecimento o fundamento maior a ser buscado, o que passa a ser mais valorizado no discurso reformista é a necessidade de possibilitar o acesso a esse conhecimento” (CARVALHO; RUSSO, 2013, p. 2).

Quanto ao acesso à escolarização não há muito o que questionar. O que se percebe nos tempos atuais é um grande incentivo ao acesso à formação escolar representado nos mais diferentes programas de governo voltados à educação. As justificativas políticas podem ser as mais variadas com relação a isso: precisamos elevar os números da educação, o país precisa ser mais produtivo, a escolarização diminui as desigualdade, o desenvolvimento da ciência possibilita progressos à nação, etc. O que parece faltar nesse processo são discussões acerca de que concepção de educação nós seguimos ou o que queremos alcançar com essa concepção de educação que aí está.

Outro elemento que pode ser destacado nesta contextualização é a reflexão sobre o interesse do mercado com relação à produção de conhecimento científico, sobre os interesses do governo nesta mesma área e sobre como isso pode influenciar nos conteúdos que são trabalhados nos mais diferentes níveis escolares. Essa problematização acaba fundamentando a compreensão da estrutura curricular, não só para o ensino de ciências naturais, mas também para outras áreas estratégicas para o desenvolvimento do país.

Santos (1997), apesar de caracterizar a ciência atual como fazendo parte de um novo paradigma, também afirma que a mesma é afetada pela lógica capitalista. Para ele “[...] a industrialização da ciência acarretou o compromisso desta com os centros de poder econômico, social e político, os quais passaram a ter um papel decisivo na definição das prioridades científicas” (p. 34). Como consequência, temos os problemas sociais advindos dessa postura com destaque à degradação ambiental, à falta de limites nas pesquisas científicas, à extrema manipulação da informação genética dos seres, entre outros.

Na racionalidade capitalista não parece haver limites para aquilo que pode ser consumido. O próprio conhecimento, num contexto de sociedade consumista, se torna objeto de consumo. Produzir “conhecimento” de forma rápida para atender as exigências de mercado é um dos critérios apresentados para ser *alguém* nesse tipo de sociedade. Estar ligado a essa característica é critério para ser membro dessa sociedade. Com as pessoas não é diferente. “Os membros da sociedade de consumidores são eles próprios mercadorias de consumo, e é a qualidade de ser uma mercadoria de consumo que os torna membros autênticos dessa sociedade”. (BAUMAN, 2008, p. 76, grifos do autor).

A racionalidade capitalista também se faz sentir na forma como é estruturado e validado o currículo⁷. Válidas e enfatizadas são as disciplinas que estão ligadas diretamente à produção de conhecimento técnico. Disciplinas de fundamentos, sejam filosóficos, sejam históricos ou sociológicos são vistas como secundárias ou que pouco colaboram para a formação técnica do profissional que deseja estar logo no mercado de trabalho. A lógica desse contexto conduz a uma formação rápida, enxuta, direta, prática, que forme profissionais produtivos e competitivos. Sartori (2013) lembra que, sob o manto das diretrizes neoliberais, as universidades se esvaziam de aspectos humanistas e culturais e se voltam muito mais às formações dirigidas à produtividade, às exigências do mercado, à lógica capitalista.

Apesar de toda a justificativa, apesar do trabalho e da ampliação das áreas humanas, de posturas mais críticas, de tentativas de construção de visões mais universalistas e amplas ainda podemos perceber que a ênfase e o predomínio, na educação, é do conhecimento pragmático, produtivo, especializado. A situação da educação em ciências naturais parece respeitar a mesma lógica. Os currículos dos cursos de licenciatura em Física, Química e Biologia concentram suas atividades em conteúdos voltados muito mais para a técnica e para os conteúdos suscitados pelo momento, muitas vezes cumprindo o básico exigido pelas Diretrizes Curriculares Nacionais ou

⁷ Sobre as consequências desse tipo de visão de educação estaremos discutindo adiante quando faremos uma análise das visões internalista e externalista de ciência.

nem mesmo trabalhando conteúdos importantes ligados à filosofia, à sociologia e à história das ciências.

Essa problemática acima descrita não se restringe apenas ao contexto brasileiro. A americana Martha Nussbaum (2010), em seu livro *Sin fines de lucro*, traz para a discussão a situação das disciplinas ligadas às humanidades e relata como em muitos contextos de formação escolar tais disciplinas são enxugadas a um pequeno núcleo, pois as mesmas são vistas como não essenciais. Tais disciplinas não servem aos interesses do mercado que são imediatos e materiais. Nussbaum (2010, p. 183) cita comentários proferidos por Barack Obama, presidente dos Estados Unidos, sobre a avançada educação científica e tecnológica de países do extremo oriente, como Singapura. Para Nussbaum fica evidente que Obama, ao declarar que é necessário se preocupar mais com coisas que importam e menos com coisas que não importam, faz a distinção entre conteúdos e disciplinas ligadas à produtividade (e a carreira laboral) e disciplinas ligadas à cidadania. “Entre os objetivos aos que vale a pena dedicar tempo nunca se menciona uma vida plena de significado nem um exercício atento e respeitoso da cidadania” (NUSSBAUM, 2010, p.183, tradução nossa).

A mesma autora (p. 187) segue expressando sua preocupação com relação ao que a sociedade atual espera da escola e sobre os resultados dessa expectativa.

Distraídos pela busca da riqueza, nos inclinamos cada vez mais por esperar de nossas escolas que formem pessoas aptas a gerar renda em lugar de cidadãos reflexivos. Sob a pressão de reduzir os gastos, recortamos precisamente essas partes de todo o empreendimento educativo que resultam fundamentais para conservar a saúde de nossa sociedade.

Teremos, seguindo essa tendência, nações compostas por pessoas com boa formação técnica, mas incapazes de posturas críticas; produtivas, mas não criativas. Nussbaum toca em questões básicas da educação e questiona o sentido de se educar. Afinal, para que educamos?

Uma das possíveis respostas para a questão apresentada a partir das colocações de Nussbaum poderia encontrar elementos importantes na necessidade de se educar para a produção, para o mundo do trabalho, para a competitividade da sociedade moderna. Sofremos constantemente a pressão do contexto capitalista por produtividade. Ball (apud MAINARDES, 2009, p. 10) menciona a intrincada rede de influências e de redes políticas onde os interesses específicos acabam determinando o que deve ser ensinado e o quanto isso deve ser trabalhado. A indústria de serviços educacionais, caracterizada por parcerias público-privadas, consultorias, programas educacionais específicos voltados à produtividade entre outros elementos transformam esse contexto numa oportunidade massiva de novos lucros.

Produtividade é a palavra que impera, mesmo que, em prol dos números, tenhamos que sacrificar formações mais densas, refletidas e fundamentadas.

Tanto alunos quanto professores se percebem pressionados por produtividade e de preferência que atenda o mercado consumidor. A disputa que aparece nesse sentido é entre a formação de aptidões e desenvolvimento de produtos em curto prazo contra pesquisas mais teóricas que exigem longo tempo e que não são de interesse imediato do mercado consumidor. Mesmo que essa pesquisa teórica traga resultados prováveis em tempos posteriores o apoio financeiro, em geral e em números mais significativos, é direcionado para as pesquisas que prometem resultados mais rápidos e produtos mais atrativos.

Dias Sobrinho (2003, p. 107), numa leitura das universidades inglesas menos consolidadas em comparação com as mais tradicionais, portando mais sujeitas às influências das mudanças do mercado, aponta o seguinte:

A aderência das universidades ao mercado, particularmente à indústria, e a sua vinculação mais efetiva às empresas locais, tendo a avaliação tecnológica e efficientista como instrumento central, tem produzido transformações de caráter essencial na educação superior inglesa nesses últimos vinte anos. Em outras palavras, a avaliação tem tocado nos fundamentos constitutivos dessa instituição. A lógica de mercado em muitos casos se tornou mais forte que os valores acadêmicos e impôs suas regras de maior controle e responsabilização, especialmente nas instituições menos consolidadas e mais abertas a uma espécie de “privatização”.

Isso parece não ser diferente nas universidades brasileiras. Porém não estamos falando de tempos passados, mas de tendências atuais da educação superior. Deixamos de atender aos interesses do conhecimento “pelo conhecimento” para priorizar interesses mercadológicos onde o que está em jogo é a disputa por poderes e recursos econômicos, que, certamente, são importantes, mas que vistos de forma prioritária acabam por distorcer o real papel da universidade: a formação integral do indivíduo. Num país que quer avançar em acelerado desenvolvimento precisamos preparar os acadêmicos para uma eficiente atuação no mercado e a avaliação precisa dar conta desse ponto na formação universitária, mas não pode restringir-se a isso. Avaliar de forma justa é avaliar de forma ampla uma formação que também deveria ser ampla.

A partir dessa contextualização da sociedade atual podemos fazer uma análise mais aprofundada no que diz respeito ao que é ensinado em ciências naturais, refletindo acerca do que a legislação diz sobre esse ensino e sobre a concepção de ciência que balizará essas atividades educacionais. Para a análise de políticas educacionais para o ensino de ciências naturais na universidade precisamos definir alguns elementos centrais. Conceitos como

“ciência”, “educação científica”, “internalismo e externalismo”, “formação em ciências naturais”, entre outros precisam ser discutidos para que a prática educativa nesta área seja melhor fundamentada.

[...] entendemos que o processo de compreensão dos impactos das políticas educacionais nas instituições escolares implica em compreender a forma como seus conceitos centrais são compreendidos pelo professor. Implica em entender a forma como ele se apropria do debate conceitual e como transforma sua compreensão em prática escolar (CARVALHO; RUSSO, 2013, p. 5).

Juntamente com os conceitos centrais, outros elementos são importantes em nossa discussão. Partiremos da análise das Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino de ciências naturais para realizar uma leitura da concepção de ciência que esses documentos apresentam. A essa análise se seguirá uma reconstrução de duas concepções de ciência (internalismo e externalismo) historicamente consolidadas no marco teórico presente nas obras dos autores representantes de cada concepção científica.

Antes mesmo de adentrar na análise específica dos elementos constituintes das DCNs para os curso de licenciatura da área de ciências naturais é importante mencionar alguns aspectos acerca do contexto em que elas são elaboradas. As referidas DCNs são elaboradas dentro de um contexto de aprofundamento das políticas neoliberais motivado pela lógica capitalista de produtividade e de crescimento econômico. Esse processo é motivado e intensificado a partir de acordos firmados entre o Brasil e o Banco Mundial onde é definida a necessidade de parceria e cooperação técnica para o desenvolvimento do país. Nesse acordo, um dos setores mais atingidos foi a educação.

O processo de cooperação do Banco inclui a assessoria aos órgãos centrais de decisão, em áreas de políticas, planejamento e gestão, assim como o desenvolvimento de projetos setoriais específicos. A dita “cooperação técnica” oferecida pelo Banco Mundial à educação brasileira foi realizada por meio de cinco projetos de co-financiamento, desenvolvidos no período 1970-1990. (FONSECA, 2007, p. 229).

A educação se apresenta como um ponto estratégico para o desenvolvimento econômico do país e a exigência do Banco, nesse sentido, é que o país organize a educação a partir dos objetivos da política de desenvolvimento do Banco em nível internacional. (SARTORI, 2013). O desenvolvimento econômico se dá, nessa lógica, a partir da formação técnica que prepara para o trabalho, para a competitividade e para a eficiência produtiva.

Nesse contexto a educação é reorganizada e um novo documento é apresentado em 1996 para orientar os rumos da educação brasileira: a Lei de Diretrizes e Bases para a Educação

Nacional – LDBEN – Lei nº 9394/96. Sob forte influência neoliberal esse documento conduz a educação brasileira dentro da lógica do mercado, com ênfase no crescimento econômico. Sartori (2013, p.88), resgatando ideias de Gentili, traz ao debate a posição do governo brasileiro da época, na tentativa de adequar-se às exigências do Banco Mundial acerca da educação:

[...] o governo implantou um conjunto de receitas perpassadas por princípios “neoliberais” para enfrentar a crise educacional, tais como: avaliação externa da qualidade do ensino, adoção da lógica empresarial na educação, aplicação de provas aos professores para mensurar a qualidade do trabalho pedagógico, municipalização do ensino, reformulação curricular elaborada por tecnocratas (Parâmetros Curriculares Nacionais), formação de professores em programas aligeirados e a distância, entre outras.

Torres (2007) aponta um dos problemas centrais desse processo: uma proposta formulada por economistas para ser executada por educadores. Há, nesse contexto, clara distinção entre o discurso econômico e o discurso pedagógico e o problema que se estabelece é o predomínio e os ditames de um frente ao outro. “As propostas do BM⁸ para a educação são feitas basicamente por economistas dentro da lógica e da análise econômica.” (TORRES, 2007, p. 138). A tarefa educativa é definida por relações mercadológicas (custo-benefício, taxa de retorno, ...), assim como as prioridades de investimento e a qualidade da educação. Isso não significa, em nossa análise, que a educação não deva observar elementos atrelados à lógica do mercado; o problema está quando esta é preponderante diante dos elementos pedagógicos e dita os rumos da educação.

O foco das investidas do Banco Mundial se dá, predominantemente, na educação básica, mas suas consequências também são claras na educação superior. Nas DCNs que analisaremos neste trabalho aparecem claramente expressões vinculadas ao modelo capitalista, produtivista e mercadológico. Preparar o acadêmico para as demandas dos mercados local e nacional tendo em vista as contínuas mudanças do mesmo, com foco na criatividade, na competitividade, na produção, no vínculo da universidade com outros setores produtivos, no domínio de técnicas e tecnologias são características fortes do sistema em questão. Em si, esses elementos são importantes, mas vistos como ferramentas de um sistema maior e com pretensões maiores acabam significando problemas num processo de educação que consideramos mais amplo. O problema não está neles mesmos, mas está na disparidade entre esses elementos, tidos como importantes no processo de formação acadêmica, frente a elementos vinculados a análises históricas, filosóficas e sociais que também fazem parte da formação superior. Esses últimos

⁸ Banco Mundial.

elementos também são mencionados nas DCNs, mas com velado prejuízo. Se compararmos as exigências de conhecimento específico com as exigências vinculadas à formação humana há disparidade entre elas. Os documentos que orientam a educação, seja em que nível for, orientam segundo as concepções políticas que estão em suas bases.

Ao mesmo tempo em que nos preocupamos em discutir os fundamentos teóricos voltados às políticas educacionais para o campo da formação em ciências naturais, também nos preocupamos em pensar nos impactos reais que tal discussão pode trazer. Campos (2009, p.27) aponta o problema da desconexão que existe entre muitos debates das políticas educacionais e os reais problemas da prática educativa: “[...] é possível identificar certa frustração com a pesquisa acadêmica, julgada, por aqueles que precisam tomar decisões sobre política educacional, como pouco objetiva, fragmentada e distanciada dos problemas educacionais considerados mais urgentes”. No caso das ciências naturais e de seu ensino, podemos ter rumos bastante diferentes para os mesmos, dependendo da concepção de ciência que orienta tais ações. Ao seguirmos fielmente o que dizem as DCNs para o ensino de ciências naturais, que tipo de formação podemos ter? A ciência funciona a partir, somente, de seus elementos internos? Elementos externos à ciência têm alguma influência no que entendemos por ciência e em como ensinamos a mesma? Quanto a sociedade complexa moderna determina a concepção de ciência e o ensino de ciências?

No início desse ponto já mencionamos que a sociedade contemporânea desestabilizou as concepções de ciência tradicionais e as características de “pureza” e de “neutralidade científica” já não se aplicam à ciência atualmente. Na realidade tais características nunca se aplicaram à ciência, na medida em que admitimos a influência de elementos externos ao exercício científico. Em dimensões mais amplas podemos perceber o quanto a educação também é influenciada por fatores externos. Em sociedades contemporâneas, plurais e complexas, num mundo globalizado e conectado educar cientificamente é um desafio cada vez maior, apesar das aparentes facilidades do mundo virtualizado e “acessível” a todos. Chassot (2003a, p. 25) afirma que “não temos dúvidas do quanto a globalização confere novas realidades à Educação”. Nesse sentido, o mesmo autor (2003a, p. 25) segue argumentando que nossa análise deve contemplar duas direções: “Primeira, como são diferentes as múltiplas entradas que o mundo exterior faz na sala de aula e, a outra direção, como esta sala de aula se exterioriza, atualmente, de uma maneira diferenciada”. A escola não pode se fechar em suas paredes; na verdade nunca pode, pois, em sua pretensão de compreender o mundo, precisa sair. Ao mesmo tempo suas análises e descobertas não podem ficar reclusas. Num mundo virtualizado, em um contexto atual, isso parece até incoerente com a educação. “Publicar”, divulgar, compartilhar é

algo cada vez mais fácil, bem como acessar informação e construir conhecimento. Nesse novo contexto o papel da escola e do educador precisa ser permanentemente resignificado, transformado para não perder o sentido de ser.

As contribuições desse tipo de investigação podem ir desde a fundamental problematização da questão da formação dos indivíduos para a docência na área de ciências naturais até a verificação do cumprimento da proposta objetivada nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação nessa área. Certamente podemos encontrar, em uma rápida investigação, docentes, coordenadores de curso e até mesmo cursos e programas voltados à formação nessa área que estão acompanhando simplesmente as tendências mercadológicas sem se preocupar com uma formação mais estruturada. Como já mencionamos, a educação, em qualquer área, deve estar voltada à formação integral (humana e técnica) para que seja uma educação mais autêntica, mais crítica, que abra horizontes e amplie a compreensão de mundo.

Chassot (2011, p.108) aponta duas direções possíveis:

Parece que se pode afirmar a ocorrência de apenas duas alternativas de escolha. Uma, onde se oferece um ensino que pode propiciar que se continue cada vez mais dominados e mais domesticados para aceitar as relações de desigualdade; a outra é que, pela educação alunos e alunas tornem-se capazes de compreender a realidade em que estão inseridos e então modificá-la na busca de transformações.

A busca de transformações e a efetivação das mesmas passam primeiramente pela compreensão ampla dos elementos que estão em jogo. Ensinar ciência pressupõe uma compreensão de ciência. Tal compreensão pode ser mais ou menos aprofundada e isso faz toda a diferença quando abordamos a formação de docentes para o ensino de ciências naturais. Os passos seguintes serão no sentido de investigar quais são as concepções de ciência presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o ensino de Biologia, Física e Química e compará-las com as posições apresentadas nas visões internalista e externalista de ciência.

É importante perceber que há clara preocupação nas DCNs no sentido de apresentar elementos norteadores para a construção da organização dos cursos (desde o perfil dos formados e as competências e habilidades a serem desenvolvidas por eles durante o curso até os conteúdos a serem trabalhados e a estrutura do curso como um todo). Diante dos desafios da atualidade, chama a atenção a preocupação apontada pelas DCNs no sentido de fornecer elementos aos cursos de ciências naturais para preparar os formandos para tais situações.

1.2 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas, para os cursos de Física e para os cursos de Química, Bacharelado e Licenciatura Plena.

Neste ponto estaremos descrevendo elementos que consideramos importantes em nossa análise acerca da concepção de ciência presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação nas áreas de Biologia, de Física e de Química⁹. Como já mencionado, tais elementos serão necessários para construirmos, em comparação com as concepções internalista e externalista de ciência, uma visão do que se quer com a formação em ciências naturais, com foco nas licenciaturas, e o que acontece quando optamos por uma ou por outra visão de ciência.

1.2.1 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas

Aprovadas em 6 de novembro de 2001, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas abordam em seu texto os seguintes pontos: 1) perfil dos formados, 2) competências e habilidades, 3) estrutura do curso e 4) conteúdos curriculares subdividindo-os em básicos, específicos e estágios e atividades complementares.

No primeiro ponto, perfil dos formandos, recebe ênfase a formação geral do acadêmico. Nesse sentido o estudante deve preocupar-se com as posturas crítica e ética, juntamente com a formação cidadã, bem como deve buscar fundamentação teórica adequada para uma boa atuação profissional. A formação dos cursos de Biologia precisa preparar o profissional para atuar com responsabilidade nos diversos meios onde a ciência da biologia precise se fazer presente tanto nos aspectos técnico-científicos, quanto na formulação de políticas ligadas ao conhecimento biológico. Rigor científico, cidadania, comprometimento com os resultados da ação se ligam à necessidade de agir pautado por referenciais éticos legais.

Chama a atenção a alínea ‘e’ desse primeiro ponto. A mesma diz que, dentre as características do formado em biologia uma é a de “ser consciente de sua responsabilidade como educador, nos vários contextos de atuação profissional” (BRASIL, 2001a, p. 3). Fica evidente a preocupação dos responsáveis por elaborar as DCNs para os cursos de Biologia com o potencial educador que o biólogo tem a partir de sua área de conhecimento, seja pela educação ambiental, seja pela educação para a saúde e bem estar, seja pelo respeito à história da vida,

⁹ Numa leitura atenta das Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos mencionados podemos perceber que somente as Diretrizes para o curso de Química têm mencionado em seu título as designações “Bacharelado e Licenciatura Plena”. As Diretrizes Curriculares para os cursos de Biologia e para os cursos de Física tratam de ambas as formações, mas deixam isso claro somente em seu texto.

entre outros elementos. Independentemente de se estar formando o bacharel ou o licenciado em biologia, pressupõe-se a capacidade de formação que tal graduado tenha a partir de seu conhecimento específico.

As atuações multi e interdisciplinar também aparecem como característica que deve estar presente no formando em biologia. Junto a isso se soma a adaptabilidade do graduado com relação à dinâmica do mercado de trabalho, a suas inovações e mudanças. Com isso se espera que o formado nesta área possa contribuir para o crescimento e para o aperfeiçoamento do conhecimento da Biologia.

No segundo ponto, competências e habilidades, novamente aparecem elementos vinculados à postura ética, à responsabilidade social e ambiental, ao direito à vida, à solidariedade, etc. Menciona-se também a necessidade de reconhecimento de discriminações de várias naturezas (racial, social, de gênero), lembrando que tais discriminações, muitas vezes, têm seu fundamento em pressupostos biológicos. Porém, não basta reconhecer tais discriminações, continuam as Diretrizes, pois é necessário que se tenha uma postura crítica diante disso, buscando em pressupostos epistemológicos coerentes e em bibliografia de referência argumentos para uma posição crítica fundamentada frente ao problema.

Outras habilidades destacadas referem-se à atuação profissional do biólogo no que se refere a pesquisas básicas e aplicadas por ele realizadas. Os resultados dessas pesquisas precisam ser divulgados em veículos adequados a fim de divulgar e ampliar os conhecimentos construídos na área. A isso também se liga a habilidade de educar a partir de seu conhecimento (técnico, histórico, político), comprometido com a construção da cidadania, levando em consideração aspectos socioambientais.

A seguir aparece um item, ainda referente às competências e habilidades que devem estar presentes no formado em biologia, de interesse direto desse nosso trabalho: “entender o processo histórico de produção do conhecimento das ciências biológicas referentes a conceitos/princípios/teorias”. (BRASIL, 2001a, p. 4). No momento estamos nos atendo à descrição das Diretrizes Curriculares Nacionais e, por isso, não faremos uma análise minuciosa dos elementos ligados à história, à filosofia e à sociologia da ciência por hora. Isso acontecerá mais adiante. É importante, porém, pontuar a presença, mesmo que rápida e pouco explorada, da exigência de competências voltadas à fundamentação histórica dos conceitos, princípios e teorias que são estudados durante o curso de formação, neste caso, em biologia. Mais adiante também vão aparecer menções à presença de fundamentos da filosofia e da sociologia no curso de biologia.

A relação de competências e habilidades que precisam ser desenvolvidas no curso de biologia segue mencionando a importância do uso da metodologia científica nas diferentes atividades desenvolvidas pelo formado em biologia¹⁰, bem como menciona a importância do comprometimento com a transformação do contexto sócio-político e lembra a necessidade de permanente atualização para atender o mercado de trabalho¹¹ em contínua transformação.

Diante de decisões o formado em Ciências Biológicas deve orientar-se por valores e pressupostos metodológicos alinhados com a democracia, com o respeito à diversidade étnica e cultural, principalmente com as culturas locais, e com a biodiversidade. Atuar multi e interdisciplinarmente é outra competência a ser desenvolvida. Seja como biólogo ou como professor de biologia, esse profissional estará atuando com profissionais com outras formações. O diálogo a partir de elementos provenientes de formações diferentes pode e deve ser enriquecedor e importante qualificador do trabalho em equipe.

Estar ciente dos possíveis ou reais impactos decorrentes de novos conhecimentos/tecnologias/serviços e produtos resultantes de sua atividade profissional, considerando aspectos éticos, sociais e epistemológicos é outra importante competência a ser desenvolvida pelo profissional formado em Ciências Biológicas. Isso está em consonância com a habilidade de ser flexível, aceitar mudanças, abandonar algumas posturas dogmáticas e realizar as devidas adaptações, seja a partir de exigências éticas, seja a partir de mudanças exigidas por novos tempos ou por avanços no conhecimento.

No terceiro ponto, referente à estrutura do curso, são apresentadas as exigências com relação aos elementos que o curso deve oferecer ao aluno. Nesse ponto aparece a exigência de uma formação básica sólida, inter e multidisciplinar, com estrutura curricular flexível e que contemple os interesses e necessidades dos alunos. Deve também “garantir um ensino problematizado e contextualizado, assegurando a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.” (BRASIL, 2001a, p. 5). Enfatizam-se os trabalhos de campo e de laboratório, bem como a competência dos alunos no que se refere à produção de conhecimento. A isso se vincula o estímulo a atividades de socialização do conhecimento produzido, tanto por docentes como por discentes. A estrutura do curso precisa também estimular atividades de formação curriculares e extracurriculares como iniciação científica, monografias, monitorias, estágios,

¹⁰ Lembrando que essas competências se referem ao formado em Ciências Biológicas, tanto o bacharel quanto o licenciado. O uso da metodologia científica deve acontecer, segundo as DCNs para os cursos de Ciências Biológicas, no “planejamento, gerenciamento e execução de processos e técnicas visando o desenvolvimento de projetos, perícias, consultorias, emissão de laudos, pareceres etc. em diferentes contextos”. (BRASIL, 2001a, p.4).

¹¹ Preparar para o mercado é importante. Adiante, porém, apresentaremos algumas análises que mostram como pode ser problemática a formação acadêmica que visa, quase que exclusivamente, atender o mercado de trabalho esquecendo outros elementos importantes na formação do ‘cientista’.

etc. A implantação do currículo precisa ser em caráter experimental e estar aberto a modificações quando necessário, a partir de constantes avaliações, com o devido tempo necessário para a implementação das mudanças. As disciplinas e atividades do curso precisam ser distribuídas ao longo do tempo da graduação de forma que se apresentem devidamente interligadas.

O item que chama atenção neste terceiro ponto e que é de nosso interesse maior é colocado nas seguintes palavras: “levar em conta a evolução epistemológica dos modelos explicativos dos processos biológicos”. (BRASIL, 2001a, p. 5). Tal ponto mostra a importância de se levar em consideração a mudança de paradigmas dentro dos modelos explicativos da biologia, vendo as bases do conhecimento biológico não como algo estático e hodierno, mas como uma estrutura dinâmica, mutável e adaptável. Certamente tal princípio é possível na medida em que se trabalham conteúdos, discussões e reflexões vinculados à história, à filosofia e à sociologia da ciência, numa visão ampliada de ciência.

Quanto aos conteúdos curriculares a serem desenvolvidos na formação em biologia, são eles divididos em três grupos (conteúdos básicos, conteúdos específicos e estágios e atividades complementares) e apresentados no quarto e último ponto das DCNs para os cursos de Ciências Biológicas.

Os conteúdos básicos englobam os conhecimentos biológicos e das áreas das ciências exatas, ciências da terra e ciências humanas e define os seguintes conteúdos, juntamente com seus temas específicos, como fundamentais: biologia celular, molecular e evolução, diversidade biológica, ecologia, fundamentos das ciências exatas e da terra, fundamentos filosóficos e sociais. Nesse último grande grupo de conhecimentos básicos encontramos os seguintes aspectos específicos:

Reflexão e discussão dos aspectos éticos e legais relacionados ao exercício profissional. Conhecimentos básicos de: História, Filosofia e Metodologia da Ciência, Sociologia e Antropologia, para dar suporte à sua atuação profissional na sociedade, com a consciência de seu papel na formação de cidadãos. (BRASIL, 2001a, p. 6)

Novamente se percebe a menção aos conteúdos voltados a outras áreas que não sejam as áreas específicas e técnicas do curso. Como já apontado anteriormente, adiante serão mais explorados os elementos em questão e que se referem à formação ampla ou estreita do licenciado em ciências naturais.

No que se refere aos conteúdos específicos percebemos a necessidade de atender as modalidades de Licenciatura e de Bacharelado.

A modalidade de Bacharelado deverá possibilitar orientações diferenciadas, nas várias subáreas das Ciências Biológicas, segundo o potencial vocacional das IES e as demandas regionais. A modalidade de Licenciatura deverá contemplar, além dos conteúdos próprios das Ciências Biológicas, conteúdos nas áreas de Química, Física e da Saúde, para atender ao ensino fundamental e médio. A formação pedagógica, além de suas especificidades, deverá contemplar uma visão geral da educação e dos processos formativos dos educandos. Deverá também enfatizar a instrumentação para o ensino de Ciências no nível fundamental e para o ensino da Biologia, no nível médio. (BRASIL, 2001a, p.6)

Em ambos os casos é estimulada a construção de monografia como trabalho de conclusão de curso. Ainda para a licenciatura, são incluídos conteúdos voltados à Educação Básica a partir das Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores em nível superior, bem como as Diretrizes Nacionais para a Educação Básica e para o Ensino Médio.

O estágio curricular é atividade obrigatória e supervisionada, contabilizando horas e créditos. As atividades complementares são estimuladas como “estratégia didática para garantir a interação teoria-prática” (BRASIL, 2001a, p. 6). Podem ser contabilizadas a partir de monitorias, de iniciação científica, de apresentação de trabalhos em congressos e seminários, de iniciação à docência, de cursos e atividades de extensão, etc.

1.2.2 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de física começam definindo o perfil dos formandos da seguinte maneira:

O físico, seja qual for sua área de atuação, deve ser um profissional que, apoiado em conhecimentos sólidos e atualizados em Física, deve ser capaz de abordar e tratar problemas novos e tradicionais e deve estar sempre preocupado em buscar novas formas do saber e do fazer científico ou tecnológico. Em todas as suas atividades a atitude de investigação deve estar sempre presente, embora associada a diferentes formas e objetivos de trabalho. (BRASIL, 2001b, p.3).

A partir dessa definição geral, as DCNs para os cursos de Física apontam que os formados em Física podem, a partir de um núcleo básico comum, apresentar formações com perfis específicos. Nesse sentido podem se distinguir as seguintes especificações na formação do físico: Físico pesquisador (desenvolve pesquisa básica ou aplicada em universidades e centros de pesquisa), Físico educador (não se refere apenas à licenciatura, mas engloba qualquer tipo de formação ou disseminação do conhecimento científico), Físico tecnólogo (dedica-se ao desenvolvimento de equipamentos e processos) e Físico interdisciplinar (utiliza o instrumental

teórico e/ou experimental da Física em conexão com outras áreas do saber como, por exemplo, Física Médica, Meteorologia, Geofísica, Biofísica, etc.) (BRASIL, 2001b, p.3).

Há uma clara preocupação presente no segundo ponto das DCNs para os cursos de Física quanto às competências e habilidades a serem desenvolvidas durante o curso. Tal preocupação se refere às mudanças que acontecem de forma cada vez mais rápida na sociedade atual o que exige do formado em Física uma formação a partir de perspectivas tradicionais, mas que também contemplem os novos desafios que se apresentam aos profissionais da área.

As competências destacadas neste documento são as seguintes:

1. Dominar princípios gerais e fundamentos da Física, estando familiarizado com suas áreas clássicas e modernas; 2. Descrever e explicar fenômenos naturais, processos e equipamentos tecnológicos em termos de conceitos, teorias e princípios físicos gerais; 3. Diagnosticar, formular e encaminhar a solução de problemas físicos, experimentais ou teóricos, práticos ou abstratos, fazendo uso dos instrumentos laboratoriais ou matemáticos apropriados; 4. Manter atualizada sua cultura científica geral e sua cultura técnica profissional específica; 5. Desenvolver uma ética de atuação profissional e a consequente responsabilidade social, compreendendo a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos. (BRASIL, 2001b, p.4).

Chamo atenção novamente aos elementos de nosso interesse quando percebemos nessa lista de competências a serem desenvolvidas a menção a elementos ligados à filosofia, à sociologia e à história dentro da formação do físico.

A seguir, é elencada uma série de habilidades, separadas em habilidades gerais e habilidades específicas a serem adquiridas ao longo do curso de Física. Na lista de habilidades gerais se destacam as seguintes: o uso da linguagem matemática para expressar fenômenos naturais, a solução de problemas experimentais, elaboração e utilização de modelos físicos, o uso da linguagem científica, o uso dos recursos de informática, uso de novas técnicas, de novos métodos e de novos instrumentos, reconhecer as relações da Física com outras áreas do saber, apresentação dos resultados científicos em diferentes formas de expressão (relatórios, publicações, eventos, palestras).

As DCNs para os cursos de Física não relacionam as habilidades específicas das diferentes especialidades de formação do físico alegando que não seria oportuno fazê-lo em um mercado em contínua mudança. Cabe às Instituições de Ensino Superior elaborar a lista de habilidades que melhor atendem ao mercado, no momento da formação do acadêmico, segundo o documento em estudo. Nesse sentido o referido documento dá total autonomia às Instituições de Ensino Superior. Nele, porém, são destacados dois itens ligados à Licenciatura em Física:

1. O planejamento e o desenvolvimento de diferentes experiências didáticas em Física, reconhecendo os elementos relevantes às estratégias adequadas. 2. A elaboração ou adaptação de materiais didáticos de diferentes naturezas, identificando seus objetivos formativos, de aprendizagem e educacionais. (BRASIL, 2001b, p.5).

Recebe ainda destaque aquilo que as DCNs para os cursos de Física chamam de *vivências* do processo educacional mais integrado na formação do graduado em Física. Nessa lista de vivências estão os seguintes pontos:

Ter realizado experimentos em laboratórios; 2. Ter tido experiência com o uso de equipamento de informática; 3. Ter feito pesquisas bibliográficas, sabendo identificar e localizar fontes de informação relevantes; 4. Ter entrado em contato com ideias e conceitos fundamentais da Física e das Ciências, através da leitura de textos básicos; 5. Ter tido a oportunidade de sistematizar seus conhecimentos e seus resultados em um dado assunto através de, pelo menos, a elaboração de um artigo, comunicação ou monografia; 6. No caso da Licenciatura, ter também participado da elaboração e desenvolvimento de atividades de ensino. (BRASIL, 2001b, p.5).

Para dar conta das competências e habilidades, bem como atender os perfis apresentados para o formando em Física, os cursos de Física podem, segundo suas DCNs, ser divididos em duas partes:

I. Um núcleo comum a todas as modalidades dos cursos de Física.
 II. Módulos sequenciais especializados, onde será dada a orientação final do curso. Estes módulos podem conter o conjunto de atividades necessárias para completar um Bacharelado ou Licenciatura em Física nos moldes atuais ou poderão ser diversificados, associando a Física a outras áreas do conhecimento como, por exemplo, Biologia, Química, Matemática, Tecnologia, Comunicações, etc. [...] (BRASIL, 2001b, p.5).

Ao núcleo comum é reservada aproximadamente 50% da carga horária e para os módulos sequenciais especializados podemos ter destaques diferentes (como vimos anteriormente no perfil dos formandos) como Físico-pesquisador (Bacharelado em Física), Físico-Educador (Licenciatura em Física), Físico Interdisciplinar (Bacharelado ou Licenciatura em Física e Associada) e Físico-Tecnólogo (Bacharelado em Física Aplicada).

As áreas relativas ao núcleo comum contêm conteúdos ligados à Física Geral, à Matemática, às Físicas Clássica (conceitos estabelecidos, em sua maior parte, anteriormente ao século XX – mecânica clássica, eletromagnetismo e termodinâmica) e Física Moderna e Contemporânea (desde o início do século XX – mecânica quântica, física estatística, relatividade e aplicações) e disciplinas complementares. Sobre as disciplinas complementares encontramos no documento em análise o seguinte:

O núcleo comum precisa ainda de um grupo de disciplinas complementares que amplie a educação do formando. Estas disciplinas abrangeriam outras ciências naturais, tais como Química ou Biologia e também as ciências humanas contemplando questões como Ética, *Filosofia e História da Ciência*, Gerenciamento e Políticas Científicas, etc. (BRASIL, 2001b, p.7, grifo nosso).

Dentre as áreas específicas dos módulos sequenciais especializados vamos apenas mencionar os elementos referentes ao Físico-Educador.

Físico-Educador – No caso desta modalidade, os sequenciais estão voltados para o ensino da Física e deverão ser acordados com os profissionais da área da educação quando pertinente. Esses sequenciais poderão ser distintos para, por exemplo, (i) instrumentalização de professores de Ciências do ensino fundamental; (ii) aperfeiçoamento de professores de Física do ensino médio; (iii) produção de material instrucional; (iv) capacitação de professores para as séries iniciais do ensino fundamental. Para a licenciatura em Física, serão incluídos no conjunto dos conteúdos profissionais, os conteúdos da Educação Básica, consideradas as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores em nível superior, bem como as Diretrizes Nacionais para a Educação Básica e para o Ensino Médio. (BRASIL, 2001b, p.7).

Por fim, as DCNs para os cursos de Física estimulam a inclusão de estágios nos currículos dos cursos, seja para realizá-lo em instituições de pesquisa, seja em universidades, indústrias, empresas ou escolas. Outra atividade estimulada pelo documento é a construção de monografia referente à aplicação de procedimentos científicos na análise de determinado problema.

1.2.3 Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química, Bacharelado e Licenciatura Plena

Nas três Diretrizes Curriculares encontramos um relatório como primeiro item de texto. Os relatórios da Biologia e da Física são breves e caracterizam a área e o curso. Recebe destaque, porém, o relatório da Química. O mesmo inicia contextualizando a sociedade atual, citada por ela como pós-modernidade, caracterizada pela sociedade pós-industrial, pela compreensão de homem como um ser pluridimensional, pelas novas concepções de limites, distâncias e tempo, pelo sentimento de responsabilidade com relação aos recursos naturais, pela busca de qualidade de vida, pela rapidez na produção e difusão de ideias, etc.

Nessa contextualização é citada a responsabilidade da universidade na formação dos indivíduos:

Como produtora de saber e formadora de intelectuais, docentes, técnicos e tecnólogos, a universidade contribui para a construção contínua do mundo e sua configuração presente. Por outro lado, sua amplitude e abrangência organizacional e possibilidade de ação resultam do modelo de país no qual se insere e das respectivas políticas educacionais. Assim, verificado este novo momento histórico, esta nova complexidade vivencial, veloz e mutante, a universidade brasileira precisa repensar-se, redefinir-se, instrumentalizar-se para lidar com um novo homem de um novo mundo, com múltiplas oportunidades e riscos ainda maiores. Precisa, também, ser instrumento de ação e construção desse novo modelo de país. (BRASIL, 2001c, p.1).

O documento segue dizendo que entre professores, associações científicas e dirigentes de políticas educacionais é consenso que o atual paradigma de ensino é inviável e ineficaz. “Os currículos vigentes estão transbordando de conteúdos informativos em flagrante prejuízo dos formativos, fazendo com que o estudante saia dos cursos de graduação com ‘conhecimentos’ já desatualizados e não suficientes para uma ação interativa e responsável na sociedade, seja como profissional, seja como cidadão.” (BRASIL, 2001c, p.2).

Frente a isso, continua o documento, é necessário criar um novo modelo de curso superior, destacando o papel do estudante no processo de aprendizagem. O papel do professor também muda: de “ensinar coisas e soluções” para “ensinar **o estudante a aprender** coisas e soluções”. (BRASIL, 2001c, p.1, grifos do autor).

Fundamentados na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96) as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química expressam preocupação com a formação mais ampla do seu acadêmico com a inclusão no currículo de temas que suscitem reflexões acerca do caráter do indivíduo, da responsabilidade, da ética. Também é destacada a necessidade de se construir currículos mais abertos e flexíveis, que permitam a inserção de temas regionais e que atendam habilidades específicas dos estudantes.

O estudante deve ter tempo e ser estimulado a buscar o conhecimento por si só, deve participar de projetos de pesquisa e grupos transdisciplinares de trabalho, de discussões acadêmicas, de seminários, congressos e similares; deve realizar estágios, desenvolver práticas extensionistas, escrever, apresentar e defender seus achados. E mais: aprender a “ler” o mundo, aprender a questionar situações, sistematizar problemas e buscar criativamente soluções. Mais do que armazenar informações, este novo profissional precisa saber onde e como rapidamente buscá-las, deve saber como “construir” o conhecimento necessário a cada situação. Assim, as diretrizes curriculares devem propiciar às instituições a elaboração de currículos próprios adequados à formação de cidadãos e profissionais capazes de transformar a aprendizagem em processo contínuo, de maneira a incorporar, reestruturar e criar novos conhecimentos; é preciso que tais profissionais saibam romper continuamente os limites do “já-dito”, do “já-conhecido”, respondendo com criatividade e eficácia aos desafios que o mundo lhes coloca. (BRASIL, 2001c, p.2).

Para que esses novos currículos possam ser eficazes, continua o documento, é necessário o envolvimento de professores e de estudantes. Ação participativa e consciente, com

atualização didático-pedagógica, com o uso das novas tecnologias são elementos auxiliares na implementação de currículos novos em novos tempos.

A partir desse relatório inicial se traçam os itens que compõe as Diretrizes Curriculares para os cursos de Química, Bacharelado e Licenciatura Plena. O primeiro item fala do perfil dos formandos, dividindo-os em bacharel e licenciado. Ambos precisam ter uma formação generalista. Ao bacharel cabe o domínio das técnicas básicas de utilização de laboratórios e de equipamentos, atuando nas mais diferentes esferas sociais, resolvendo problemas e desenvolvendo novas tecnologias. Ao licenciado é necessário o domínio do conhecimento nas mais diversas áreas da Química acompanhado de domínio dos conhecimentos pedagógicos necessários para a atuação desse profissional na educação fundamental e média.

O segundo item fala das competências e habilidades do formado em Química e também separa exigências ao bacharel e ao licenciado. Referente ao bacharelado e à sua formação pessoal, as competências e habilidades a serem desenvolvidas referem-se aos seguintes elementos: possuir conhecimento sólido e abrangente na área de atuação, possuir habilidades suficientes em Matemática, possuir capacidade crítica, saber trabalhar em equipe, desenvolver autonomia, buscar auto-aperfeiçoamento contínuo, ter formação humanística. Com relação à compreensão da Química, além de conhecer os conceitos, leis e princípios da área e de conhecer as principais propriedades físicas e químicas dos elementos e compostos químicos é preciso que o bacharel em Química consiga reconhecê-la “como uma construção humana e compreendendo os aspectos históricos de sua produção e suas relações com os contextos cultural, socioeconômico e político. (BRASIL, 2001c, p.5). A seguir o documento segue com extensas listas com habilidades e competências com relação à busca de informação, comunicação e expressão, com relação ao trabalho de investigação científica e produção/controlado de qualidade, com relação à aplicação do conhecimento em Química e com relação à profissão.

Interessa-nos mais o detalhamento das competências e habilidades referentes ao licenciado em Química. No que se refere à formação pessoal, as exigências que são mencionadas vinculam-se à formação sólida e abrangente na área da Química, à capacidade crítica, ao trabalho em equipe, ao auto aperfeiçoamento, à formação humanística, à capacidade de preparar e desenvolver material didático, à preparação para a pesquisa. Destacamos, nesse conjunto de elementos vinculados à formação pessoal do licenciado em Química as seguintes capacidades:

Identificar os aspectos filosóficos e sociais que definem a realidade educacional; identificar o processo de ensino/aprendizagem como processo humano em construção; ter uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção. (BRASIL, 2001c, p.6).

Quanto à compreensão da Química, assim como para o bacharel, o licenciado também precisa compreender os conceitos, leis e princípios dessa ciência, bem como conhecer as principais propriedades físicas e químicas dos elementos e compostos. Também precisa estar acompanhando e compreendendo os principais avanços científico-tecnológicos e educacionais de sua área e deve entender a Química como construção humana a partir dos elementos culturais, socioeconômicos e políticos a ela vinculados.

Com relação à busca de informação e à comunicação e expressão, são citados elementos importantes na formação do químico no que se refere à busca de conhecimento em diferentes fontes, inclusive a partir da modalidade eletrônica. Ler, compreender e interpretar textos científico-tecnológicos, inclusive em outras línguas que não sejam a pátria também é importante na qualificação desse profissional. Especificamente com relação ao licenciado é importante que o mesmo seja capaz de avaliar e produzir criticamente material didático. Finalmente, neste item, aparece a necessidade de boas relações interpessoais, bem como é necessário se ter uma boa comunicação para expor projetos e resultados de pesquisas nas mais diferentes linguagens.

No item que trata especificamente do ensino de Química, encontramos os seguintes elementos:

Refletir de forma crítica a sua prática em sala de aula, identificando problemas de ensino/aprendizagem; compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade; saber trabalhar em laboratório e saber usar a experimentação em Química como recurso didático; possuir conhecimentos básicos do uso de computadores e sua aplicação em ensino de Química; possuir conhecimentos dos procedimentos e normas de segurança no trabalho; conhecer teorias psicopedagógicas que fundamentam o processo de ensino-aprendizagem, bem como os princípios de planejamento educacional; conhecer os fundamentos, a natureza e as principais pesquisas de ensino de Química; ter atitude favorável à incorporação, na prática, dos resultados da pesquisa educacional em ensino de Química, visando solucionar os problemas relacionados ao ensino/aprendizagem. (BRASIL, 2001c, p.7-8)

Com relação à profissão, último item que trata das competências e habilidades a serem desenvolvidas pelo formado em Química, temos uma série de elementos a serem considerados. Entre esses elementos a serem desenvolvidos estão a consciência da importância da profissão para o desenvolvimento social e coletivo, a capacidade de difundir o conhecimento, a

capacidade de atuar no magistério considerando os itens acima expostos, ser dinâmico, criativo, buscando novas alternativas educacionais, conhecer criticamente os problemas educacionais brasileiros, considerar fatores importantes no contexto educacional (contexto socioeconômico, política educacional, administração escolar, etc.), assumir o compromisso educacional de forma consciente preparando seus alunos para o exercício da cidadania e exercer outras atividades na sociedade a partir de uma sólida formação em curso superior.

A estrutura do curso precisa primar, para conquistar formados com as exigências acima colocadas, pela formação interdisciplinar, com diálogo entre as áreas a serem trabalhadas no curso e evitando a compartimentalização dos conhecimentos.

Referente aos conteúdos, os mesmos são apresentados nas DCNs para os cursos de Química organizados em básicos (Matemática, Física e Química) e de conteúdos específicos que podem variar respeitando as dinâmicas locais e as expectativas e capacidades dos alunos ou ao perfil acadêmico de determinada instituição de ensino superior. Com relação às atividades complementares, precisam ser respeitadas atividades vistas como essenciais para a formação humanística, interdisciplinar e gerencial. “Sugerem-se, para este segmento curricular, conteúdos de filosofia, história, administração, informática, instrumental de língua portuguesa e línguas estrangeiras, dentre outros.” (BRASIL, 2001c, p.9). Nos conteúdos complementares também são incluídas as monografias de conclusão de curso.

[...]

As DCNs para os cursos de licenciatura em ciências naturais trazem uma série de elementos interessantes para entendermos o que se quer a partir da formação nesses cursos de graduação. Tais elementos apontam concepções de educação, concepções de ciência, desafios a serem enfrentados e rumos para a formação. Ao mesmo tempo em que há o balizamento acerca das ações no interior dos cursos, há também certa flexibilidade de adaptação de elementos importantes a cada contexto. Porém as diretrizes não deixam de enfatizar certas concepções.

Sem dúvida, as referidas DCNs exigem análise cuidadosa e um processo de interpretação para uma compreensão mais profunda de seus pressupostos. Esse processo de análise, interpretação e compreensão suscitam bases epistemológicas que sirvam de referência para tal leitura. Não lemos nada sem um ponto de vista. Também não assumimos postura sem um lugar a partir do qual possamos construir determinada visão de mundo. Toda leitura é

orientada a partir de uma base teórica, a partir de um marco teórico ou como diz Tello (2013), a partir de uma base epistemológica.

A proposta do capítulo seguinte é realizar, inicialmente, uma reflexão sobre a necessidade da construção de uma firme base epistemológica para que uma leitura mais atenta das DCNs para os cursos de licenciatura em ciências naturais seja possível. A seguir estaremos desenvolvendo argumentações e expondo características referentes a duas distintas visões de ciência: o internalismo e o externalismo. Esse processo de exposição argumentativa permitirá, no terceiro capítulo, a análise dos elementos presentes nas DCNs para os cursos de licenciatura em ciências naturais em confronto com uma e com outra concepção de ciência.

2 INTERNALISMO E EXTERNALISMO: DUAS DIFERENTES BASES EPISTEMOLÓGICAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA

Em ciência, mandar tocar a música e dançar bem são duas coisas diferentes.

Michael R. Matthews

La nueva sociología y la nueva historia de la ciencia no tratan de expulsar a los viejos sacerdotes del templo, sino derribar las murallas que lo rodean.

Esteban Medina.

Neste capítulo estaremos desenvolvendo argumentos acerca da importância do marco teórico na construção de uma concepção de ciência. Num primeiro ponto iremos buscar fundamentos para justificar a necessidade de se ter claro a partir de que base epistemológica construímos nossa concepção de ciência para, nos pontos seguintes, apresentar as visões internalista e externalista de ciência como duas possibilidades para tal construção.

2.1 A importância da base epistemológica na construção de uma visão de ciência

Lemos o mundo a partir de um marco teórico. Só é possível interpretar fatos, ideias ou situações quando os analisamos a partir de uma bagagem teórica que possuímos. Para tanto, não precisamos, necessariamente, de grandes teorias ou sistemas teóricos para analisar o que se sucede ao nosso redor. É o caso do senso comum que lê e interpreta as coisas a partir de experiências pessoais ou de conhecimentos herdados culturalmente e se satisfaz com esse nível de interpretação dos fenômenos do mundo. Mesmo nesses casos há interpretação do mundo, apesar de, na sua maioria, serem interpretações superficiais e sem conhecimento profundo no que diz respeito às ligações entre causa e efeito. Certamente esse nível de interpretação não satisfaz a ciência.

Quando tentamos entender o que é ciência podemos fazê-lo recorrendo às concepções comuns de ciência onde a mesma é vista como algo distante da maioria das pessoas ou como algo que tenta, de forma extremamente racional e neutra, desvendar os segredos do mundo. Isso não acontece por acaso, pois a ciência foi vista historicamente como algo que só algumas pessoas podiam fazer, pessoas superdotadas intelectualmente ou despreocupadas com as coisas cotidianas e que tinham tempo para se debruçar horas e horas sobre um problema científico,

fazer longas viagens exploratórias, contar com laboratórios equipados com instrumentos sofisticados e complicados de se lidar.

Hilton Japiassú (1981) apresenta em seu livro *O mito da neutralidade científica* contundente crítica à ideia de que a ciência é uma atividade “pura”, inteiramente objetiva, neutra e extremamente racional. Para ele, a ciência é um produto humano, fruto de uma atmosfera sócio-político-cultural, “[...] que leva os conhecimentos objetivos a fazerem apelo, quer queiram quer não, a pressupostos teóricos, filosóficos, ideológicos ou axiológicos nem sempre explicitados” (JAPIASSÚ, 1981, p. 44). Muitas das construções científicas foram edificadas sobre influências históricas, políticas, culturais, passionais ou por puro acaso.

De qualquer forma, a partir de uma base científica mais elaborada ou de uma base empírica ligada ao conhecimento de senso comum, nos posicionamos diante do mundo. Os dois níveis de conhecimento citados não se caracterizam pela neutralidade, assim como toda visão de mundo é uma visão a partir de um ponto do qual se faz a leitura dos fatos.

Para Tello e Mainardes (2012), toda investigação parte de um ponto de vista. Os mesmos reforçam a ideia de que a investigação não é neutra nem o é a produção do conhecimento. No caso destes investigadores, a preocupação está na compreensão do que acontece em Políticas Educacionais¹². Nesse sentido, toda investigação em Políticas Educacionais se dá a partir de fundamentos epistemológicos. Tello (2013) e Tello e Mainardes (2012) falam do risco que se corre ao não nos preocuparmos com as bases epistemológicas que fundamentam discursos nas áreas científicas. Segundo eles, sem essas bases definidas, podemos nos situar muito próximos de uma postura positivista que defende a neutralidade científica ou de uma postura que simplesmente desconhece as bases do conhecimento que diz possuir ou defender. Outro detalhe interessante nessa análise é a situação em que, por ter-se como pressuposto as bases epistemológicas se acha que está “claro” de onde se fala. Ter “claro” de onde se fala pode significar que o investigador não esteja revisando tais bases ou explicitando e argumentando a partir de um conhecimento, de fato, sobre essas mesmas bases epistemológicas. Por isso é prudente esclarecer nas pesquisas a partir de que base epistemológicas se vai realizar uma análise ou assumir uma determinada posição.

¹² Tello (2013, p.25-26) faz interessante distinção entre Estudos sobre a Política Educacional entendendo isso como um campo teórico e as Políticas Educacionais que fazem referência específica à gestão, tomada de decisões e ação política. Nesse sentido as Políticas Educacionais (singulares e históricas) são objeto de estudo da Política Educacional (campo teórico).

Um argumento interessante apresentado por Tello (2013), mas buscado em César Cansino¹³ mostra que não podemos fazer da ciência um “elefante branco”. Nesse sentido a ciência é vista como algo gigantesco, repleto de dados, mas sem reflexão, sem ideias, sem pensamento, portanto, distante da realidade ou incapaz de transformá-la. A ciência precisa do suporte teórico para as devidas análises que se pretende empreender.

Diante da complexidade do mundo atual, diante da possibilidade de escolha entre vários fundamentos epistemológicos ou mesmo em uma situação em que é necessário criar uma nova fundamentação epistemológica faz-se imprescindível a atitude autônoma e refletida do investigador. O próprio Tello (2013, p.28) fala da necessidade de pensar novos fundamentos epistemológicos diante dos desafios atuais considerando que apenas repensá-los se apresenta como uma barreira para a criação de novos fundamentos ou mera reprodução das antigas bases epistemológicas. Certamente é difícil criar novas propostas epistemológicas sem conhecer as alternativas disponíveis.

Não existem mentes “vazias”, lembra Tello. O que pode existir são mentes “abertas” ou não a novas perspectivas ou posicionamentos epistemológicos. Quanto à distinção entre perspectivas e posicionamentos epistemológicos, Tello (2013, p.46-47) define o primeiro termo como “a cosmovisão que o investigador assume para guiar a investigação”. Já o posicionamento epistemológico se desprende da perspectiva epistemológica, como uma espécie de subárea. Como exemplos dessas situações, Tello (2013) apresenta combinações entre perspectivas e posicionamentos epistemológicos assim: Perspectiva epistemológica: neo-marxismo, posição epistemológica: crítico-radical (ou, para a mesma perspectiva, podemos ter uma posição epistemológica da complexidade); Perspectiva epistemológica: Pluralismo, posição epistemológica: neo-institucionalismo (ou, para a mesma perspectiva, podemos ter uma posição epistemológica hiperglobalista, ou ascética, ou crítico-radical.

As *perspectivas* e os *posicionamentos* epistemológicos também são necessários, como já mencionados pelo próprio Tello (2013), nas análises de Políticas Educacionais. No mesmo texto ele também apresenta o conceito de *enfoque* epistemológico. Estes elementos se referem às metodologias aplicadas nas investigações juntamente com os posicionamentos epistemológicos. Tais elementos serão importantes para entendermos como se constrói uma visão de ciência (na formação do cientista ou do professor de ciências) e uma visão de educação científica.

¹³ Os textos citados por Tello de Cansino são *Adios a la ciencia política – Crónica de una muerte anunciada* (2006) e *La muerte de la ciencia política* (2008).

Nos próximos pontos estaremos reconstruindo duas perspectivas epistemológicas referentes ao entendimento do que vem a ser ciência e de como ela funciona: o internalismo e o externalismo. Juntamente à reconstrução dessas perspectivas, estaremos analisando diferentes posicionamentos epistemológicos a partir de alguns autores da Filosofia da Ciência ao mesmo tempo em que estaremos apresentando os enfoques dados por esses autores em suas análises do fazer científico.

2.2 A concepção internalista de ciência

Para a concepção internalista a racionalidade científica é independente de fatores externos à própria ciência. Nessa concepção de ciência, os processos de produção e validação do conhecimento estão livres de influências externas e a ciência está dotada de uma racionalidade interna, autônoma e autossuficiente. Racionalidade interna e organização lógica dos elementos (internos) envolvidos são suficientes para que o conhecimento científico seja constituído e legitimado.

Não há um único tipo de internalismo. Medina (1983, p.62) apresenta duas bases filosóficas que sustentam o que o autor chama de internalismo “duro” ou radical e o internalismo flexível. Como base filosófica para o primeiro tipo de internalismo temos o indutivismo e para o segundo tipo de internalismo temos o dedutivismo popperiano. A diferença fundamental entre as duas bases é que, na primeira, o ponto de partida é a observação que busca encontrar regularidades nos fatos empíricos acerca de um mesmo fenômeno para generalizar para todos os casos do mesmo tipo. A pesquisa científica acontece, então, na tentativa de comprovar tais conclusões. No caso do dedutivismo popperiano, o ponto de partida é a construção de hipóteses-teorias, concebidas a partir de determinado problema a ser resolvido. A pesquisa científica se desencadeia na medida em que tais hipóteses-teorias são submetidas a testes na tentativa de falseá-las criticamente. Se tais construções científicas forem resistentes a esses testes, pode-se dizer que continuam a servir de base para a ciência e para sua atividade de explicar ou de prever fatos do mundo.

O raciocínio indutivo é amplamente aplicado no cotidiano das pessoas. Na tentativa de compreender o mundo a partir de suas regularidades estamos frequentemente observando e buscando perceber elementos comuns a fenômenos do mesmo tipo. É assim que compreendemos a regularidade das estações do ano, as fases da lua, o ciclo das plantas, muitas vezes o comportamento das pessoas (que não é tão regular, mas muitos acreditam que seja), entre outros fenômenos que podem apresentar padrões de funcionamento parecidos.

Na ciência, principalmente a partir da Revolução Científica (que tem seu momento de referência no século XVII) o raciocínio indutivo é usado como base para a construção de afirmações científicas. Chalmers (1993, p.23) comenta a tensão da época a partir das colocações do filósofo Francis Bacon: “[...] Francis Bacon e muitos de seus contemporâneos sintetizaram a atitude científica da época ao insistirem que, se quisermos compreender a natureza, devemos consultar a natureza e não os escritos de Aristóteles”. Os poderes da época não estimulavam o pensar próprio ou o questionamento distante das doutrinas estabelecidas. As fontes de conhecimento eram os escritos de Aristóteles e a Bíblia e ousar pensar de forma diferente ou buscar outras fontes de conhecimento era ato de heresia. É amplamente conhecida a dificuldade que os cientistas e pensadores da época tiveram ao propor uma nova visão de mundo e de interação com o mesmo. O que nos interessa perceber é que as turbulências da época e as colocações de Bacon que estimulavam o diálogo com a própria natureza levaram a algumas rupturas e abriram espaço mais amplo para o método experimental que caracterizaria a ciência dali em diante.

Cientistas pioneiros como Galileu e Newton utilizaram amplamente a observação e a experimentação para formular suas ideias científicas. A intenção era ir além das ideias preconcebidas e tratar os dados como dados puros a serem interpretados por si mesmos e não adequados a alguma teoria preexistente, mas que eles pudessem suscitar novas teorias. Experimentos controlados começam a se multiplicar na atividade científica. Não era mais necessário, ao menos em alguns casos, esperar que a natureza possibilitasse a observação de certos fenômenos, pois era possível reproduzi-los e controlar os elementos nele envolvidos. O ser humano deixa de ser mero espectador do espetáculo da natureza para ser sujeito cada vez mais atuante e determinante.

Vinculado a essa ideia de controle da natureza e do experimento científico Chalmers (1994, p.53) citando Koertge, apresenta tais palavras:

Foi necessário que Galileu criasse situações artificiais especialmente planejadas com o objetivo de testar sua teoria, reduzindo a um mínimo os efeitos indesejáveis. Ele introduziu uma série de técnicas para reduzir os obstáculos e para tratar dos que restavam, e desde então elas se tornaram padrão da atividade experimental.

A rigorosidade dos métodos e das técnicas possibilitaria uma leitura mais fiel do que era a natureza. A ação do cientista, livre de qualquer espécie de coação, poderia fazer da ciência um saber mais confiável e com mais perspectivas de progresso.

Galileu e Newton optam pelo método indutivo experimental para formular enunciados de leis da natureza. A ideia da *vera causa* (ou das causas verdadeiras) proposta por Newton rege suas pesquisas. Duas regras formuladas por Newton (1642-1727) e expostas nos *Princípios matemáticos da filosofia natural* (1687) fundamentam esse princípio: Regra I – “*Não se hão de admitir mais causas das coisas naturais do que as que sejam verdadeiras e, ao mesmo tempo, bastem para explicar os fenômenos de tudo. A natureza, com efeito, é simples e não se serve do luxo de causas supérfluas das coisas*”. Regra II – “*Logo, os efeitos naturais da mesma espécie têm as mesmas causas*” (NEWTON, 1987, p. 166, grifos do autor).

John Stuart Mill (1806-1873), no seu *Sistema de Lógica*, apresenta uma análise do método indutivo, buscando apresentar seus fundamentos. Seguindo a ideia de Newton, a fundamentação da indução, em Stuart Mill, está no princípio da uniformidade do curso da natureza. O referido autor diz que o universo é constituído de tal maneira que tudo o que é verdadeiro em um caso de determinada natureza é também verdadeiro para todos os casos da mesma natureza. Para justificar a indução através das “leis naturais” Mill (1979, p. 170) diz o seguinte:

Devemos primeiro observar que há um princípio implicado na própria afirmação do que é uma indução; uma suposição com respeito ao curso da natureza e à ordem do universo, a saber, que há na natureza coisas tais como casos paralelos; que o que acontece uma vez deverá, sob um grau suficiente de similaridade de circunstâncias, acontecer novamente, mas tantas vezes quantas as mesmas circunstâncias tornarem a suceder. E, se consultarmos o curso atual da natureza, aí encontraremos sua garantia.

Pode-se, dessa forma, dizer que tudo que é verdadeiro, em determinado caso, de determinada natureza, é verdadeiro em todos os casos dessa mesma espécie. Sendo assim, o universo é composto por casos uniformes da natureza; é regido por leis gerais que, uma vez descobertas e interpretadas de maneira autêntica, podem servir para prever futuros fenômenos. O futuro se assemelhará ao passado, segundo o princípio da uniformidade da natureza.

Quando Stuart Mill aborda o tema referente à uniformidade da natureza, o mesmo chama a atenção para a ideia de que não se trata de uniformidade, mas de uniformidades conjuntas. Mill defende a ideia de que “a regularidade geral resulta da coexistência de regularidades parciais. O curso da natureza em geral é constante porque o curso de cada um dos diversos fenômenos que a compõe o é” (MILL, 1979, p.174). Dessa forma observa-se que um fenômeno ocorre quando estão presentes determinadas circunstâncias e não ocorre quando estas estão ausentes. Os fenômenos são uniformidades. Assim, a uniformidade da natureza é um fato complexo, composto de fenômenos (partes da regularidade geral) uniformes. Por fim, Mill

caracteriza leis da natureza da seguinte forma: “A essas diversas uniformidades, quando constatadas por aquilo que se considera uma suficiente indução, chamamos, na linguagem comum, leis da natureza” (MILL, 1979, p. 174).

Karl Popper (1902-1994) não concorda com esse tipo de lógica internalista. Para ele é um engano tratarmos a regularidade da natureza como uma garantia quase dogmática de que as coisas irão se comportar sempre do mesmo jeito. Popper critica a postura indutivista dizendo que não há como justificar o conhecimento a partir do “salto” indutivo (de alguns exemplares se generaliza para todos os de mesmo tipo).

Ora, está longe de ser óbvio, de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo pode revelar-se falsa: independentemente de quantos casos de cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que *todos* os cisnes são brancos. (POPPER, 1993, p. 27-28, grifos do autor).

Para Popper, qualquer avanço no conhecimento científico no sentido de descobrir que o mundo não funciona exatamente como se achava que funcionava, seria motivo suficiente para derrubar o princípio da indução que se escora no princípio da uniformidade da natureza, que por sua vez também foi alcançado por raciocínio indutivo. “Para justificá-lo, teremos de recorrer a inferências indutivas e, para justificar estas, teremos de recorrer a um princípio indutivo de ordem mais elevada, e assim por diante. (POPPER, 1993, p. 29). Dessa forma, continua Popper, a tentativa de fundamentar o princípio da indução depende de outro princípio indutivamente construído e isso levaria a uma regressão infinita. Popper é claro: não há como justificar o raciocínio que conduz de enunciados singulares ou particulares, tais como descrições dos resultados de observações ou experimentos, para enunciados universais, tais como as teorias científicas. “Nunca suponho que possamos sustentar a verdade de teorias a partir da verdade de enunciados singulares. Nunca suponho que, por força de conclusões ‘verificadas’, seja possível ter por ‘verdadeiras’ ou mesmo por meramente ‘prováveis’ quaisquer teorias. (POPPER, 1993, p.34).

A proposta de Popper busca evitar a postura “dogmática” da indução onde a verdade do conhecimento é possível. Sua proposta defende a provisoriedade das teorias (para ele seria melhor falar em hipóteses científicas), ou seja, o conhecimento científico serve de base para o fazer científico até que se apresente teoria ou hipótese melhor que a anterior. “[...] sustento que não se pode asseverar que as hipóteses sejam enunciados ‘verdadeiros’, mas que são apenas ‘conjecturas provisórias’”. (POPPER, 1993, p. 291). Ao mesmo tempo Popper diz que a

atividade do cientista deve direcionar-se não à confirmação de sua hipótese, mas à tentativa de refutação da mesma. Não obtendo sucesso nessa tentativa de refutação de sua hipótese o cientista estaria conquistando graus de confiança maiores a sua hipótese. O termo que Popper utiliza para uma teoria que “sobreviveu” aos testes na tentativa de derrubá-la é *corroboração*.

O conceito de *corroboração* é um dos conceitos centrais na filosofia de Popper. A lógica indutiva utiliza dos valores “verdadeiro” e “falso” ou mesmo “provável” para caracterizar as teorias científicas. Popper diz introduzir o termo “*corroboração*” e “graus de *corroboração*” em suas análises para dispor de um termo neutro para descrever o grau em que uma hipótese foi submetida a testes severos. Assim se busca evitar termos como “*confirmação*” para caracterizar uma teoria, pois o mesmo traz o sentido de “*tornar firme*”, “*provar*”, “*verificar*”.

Como já mencionamos, para Popper o conhecimento científico é sempre provisório. Isso não significa que não possamos ter a ciência como um conhecimento seguro para explicar o que acontece no mundo. Apenas o mesmo não recebe caráter final, acabado, respeitando a característica de possibilidade de permanente mudança no conhecimento científico. A provisoriedade abre a possibilidade de evolução na ciência. Devemos evitar o ceticismo, ou o extremo oposto do dogmatismo, ao vermos o conhecimento científico como provisório. Apesar de ser um conhecimento flexível, o conhecimento científico não deixa de ser objetivo. É o grau de *corroboração* (que vai depender da quantidade e da severidade dos testes realizados na tentativa de derrubar uma hipótese) que vai dar mais ou menos confiança a uma teoria.

Outro elemento interno da ciência que é analisado por Popper é o critério de demarcação para o que pode ser científico. Enunciados que estejam concorrendo ao status de científico devem ser sujeitos a testes falseadores. Em outras palavras, em toda tentativa de elaborar uma hipótese *científica* tal hipótese deve ser passível de teste na tentativa de derrubá-la. Podemos citar dois exemplos de hipóteses que pleiteiam o caráter de cientificismo: 1) “*Todos os dinossauros são herbívoros*”. 2) “*Todos os anjos são homens*”. Analisando as duas hipóteses, a partir dos critérios de demarcação de Popper, somente a primeira hipótese pode ser considerada científica (apesar de falsa), pois só ela é passível de testes refutadores. Sabemos que se encontrarmos um fóssil de dinossauro que não seja herbívoro estaremos refutando a hipótese de que todos os dinossauros seja herbívoros. Isso, porém, pode caracterizar uma teoria científica, pois a mesma é testável empiricamente. No caso de descobrir se todos os anjos são homens ou não, isso não condiz com a pesquisa dita científica, não é passível de teste empírico, não é falseável, portanto não pode ter caráter de pesquisa científica.

Uma vez definido como científico e recebendo graus de corroboração, um enunciado pode servir de base para o raciocínio científico. Tanto Karl Popper (1980, 1993, 1999) quanto Carl Hempel (1981) defendem o modelo dedutivo nomológico como a estrutura lógica a ser usada nas explicações e nas previsões científicas. O modelo nomológico de explicação, como a expressão já indica, (nomos = lei – tanto em sentido jurídico como em sentido científico) está vinculado à ideia de explicação a partir de leis ou de modelos teóricos gerais¹⁴.

Segundo Hempel (1981, p.65), “explicar os fenômenos do mundo físico é um dos principais objetivos das Ciências Naturais”. A curiosidade natural do ser humano faz com que o mesmo busque permanentemente respostas para os fenômenos que o cercam. Muitas formas de explicação foram criadas para tranquilizar a mente inquieta por respostas. Os mitos, metáforas, o senso comum, as religiões e a própria ciência são ou constroem explicações para os fatos do mundo.

No caso da ciência, o amplo uso da estrutura lógico-dedutiva de raciocínio caracteriza o que Popper e Hempel entendem por explicação científica. Ernest Nagel (1981) também menciona o modelo dedutivo como o tipo de explicação mais utilizada nas ciências (principalmente nas ciências naturais). Nesse tipo de raciocínio, a conclusão sempre é uma consequência lógica das premissas. Nagel lembra que Aristóteles já via a dedução como a estrutura explicativa ideal para a ciência (mesmo para a ciência da época). Pela revolução científica do século XVII sabemos que não podemos nos valer apenas do método especulativo para estabelecer leis gerais para fundamentar nosso raciocínio científico e no caso de Popper percebemos que esse conhecimento que servirá de base para a ciência e para suas explicações deve ter passado por testes severos e ter adquirido bom grau de corroboração.

Assim as leis gerais ou modelos teóricos utilizados nas explicações científicas a partir do modelo dedutivo nomológico devem ser enunciados corroborados para fazerem parte do marco teórico da ciência. Não basta, porém, para construir boas explicações científicas, estar de posse de marcos teóricos altamente corroborados. É necessário que tais leis ou modelos gerais sejam combinados com descrições de situações particulares (obviamente referentes a casos vinculados à lei em questão) para que a estrutura dedutiva possa ser montada para que uma explicação científica possa ser construída.

¹⁴ A descrição do modelo dedutivo nomológico aqui apresentada será baseada em minha dissertação de mestrado, defendida na UFSC (ODY, 2005).

Podemos exemplificar uma estrutura dedutivo nomológica de uma explicação ou de uma previsão científica da seguinte forma¹⁵:

(L) A água pura, dadas as devidas condições, congela se submetida a temperaturas negativas.

(C) Este recipiente contendo água pura foi (será) submetido a temperaturas negativas.

(E ou P) Logo: A água contida nesse recipiente congelou (congelará).

A estrutura do modelo dedutivo nomológico proposto por Hempel é semelhante àquela utilizada por Popper, aparecendo apenas diferenças terminológicas entre elas. Esse modelo de explicação apresenta a seguinte estrutura:

L1, L2, ..., Lr

C1, C2, ..., Ck

E

Podemos descrever os elementos envolvidos nessa estrutura lógica da seguinte forma:

L1, L2, ..., Lr = leis atuantes no fenômeno a ser explicado;

C1, C2, ..., Ck = dados ou condições iniciais específicas do fenômeno;

E = enunciado que descreve o fato que se quer explicar ou a previsão que se quer fundamentar a partir das premissas.

As premissas que correspondem à relação das leis que determinam o processo do fenômeno, juntamente com os dados ou condições iniciais específicos, formam um conjunto de sentenças denominadas por Hempel de sentenças *explanans* (na terminologia de Popper, *explicans*). A conclusão, que se constitui na sentença que descreve o fenômeno a ser explicado ou a previsão a ser fundamentada, é chamada por Hempel de sentença *explanandum* (na terminologia de Popper, *explicandum*).

¹⁵ Estamos apresentando aqui um simples exemplo de uma estrutura dedutivo nomológica de explicação. Uma estrutura mais completa estaria explanando todas as leis e condições iniciais no fenômeno em questão. Na prática tal estrutura frequentemente deixa subentendidos uma série de elementos como leis gerais secundárias acerca de pressão e de temperatura, por exemplo. Porém, não é nossa intenção detalhar essas discussões. Lembrando que esse é um trabalho de doutorado em Educação e não em Filosofia da Ciência, portanto tais exposições tem o propósito de caracterizar uma concepção internalista de ciência e dos elementos que a compõe.

Em Ody (2005) já reconstruíamos um exemplo que Hempel traz para ilustrar a estrutura do modelo dedutivo nomológico. Numa explicação científica, levamos em conta dois grupos de informações: um grupo que considera uma série de afirmações que descrevem as condições iniciais em certo tempo e espaço; e outro grupo que considera uma série de afirmações universais bem confirmadas por comprovação empírica e que, na concepção de Hempel, referem-se às leis universais. O primeiro grupo (1) descreve as condições determinantes na ocorrência do fenômeno. O segundo grupo (2) contém as leis gerais nas quais nos baseamos para explicar o evento. Consideremos o seguinte exemplo de Hempel (1984, p.423):

Suponhamos que o evento que se pretende explicar é a ruptura do radiador de um automóvel numa noite fria. As frases do grupo (1) podem afirmar as seguintes condições iniciais e condições limite: o carro ficou na rua toda a noite. O radiador, de ferro, estava completamente cheio de água e tinha a tampa bem fechada e aparafusada. Durante a noite, a temperatura baixou de 39° F à tardinha para 25° F na manhã seguinte; a pressão atmosférica manteve-se normal. A pressão de ruptura do material de que o radiador é feito é tal e tal. O grupo (2) haveria de conter leis empíricas como as que se seguem: À pressão atmosférica normal, a água gela abaixo de 32° F. Abaixo de 39,2° F, a pressão de uma massa de água aumenta à medida que a temperatura desce, se o volume se mantiver constante, ou se diminuir; quando a água gela, a pressão eleva-se de novo. Finalmente, terá este grupo de incluir uma lei quantitativa relativa à mudança de pressão da água como sendo ela uma função da sua temperatura e volume.

Considerando esses dois grupos de informações, segundo Hempel, é possível chegar logicamente à conclusão de por que o radiador rebentou durante a noite. Nesse exemplo, encontramos explícita a estrutura da explicação científica. Temos um conjunto de informações particulares relativas ao fenômeno e temos um elenco de leis que determinaram a sucessão dos eventos que acarretaram no resultado final. Porém, nem sempre temos as leis explícitas em nossos dados. Elas podem estar subentendidas em nossa explicação. É o caso, por exemplo, da afirmação ‘A lama na calçada permaneceu líquida durante a geada porque foi salpicada’. Esse exemplo, que é do próprio Hempel (1981, p.71), é um exemplo de explicação onde não temos explicitamente nenhuma lei. Mas pressupomos a lei de que o ponto de solidificação da água é mais baixo quando há sal dissolvido nela.

Como já mencionado, não há explicações levando-se em conta somente leis gerais ou modelos teóricos gerais; nem tampouco as há se apenas considerarmos os fatos particulares. É preciso considerar leis gerais ou modelos teóricos e fatos particulares num conjunto de premissas combinadas em uma estrutura explicativa para chegarmos a sentenças conclusivas. Como diz Klimovski,

[...] podemos conhecer todas as leis físicas e astronômicas, mas se não sabemos que existem o sol e os planetas, como são suas órbitas, suas massas e suas distâncias mútuas, não é possível deduzir a ocorrência de um eclipse em um determinado momento. Por outro lado, mesmo que conheçamos esses dados, se não dispomos de um elenco de tais leis, tampouco será possível realizar a dedução. Esta combinação de informações fáticas e de certo marco teórico adequado ao tipo de fenômeno que se deseja explicar é essencial para que possamos falar de uma explicação nomológica dedutiva (1994, p.250, tradução nossa).

Aqui é importante notar a necessidade de se ter elementos teóricos e elementos históricos numa explicação científica. Quando falamos em elementos teóricos e elementos históricos queremos estabelecer a distinção que há entre ideias gerais, que se referem a uma classe ou tipo de evento (leis gerais ou modelos de explicação) e ideias ou elementos particulares, históricos, situados em determinado tempo e determinado espaço. A estrutura do modelo dedutivo nomológico de explicação exige que se tenha, pelo menos, uma premissa geral (na forma de uma lei) e premissas particulares que são casos específicos que, de alguma forma, podem ser ligados pelo raciocínio à premissa geral. Essa ligação entre o geral e o particular, entre o teórico e o histórico permite deduções que se constituem nas explicações que se quer alcançar. Necessariamente chega-se àquela conclusão, uma vez que se tenha feito um raciocínio correto. Por sua vez, a conclusão (a explicação à qual chegamos) é uma boa conclusão se as premissas (gerais e particulares) que utilizamos forem boas e adequadas.

Outra questão que deve ser considerada quando analisamos o papel das leis na atividade científica e a estrutura dedutivo nomológica de uma explicação é a distinção entre explicação e predição. Quando queremos explicar um fato, sabemos que o mesmo já ocorreu. Da mesma forma, sabemos que o enunciado que descreve o fenômeno ocorrido é verdadeiro por comprovação empírica, pois o fato ocorreu e não há como negar isso. Partindo desses pressupostos, Klimovski (1994, p.246) dá a seguinte definição para a explicação científica: “A explicação científica é aquela por meio da qual se tenta, ante um enunciado verdadeiro, dar razões que levaram à ocorrência do fato descrito por esse enunciado”. E diz mais em relação à explicação: “se fará utilizando leis e dados, mas, se se quer explicar o fato descrito pelo enunciado, o fato *tem de haver ocorrido*: o enunciado deve ser verdadeiro” (KLIMOVSKI, 1994, p.246, tradução nossa, grifos do autor).

As explicações são dadas acerca de fatos ou estados de coisas e não de coisas simplesmente, segundo Klimovski. Não há como explicar “o azul”, ou explicar “a ametista”. Há, sim, como explicar por que uma das cores do espectro é azul e como a ametista é formada. Devemos ter cuidado, diz Klimovski, quando nos deparamos, por exemplo, com perguntas

como as que os filhos fazem aos pais, querendo que o pai explique o arco-íris. Na realidade, o que o filho pergunta ao pai é por que acontece esse fenômeno tão curioso. O pai então recorrerá às leis da óptica e às razões circunstanciais como a presença de gotas de água na atmosfera e a posição do observador para dar a entender a seu filho “o arco-íris”.

Quanto às predições, às fazemos sem considerar se o enunciado é verdadeiro. Mas, segundo Klimovski, elas nos oferecem elementos pelos quais somos levados a esperar que as coisas aconteçam assim como foi previsto. Um enunciado que expressa uma predição ou previsão não é caracterizado como sendo um enunciado corroborado. A corroboração acontecerá somente com a observação do fenômeno previsto.

Para Klimovski (1994, p. 255, tradução nossa), “diríamos que a explicação consiste nas premissas que utilizamos para entender por que o fato ocorreu, enquanto que a predição parece estar ligada ao enunciado que se deduz das premissas”. Para explicarmos um fato, na linguagem de Hempel, partiríamos do *explanandum* (sentença que queremos explicar) para chegarmos às sentenças *explanans*; temos o fato e vamos em busca das causas. No caso de uma predição, partimos das sentenças *explanans* para chegarmos à sentença *explanandum*; temos as condições iniciais e prevemos o resultado.

Klimovski (1994, p. 256) alerta para a necessidade de se ter um marco teórico e um conhecimento prévio de certos dados para que tenhamos fundamento científico em nossas previsões:

Mas é importante insistir que fazer uma afirmação sobre o que não conhecemos, sobre o que vai acontecer no futuro ou o que pode ter acontecido no passado, só se poderá denominar “predição” em sentido epistemológico se for possível utilizar a conexão dedutiva entre conhecimentos que já se possui e aquele que se deseja obter.

Não existindo conhecimento prévio acerca de dados e leis determinantes à nossa predição, estaríamos perante uma afirmação acerca do futuro, sem base científica, o que caracterizaria o que Popper chamaria de “profecia”. Sob esse ponto de vista, profecia é toda a afirmação acerca do futuro que não está ligada a uma dedução que considera leis gerais bem fundamentadas e dados particulares relevantes. É diferente, por exemplo, predizer, a partir de leis do movimento celeste, um eclipse lunar e “predizer” que a lua explodirá daqui a dez anos. A previsão do eclipse está baseada em nosso estado atual de conhecimento, nas teorias científicas suficientemente corroboradas; isso não acontece com a previsão de uma explosão lunar (que causaria a extinção de nosso satélite natural) para daqui a dez anos. Antever um eclipse é uma legítima previsão, mas antever um desastre natural como a explosão da lua, sem

base nos conhecimentos atuais, é fazer profecia. Profetiza-se sobre o futuro, mas sem se estabelecer bases no conhecimento científico admitido. Nas palavras de Klimovski (1994, p. 256, tradução nossa), “na prática científica é indispensável renunciar às profecias e realizar predições por meio de teorias e leis”.

Explicar e prever são duas atividades fundamentais para a ciência. Para tanto, é necessário conhecer o funcionamento da natureza e identificar as regularidades que estão presentes no mundo. De posse dessas informações, podemos prever fatos na medida em que conhecemos as causas regulares de certos acontecimentos. Na previsão, temos as premissas e deduzimos a explicação. Com relação à explicação científica, observamos o fato e para explicá-lo elencamos as premissas que vão compor a dedução que fundamentará a explicação que formularmos. Se não estabelecermos vínculo lógico entre a nossa “ante-visão” e nosso firme marco teórico, estaremos fazendo apenas profecias sem base em nenhuma premissa científica válida.

Nestas breves páginas descritivas procuramos apresentar uma base para a compreensão da concepção internalista de ciência. Podemos perceber que o que está em jogo é a análise, principalmente, da lógica interna das explicações e das previsões científicas. Validar um conhecimento científico ou mesmo descartá-lo implica em fazer uma análise dos elementos internos do conhecimento científico. Métodos científicos, formas de validação de conhecimento, explicações, previsões, graus de aceitabilidade, contradições argumentativas, teorias, hipóteses são elementos definidos, nesse tipo de concepção de ciência, por um movimento interno e por uma racionalidade interna. Nossa intenção não é, semelhante ao já descrito em nota de rodapé com relação ao modelo dedutivo nomológico de explicação, fazer uma análise profunda do que é a concepção internalista de ciência, tendo em vista que nossa análise principal está no tema educacional deste trabalho e não uma análise filosófica de diferentes concepções de ciência. É necessário, porém, que tais descrições aconteçam para que possamos analisar o impacto educacional quando optamos por uma ou por outra concepção de ciência ou quando percebemos que os documentos oficiais (DCNs) para o ensino de ciências naturais apresentam suas orientações pendendo mais para uma ou mais para outra visão científica.

O próximo ponto vai abordar uma outra visão do que é ciência. Trata-se de uma visão externalista de ciência onde se busca compreender a ciência a partir de seus elementos externos, para além do que ocorre internamente no fazer científico.

2.3 A concepção externalista de ciência

Segundo a concepção externalista de ciência ela deve ser entendida para além de sua lógica interna. Para, de fato, termos uma visão ampla de ciência devemos analisá-la sob o ponto de vista de seu contexto. A ciência, portanto, é fruto de seu contexto histórico, social e filosófico. Para entendê-la é necessário considerar elementos econômicos, culturais, políticos, psicológicos, antropológicos, tecnológicos entre outros.

Segundo Medina (1983) a realidade, sob a perspectiva externalista, não deve ser entendida a partir do estudo de suas ideias, mas a partir do estudo de quem as produziu.

Portanto, nosso conhecimento sobre o mundo não pode ser isolado do contexto social no qual tal conhecimento se gera. O objetivo da história e da sociologia da ciência externalista estaria em relacionar esses contextos cognitivos, tão estreitamente quanto se possa, às circunstâncias culturais e materiais dentro das quais se desenvolvem. (MEDINA, 1983, p. 63, tradução nossa).

Para Medina (1983), assim como para Abrantes (2002) um dos grandes¹⁶ representantes das análises dos elementos externos à ciência é Thomas S. Kuhn (1922-1996). Nessa mesma linha de pensamento, Bombassaro (1995), apresenta seu entendimento dos trabalhos de Kuhn como trabalhos voltados à filosofia da ciência, à sociologia da ciência, mas, principalmente à história da ciência, na medida em que a história fornece elementos para sua análise do que é a ciência. Para Bombassaro (1995, p. 38) a história da ciência “é uma disciplina que retrata o desenvolvimento deste tipo específico de conhecimento, realizado coletivamente por grupos de pesquisadores, cujo trabalho está estreitamente vinculado com a educação formal que receberam”. Em decorrência disso, a preocupação central do pensamento kuhniano é a historicidade da descoberta e da validação das ideias científicas.

Para Thomas Kuhn (2000) é importante, para entendermos o que é progresso científico e como as ideias são produzidas e validadas em determinado tempo e espaço, levar em conta o contexto em que tais empreendimentos são realizados. Diferentemente de Popper, Kuhn acha que a ciência não é o resultado exclusivamente de um procedimento crítico de nossa razão. A

¹⁶ Aqui tomaremos o pensamento de Thomas Kuhn como referência para as análises da posição externalista de ciência. Outros autores muito próximos da filosofia de Kuhn também podem ser considerados externalistas como Imre Lakatos e Larry Laudan. Nesse trabalho porém, não temos a intenção de fazer uma extensa excursão pelo pensamento desses autores. Nosso propósito é apresentar as principais posturas do externalismo a partir da referência de Thomas Kuhn para, posteriormente, realizarmos nossa análise central do trabalho confrontando os pontos de vista internalista e externalista de ciência, tomando como balizadoras da análise as posturas de Popper e Kuhn.

ciência tem suas doses de dogmatismo. Em parte isso se torna necessário, pois um conjunto de conhecimentos estabelecidos permite a formação de outros cientistas, mas, por outro lado, quem é formado dentro de um conjunto específico de conhecimentos está sujeito a não conseguir ver outros elementos diferentes do seu modo de conceber o mundo.

Enquanto que para Popper o que importa é o contexto da justificação (pela racionalidade interna), para Kuhn tanto o contexto da justificação quanto o contexto da descoberta são importantes. Oliva (1999, p. 66-67) apresenta a postura de Kuhn nesse sentido:

[...] o processo por meio do qual se dá a justificação epistêmica dos resultados alcançados pela ciência não pode ser separado, sob pena de fazer-se uma reconstrução idealizada das práticas de pesquisas desenvolvidas nas comunidades científicas, dos mecanismos institucionais que ajudam a esclarecer como se dá a aceitação e a rejeição de modelos explicativos por ação de fatores psicossociais.

Comunidade científica é um dos conceitos centrais de Kuhn, pois neste conceito perpassam uma série de elementos importantes para entender o que é ciência para esse pensador. Bombassaro (1995, p. 41) resume o pensamento de Kuhn com a seguinte frase: “A ciência é uma ação coletiva e um produto histórico”. Por influência de Ludwik Fleck (1896 – 1961), Thomas Kuhn desenvolve a compreensão de que a ciência acontece em tempos e espaços onde se compartilha formas de pensamento parecidas, compreendidos por estes pensadores como comunidades de investigação. A ciência não é a-histórica como entendia o internalismo, mas é consequência do espaço histórico-social em que se insere o cientista juntamente com seu grupo de colegas pesquisadores.

As últimas frases, no *Pós-fácio* de seu mais conhecido livro *A estrutura das Revoluções científicas*, trazem a convicção de Kuhn sobre a importância do contexto que deve ser levado em consideração quando se quer entender o que é ciência.

Uma compreensão mais ampla da ciência dependerá igualmente de outras espécies de questões [...]. O conhecimento científico, como a linguagem, é intrinsecamente a propriedade comum de um grupo ou então não é nada. Para entendê-lo, precisamos conhecer as características essenciais dos grupos que o criam e o utilizam. (KUHN, 2000, p. 257).

Uma comunidade científica, ao compartilhar teorias, métodos, formação científica, instrumentos, entre outros elementos que compõe a atividade científica, também compartilha problemas a serem resolvidos e critérios para a escolha de problemas vistos como relevantes e com soluções que sejam possíveis (KUHN, 2000, p. 60). Como a formação acontece dentro das comunidades de investigação esses compartilhamentos se prolongam, pois na formação

científica são repassados procedimentos, representações e conceitos. O aluno “herda” tais componentes do conhecimento científico e, nesse sentido, Kuhn fala de um certo dogmatismo científico necessário para que a educação científica possa acontecer. Inicialmente o estudante de ciências recebe o conhecimento de forma inquestionável e cria uma imagem de ciência a partir desses elementos recebidos. Adiante falaremos sobre como acontece o rompimento com essa postura dogmática.

Ainda acerca de como o paradigma funciona em determinada comunidade de investigação, Szczepanik (2005, p. 24) diz o seguinte:

Nesse sentido, se o paradigma tem o poder de estipular o que deve ser considerado como problema ou como solução modelar, ele acaba fornecendo a “moldura e a tela na qual são pintados os conteúdos da pesquisa científica”. Os paradigmas passam a delimitar, dessa maneira, a visão do cientista, fazendo com que ele faça uma investigação profunda e detalhada que dificilmente poderia ser feita sem o auxílio do paradigma. Assim, os cientistas trabalham a partir de um modelo conjunto que é compartilhado por todos os profissionais daquela área.

O paradigma determina a visão de mundo a partir dessas “molduras” estabelecidas como recorte da realidade ou como delimitação de campo de trabalho. O próprio Kuhn vê os paradigmas como uma espécie de “óculos” que permitem, a partir de sua estrutura, uma determinada visão. O detalhe importante a ser considerado é que essa visão, além de acontecer a partir de uma lógica interna dos elementos científicos, acontece a partir de um bastidor filosófico, histórico e social muitas vezes inconsciente ou imperceptível por parte do cientista ou do educador em ciências e que acaba influenciando quem incorpora tal paradigma.

Antes, porém, de um paradigma se estabelecer e, conseqüentemente ser estabelecida uma comunidade científica, há o período pré-paradigmático. Nesse período, diante dos problemas a serem resolvidos, há tantas teorias quanto grupos tentando encontrar a solução para o desafio apresentado.

Não é de admirar que nos primeiros estágios do desenvolvimento de qualquer ciência, homens diferentes confrontados com a mesma gama de fenômenos – mas em geral não com os mesmos fenômenos particulares – os descrevem e interpretam de maneiras diversas. (KUHN, 2000, p. 37)

Kuhn admite que não é tarefa fácil, nem é algo pacífico, a luta por consolidação de um paradigma. “A História sugere que a estrada para um consenso estável na pesquisa é extraordinariamente árdua”. (KUHN, 2000, p. 35). Quando um paradigma finalmente sobressai-se, inicia o período de ciência normal:

[...] “ciência normal” significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior. (KUHN, 2000, p. 29).

Definido o paradigma que vai guiar o período de ciência normal, resta aos membros dessa comunidade o trabalho de “limpeza”. Os pequenos problemas detectados pelo paradigma (normalmente o paradigma não detecta problemas que não fazem parte de seu conjunto tradicional de problemas) são resolvidos pelo conjunto de teorias, de instrumentos, de cientistas que fazem parte do próprio paradigma. A visão e o trabalho do cientista estão orientados pela visão de mundo proporcionada pelo paradigma e restrito às suas possibilidades. Novas teorias são vistas como desnecessárias e atrapalhando o andamento normal da ciência.

O período de ciência normal é caracterizado por pequenas e contínuas soluções de problemas, ou de resolução de quebra-cabeças. Kuhn admite que a ciência normal também conduz ao progresso: “Desse modo, no seu estado normal, a comunidade científica é um instrumento imensamente eficiente para resolver problemas ou quebra-cabeças definidos por seu paradigma. Além do mais, a resolução desses problemas deve levar inevitavelmente ao progresso.” (KUHN, 2000, p. 208). Na medida em que consegue resolver seus problemas, a ciência normal alcança seguidos progressos. Nesse sentido, não se pode negar o contínuo e cumulativo avanço científico¹⁷. A forma contínua e cumulativa do avanço científico expressa o momento em que perdura o paradigma e a atividade está voltada exclusivamente para o melhoramento do mesmo, ampliando suas aplicações, sua abrangência. O paradigma permanece incontestado até que consiga resolver os problemas que surgem na atividade científica.

Até que o paradigma vigente esteja possibilitando contínuas e cumulativas soluções para os problemas que surgem no período de ciência normal o exercício científico acontece de forma relativamente tranquila e sem ameaças ao paradigma. “Um fracasso em resolver um problema é visto como um fracasso do cientista e não como uma falta de adequação do paradigma (CHALMERS, 1993, p. 127).

No momento em que, ao invés de acumular soluções de quebra-cabeças estejam sendo acumulados casos em que a solução não é encontrada, então instalam-se momentos de crise a partir de casos anômalos. Sobre esses momentos de crise é interessante observar o que diz o próprio Thomas Kuhn (2000, p.115-116):

¹⁷ Estes pequenos e contínuos progressos na atividade científica podem ser vistos como um primeiro nível de progresso científico, mas não estão no nível de progresso proporcionado pelas revoluções científicas que logo apresentaremos.

As crises podem terminar de três maneiras. Algumas vezes a ciência normal acaba revelando-se capaz de tratar do problema que provoca a crise, apesar do desespero daqueles que o viam como o fim do paradigma existente. Em outras ocasiões o problema resiste até mesmo a novas abordagens aparentemente radicais. Nesse caso, os cientistas podem concluir que nenhuma solução para o problema poderá surgir no estado atual da área de estudo. O problema recebe então um rótulo e é posto de lado para ser resolvido por uma geração que disponha de instrumentos mais elaborados. Ou, finalmente, o caso que mais nos interessa: uma crise pode terminar com a emergência de um novo candidato a paradigma e com uma subsequente batalha por sua aceitação.

Todo momento de crise desestabiliza um sistema que funcionava de forma harmônica a partir das ferramentas que possuía. Esses momentos de instabilidade geram um movimento maior no interior do paradigma exigindo posturas mais drásticas no que se refere a inovações, seja no interior do paradigma ou mesmo fora dele, o que pode significar o abandono de uma concepção de mundo por outra. Essa tensão essencial entre o tradicional e a proposta do novo caracteriza a dinâmica da ciência, comenta Bombassaro (1995) a partir das ideias do próprio Thomas Kuhn.

Fato é que, para Kuhn, progresso científico significativo acontece nesse segundo momento, onde ocorre a troca de paradigma, pois o antigo se mostrou insustentável diante das anomalias, situações sem solução à luz do paradigma em questão. “[...] consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior”. (KUHN, 2000, p.125)

O período de transição de um paradigma para outro é um momento de instabilidade e de insegurança: por um lado o paradigma anterior vive constantes momentos de crise a partir da incapacidade de se posicionar diante das anomalias que surgem; de outro, o novo paradigma ainda se apresenta como candidato que carece de confiança e de convencimento enquanto nova proposta. “Quando, por essas razões ou outras, uma anomalia parece ser algo mais do que um novo quebra-cabeça da ciência normal, é sinal de que se iniciou a transição para a crise e para a ciência extraordinária” (KUHN, 2000, p. 113-114). As anomalias desempenham papel importante nesse momento. Elas “se caracterizam pela incapacidade do cientista em resolver os problemas que se apresentam dentro da sua área de investigação à luz dos conceitos e teorias que defendeu por muito tempo” (BOMBASSARO, 1995, p. 54). Isso obriga os cientistas a buscarem novas soluções ou aceitar propostas diferentes das suas. O momento de ciência extraordinária é bastante produtivo nesse sentido, pois estimula novas propostas para os problemas que se acumularam no interior das ciências.

Vivenciado o momento de revolução pode-se dizer que o cientista que incorpora outro paradigma, por consequência, vê outro mundo à sua frente. Muitas vezes olhando para um mesmo ponto e através dos mesmos instrumentos o cientista vê coisas que não via antes. Kuhn compara esse momento com aquela situação em que nos deparamos com as figuras da Gestalt. Tais figuras podem ser “interpretadas” de formas diferentes dependendo do enfoque que damos ao olhar. Porém a figura continua sendo a mesma, assim como o mundo diante da mudança de paradigmas que tentam explicar como esse mundo funciona.

Szczepanik reproduz um exemplo de Hanson bastante ilustrativo referente ao que acontece diante de uma diferença de paradigma:

Pensemos em Johannes Kepler: imaginemos ele em uma colina no amanhecer. Junto com ele está Tycho Brahe. Kepler considera que o Sol está fixo: e a Terra que se move. Mas Tycho, seguindo Aristóteles e Ptolomeu, sustenta que a Terra está fixa e que os demais corpos celestes se movem ao seu redor. Vê Kepler e Tycho a mesma coisa no amanhecer? (HANSON apud SZCZEPANIK, 2011, p. 121)

Apesar de os dois astrônomos estarem olhando para uma mesma direção e olhando para o mesmo fenômeno, as teorias usadas para interpretá-lo são diferentes. Os referenciais, as teorias que guiam o pensamento são outras, apesar de estarem analisando um mesmo objeto físico.

Isso acontece também com outras teorias no mundo científico. Assim como ocorre entre o Geocentrismo e o Heliocentrismo, também ocorre entre o Fixismo e o Evolucionismo que também são exemplos de confrontos de paradigmas que expõe o conflito entre concepções de mundo mais amplas. Porém podemos citar exemplos de diferenças de paradigmas em áreas mais restritas: na geologia podemos falar em uniformitarismo e em catastrofismo, na agronomia podemos defender uma agricultura convencional, que se utiliza de agrotóxicos como parte fundamental na produção ou podemos falar em uma agricultura orgânica ou agroecológica, na educação podemos falar em educação bancária e em educação problematizadora. São apenas alguns exemplos que nos ajudam a perceber que existem diferentes concepções de mundo e que essas diferentes concepções guiam a interpretação e a ação diante desse mundo visto de um jeito ou de outro.

Nesse processo de troca de paradigma há, segundo Kuhn, certa dose de irracionalidade. Nem sempre há uma prova lógica ou matemática que convença racionalmente determinados indivíduos. Bombassaro (1995, p. 57) comenta que Kuhn “defendeu a ideia de que muitas vezes a persuasão pode ser o fator mais importante para que um cientista passe a defender uma determinada teoria”. Isso serviu de motivo para os críticos de Kuhn o acusarem de irracionalista,

porém ele continuou a sustentar a ideia de que a persuasão é um recurso utilizado para conseguir outros adeptos à comunidade científica.

Ainda sobre as mudanças de paradigma, elas não acontecem de forma abrupta, mas gradualmente. Isso pode ser visualizado na história da ciência. Kuhn (2000, p. 191) apresenta o copernicismo como uma teoria que teve poucos adeptos durante quase um século após a morte de Copérnico, assim como a obra de Newton demorou mais de meio século para ser aceita. Nosso autor segue com os exemplos para ilustrar a dificuldade em se admitir um novo paradigma. Darwin, segundo ele, expressou em seus escritos o entendimento de que, para seus opositores, seria difícil abandonar suas convicções após anos dedicados em defendê-las. O naturalista, porém, deposita sua confiança nos jovens que poderão, no futuro, comparar as duas posições e então decidir por uma ou por outra. Max Planck também, em seus escritos, diz Kuhn (2000, p. 191), afirma que uma nova proposta científica só triunfará ao convencer as novas gerações e não ao mostrar suas virtudes aos opositores tentando fazer com que vejam a luz. As novas teorias, nesse sentido, só se estabilizam na medida em que os adeptos do novo paradigma morrem e outra geração de cientistas se desenvolve a partir de novo paradigma.

A apresentação de um novo paradigma não significa a impossibilidade de coexistência entre dois paradigmas rivais. Se isso é evidente nas ciências naturais (pelo menos até um certo tempo até que os adeptos do antigo paradigma deixem de existir) a situação é intensificada nas ciências sociais. Diferentes concepções de mundo ou diferentes posturas teóricas convivem com ampla adesão de indivíduos em ambas. Diferentes posturas econômicas (capitalismo e socialismo), diferentes sistemas governamentais (presidencialismo, monarquia), diferentes concepções filosóficas, inclusive o internalismo e o externalismo, as duas concepções de ciência que aqui apresentamos, são exemplos de coexistência não excludente de posturas diferentes.

Ainda sobre a questão da irracionalidade presente na defesa de certos paradigmas, podemos perceber que os adeptos do antigo paradigma resistem à mudança porque estão altamente comprometidos com seu paradigma e, na sua concepção, ele ainda é capaz de resolver os problemas que, no momento, ainda não consegue resolver. Essa teimosia em defender o paradigma, porém, não é exclusividade do período de ciência extraordinária em que acontece a troca de paradigma. “Inevitavelmente, em períodos de revolução, tal certeza parece ser obstinação e teimosia e em alguns casos chega realmente a sê-lo. Mas é também algo mais. É essa mesma certeza que torna possível a ciência normal ou solucionadora de quebra-cabeças.” (KUHN, 2000, p. 192).

Já citamos anteriormente que certa dose de dogmatismo é necessária no processo de formação do cientista. Ele é educado no interior de um paradigma e forma seu arcabouço

intelectual a partir desse meio. Nesse contexto de educação científica o manual aparece como importante ferramenta de preparação dos jovens cientistas para a atuação no interior do paradigma. Segundo Bombassaro (1995, p. 63), “o papel do manual na educação científica consiste em criar nos estudantes ‘convicções fortes’”. Isso acontece porque o jovem cientista precisa estar preparado para atuar junto à comunidade científica a que pertence, falando a mesma linguagem e compartilhando dos mesmos problemas enfrentados por seus pares. Podemos perceber que o manual somente opera dentro do período de ciência normal. Seu objetivo é repassar de forma sintética os conhecimentos produzidos e selecionados a partir das investigações realizadas e bem sucedidas. Não é objetivo do manual apresentar aos estudantes as anomalias ou os problemas ainda não resolvidos pela ciência.

Bombassaro (1995, p. 63) segue lembrando, a partir dessas colocações, que “a base da educação científica é essencialmente dogmática. Sem a adesão a um paradigma ou a um conjunto de conhecimentos considerados válidos, não existe a possibilidade da educação”. O manual é visto como uma espécie de mediador do mundo. Ele apresenta uma visão do mundo aos jovens cientistas assim como é a visão que possibilitou sua construção. Dessa forma a visão de mundo do novo cientista é muito semelhante à visão de mundo de quem concebeu o manual.

No intuito de estabelecer uma análise crítica acerca da função do manual dentro do contexto da educação científica, Bombassaro (1995) apresenta elementos importantes para provocar discussões acerca da validade do manual como recurso didático e pedagógico. Uma primeira característica dos manuais que Bombassaro apresenta é a *parcialidade*. “Porque é escrito, construído a partir do conhecimento já cristalizado e já aceito pela tradição científica, o manual fornece obrigatoriamente uma visão parcial do mundo. Ou seja, ele fornece os pontos de vista que as realizações científicas bem sucedidas permitem oferecer”. (1995, p.64). Inicialmente, diz Bombassaro, podemos ver nessa característica um dos grandes limites do manual na educação científica. Porém, segue o autor, isso acaba sendo um pseudoproblema, pois a função do manual é justamente apresentar alguns pontos da realidade, selecionando aquilo que se considera importante na educação do jovem cientista, uma vez que é impossível colocar toda a realidade no manual. Bombassaro lembra Heisenberg quando ele diz que não adianta termos um mapa que configure todo o globo terrestre, já que para isso teríamos que ter um mapa do tamanho do próprio globo. O manual, nesse sentido, tem a mesma função de um mapa que aponta os principais pontos a serem referenciados e que servirão de base para uma investigação mais detalhada junto à própria realidade.

O problema da parcialidade não está no próprio manual, mas está em uma educação que só se restringe ao uso do livro-texto como base da educação científica. “Isso constitui-se um

problema somente na medida em que se pressupõe que a ciência vai além dos conteúdos transmitidos pelos livros-texto” (BOMBASSARO, 1995, p. 64). O autor do manual precisa construí-lo fazendo cortes, delimitando alguns assuntos. O educador que faz uso do manual como suporte didático deve ter presente tal característica dessa ferramenta e fazer o papel de “costurador” dos conteúdos apresentados para que isso chegue de forma mais clara ao educando.

A segunda característica apresentada por Bombassaro na análise dos manuais é o *déficit de historicidade*. A crítica que recai aos manuais é a falta de contextualização histórica que poderia dar uma fundamentação maior ao conhecimento que está sendo construído pelo jovem cientista. Diante disso temos conhecimentos sistematizados e apresentados como prontos e acabados nos livros-texto. Para Bombassaro (1995, p. 65), “devido à sua própria natureza, o manual não pode reconstruir sistematicamente o caminho percorrido pelos cientistas na construção do novo”. Ele é visto mais como um “livro de receitas” que é utilizado como fonte de modelos ou de suporte teórico para a solução de novos quebra-cabeças dentro do paradigma. Para Kuhn, relembra Bombassaro, a ciência normal e a educação científica têm exatamente esse papel. Quanto ao fato de não dar a devida importância à história, o comentador de Kuhn diz o seguinte: “Para Kuhn, aos manuais deve ser tributada a responsabilidade pela criação de uma imagem distorcida da história da ciência. O manual mostra a história aos pedaços. Passa a ideia de que o conhecimento científico cresce por acumulação de descobertas”. (BOMBASSARO, 1995, p. 66).

A terceira característica apresentada por Bombassaro acerca dos manuais mostra eles com o problema da *permanente desatualização*. “Devido à sua própria natureza, o manual está condenado a chegar depois, a chegar tarde, porque ele precisa partir de resultados já consagrados, de respostas finais”. (BOMBASSARO, 1995, p. 66). Tendo em vista a natureza dinâmica da ciência, os conhecimentos científicos estão em permanente transformação. Na análise do que vem a ser um paradigma e de como ele funciona, Kuhn chamou a atenção para o fato de que o jovem cientista é moldado *no e para* o paradigma defendido pela comunidade científica a que pertence. Uma das formas de se fazer isso é, a partir dos conteúdos apresentados pelo manual, solicitar que os jovens cientistas resolvam problemas novos a partir dos modelos (muitas vezes ultrapassados) apreendidos no manual.

Evidentemente, existem áreas de estudo nas quais a repetição dos exercícios sugeridos pelo manual constituem um recurso pedagógico eficaz. Isto também ocorre com a educação científica. Mas a diferença radica exatamente no fato de que a ciência é manifestadamente a área de estudos onde a produção de novidades é uma constante. (BOMBASSARO, 1995, p. 67).

Já mencionamos neste trabalho a intensificação que as mudanças, não só, mas principalmente, no campo científico, recebem nos dias atuais. O ensino de ciências também recebeu nova dinâmica a partir das mudanças vivenciadas na sociedade moderna e os manuais, que antes já não deviam ser vistos como as únicas fontes de informação e de conhecimento, hoje ainda têm a concorrência da rede mundial de computadores, acessada a partir de vários dispositivos diferentes. Isso, porém, exploraremos com mais detalhes adiante no nosso trabalho.

Uma última característica do manual analisada por Bombassaro é sua utilização como *recurso pedagógico autoritário*. Sobre a questão da autoridade do manual o autor segue dizendo que “[...]quer seja na sala de aula, quer seja no laboratório de iniciação científica, a autoridade do manual manifesta-se como o ponto de apoio para a formação acadêmica e científica.” (1995, p. 68). Isso desencoraja posicionamentos críticos e inovadores dos alunos, uma vez que admite-se a natureza final e inquestionável do conhecimento apresentado nos manuais. Dar-se conta disso é importante e central diante dos problemas apresentados por nós nesse trabalho. Podemos perceber que esse tipo de concepção de ciência e de educação científica vai formar cientificamente, mas não dentro de um espírito crítico e criativo. Pelo contrário, tal concepção de ciência e de educação vai formar profissionais resignados e reprodutores de uma concepção de mundo. Kuhn (2000) responsabiliza a educação, dentro da ciência normal e através dos manuais, pela ‘viseira’ que restringe a visão científica. Isso não quer dizer que a educação não possa e não deva delimitar algumas posturas na ciência; o que não pode acontecer é educar-se a partir de limites rígidos, dogmáticos e impositivos que não permitem outras visões científicas.

Para Kuhn, os jovens cientistas deveriam ler os clássicos, o que poderia gerar uma série de questionamentos frente aos novos problemas a serem resolvidos. Porém, o paradigma atual não estimula esse tipo de atitude. “Até os últimos estágios da educação de um cientista, os manuais substituem sistematicamente a literatura científica da qual derivam. Dada a confiança em seus paradigmas, que torna essa técnica educacional possível, poucos cientistas gostariam de modificá-la.” (KUHN, 2000, p.207). O autor considera como positivo o trabalho que alguns cursos fazem no sentido de estimular leituras para além dos manuais. Essas leituras podem ser dos autores clássicos ou de artigos que apresentem as produções recentes da área em estudo.

Outro fator a ser observado é o fato de que quando o jovem cientista é inserido na comunidade científica ele ainda não está tão vinculado ao pensamento que o paradigma apresenta quanto os cientistas mais antigos. Szczepanik (2005, p. 90) lembra que

[...] quando um jovem cientista é aceito em determinada comunidade científica ele não está tão comprometido com o paradigma quanto seus fundadores. Um indivíduo recém chegado pode perceber certas irregularidades que passam despercebidas pelos demais membros da comunidade.

Ao mesmo tempo em que percebemos a importância de uma base teórica sólida para se fazer ciência é necessária certa liberdade que possibilita a atividade criadora para além daquilo que já foi proposto de forma modelar. Assim, estudantes ainda não tão determinados pelo paradigma podem encontrar soluções para problemas, mas que não eram detectadas por aqueles que, conforme diz Kuhn, construíram uma “viseira” a partir do paradigma do qual fazem parte.

Tanto a concepção externalista de ciência quanto a concepção internalista de ciência nos mostram que podemos considerar importantes alguns aspectos que se vinculam à ação científica. O objetivo desse capítulo foi o de caracterizar cada uma delas para que possamos fazer uma leitura mais fundamentada daquilo que, em se tratando de ensino de ciência, aparece nos documentos oficiais que orientam a formação científica para a docência em ciências naturais. O desafio que temos para o próximo ponto de nossa investigação é identificar elementos internos e externos às ciências naturais presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, de Física e de Química e procurar identificar se alguma das concepções até então reconstruídas nesse trabalho se sobressai nas DCNs em estudo.

3 DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E AS VISÕES INTERNALISTA E EXTERNALISTA DE CIÊNCIA.

Até agora apresentamos alguns recortes sobre o ensino de ciências, seus desafios no contexto das sociedades complexas modernas e descrevemos os principais pontos presentes nas Diretrizes Curriculares para os cursos de Biologia, de Física e de Química juntamente com a descrição de duas das mais importantes visões de ciência definidas como internalismo e externalismo. Esses pontos apresentados são importantes para que possamos iniciar, agora, a análise central de nosso trabalho que é identificar nas DCNs para o ensino de ciências elementos das duas visões de ciência em questão e refletir sobre os efeitos de se optar por uma ou por outra dessas visões quando se trata de prepararmos novos educadores para a atividade de ensinar ciência.

3.1 A presença de elementos das concepções internalista e externalista de ciência nas DCNs para o ensino de ciências naturais.

A partir da descrição dos principais elementos constituintes das Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino de ciências naturais e das concepções internalista e externalista de ciência podemos perceber que existem menções aos elementos tanto internos quanto externos à ciência nos referidos documentos. Nos três documentos analisados encontramos reflexões acerca da necessidade de preparação técnica a partir dos elementos internos que constituem a ciência quanto exigências acerca da preparação do cidadão, educador em ciências naturais, consciente dos processos que permearam o pensamento científico ao longo de sua história e que caracterizam fatores que extrapolam o âmbito interno do processo científico. Conhecimento técnico, juntamente com elementos ligados à filosofia, à sociologia e à história da ciência estão presentes em vários pontos das DCNs para o ensino de ciências naturais.

No início do documento referente ao ensino de Biologia é clara a preocupação com a formação do cidadão atento às posturas críticas e éticas ao mesmo tempo em que se menciona a importância da base teórica para a formação desse profissional. Existem, nesse sentido, provocações acerca dos compromissos que vão além dos compromissos internos com a disciplina, mas considera-se também o compromisso que o profissional que se prepara para o ensino da biologia tem com relação à sociedade como um todo.

No caso dos elementos ligados à ética e ao ensino de biologia, é de fundamental importância o trabalho do educador em levantar questões e reflexões éticas na sala de aula, em

especial no que se refere ao trato com a vida e suas polêmicas questões. Assuntos que se vinculam às discussões da bioética como aborto, eutanásia, clonagem, pesquisas genéticas entre outros suscitam conhecimento técnico e conhecimentos de princípios éticos historicamente produzidos e trabalhados no âmbito das disciplinas filosóficas. Além disso deve permear a formação do educador em biologia o conhecimento das leis que orientam as ações da biologia no que se refere principalmente às suas pesquisas e aos fundamentos que amparam essas leis. Se tratarmos, por exemplo, da questão da pesquisa com animais precisamos saber muito mais do que a lei diz acerca do que pode ou do que não pode ser feito; a discussão acerca do *porquê* pode ou do *porquê* não pode é tão importante quando conhecer o que diz a lei.

Quanto à fundamentação técnica/teórica adequada para uma boa formação profissional talvez seja o que historicamente se apresenta como mais valorizado¹⁸ na preparação de um indivíduo. Com frequência percebemos professores e alunos falando sobre a importância das disciplinas mais técnicas e demonstrando preocupação em trabalhar de forma séria tais conteúdos. Esses mesmos indivíduos, por vezes, desprezam as disciplinas ligadas às humanidades que têm o caráter de formação integral do cidadão. Nesse contexto é mais importante, no caso da biologia, saber quantos ossos compõe o corpo humano, qual é a função de determinado componente celular, dominar certas técnicas produzidas e repetidas diversas vezes em laboratório sem dar, muitas vezes, a devida importância às consequências de tais experimentos.

Outra preocupação que está vinculada mais a elementos externos do que propriamente a elementos internos à ciência da Biologia fica evidente no trecho do documento em análise que diz que o formado em Biologia deve “ser consciente de sua responsabilidade como educador, nos vários contextos de atuação profissional” (BRASIL, 2001a, p. 3). Isso já foi citado na parte desse trabalho onde reconstruímos os principais pontos deste documento. Ali já chamávamos a atenção para a importância dessa conscientização no que se refere ao profissional da Biologia como percebendo-se educador dentro de sua especialidade. Assim, o formado em Biologia pode assumir (e deveria assumir) a responsabilidade de educar para a conservação do meio ambiente, educar para o cuidado com a saúde, educar para a conservação dos ecossistemas e de suas relações, afinal, educar para o conhecimento e para o cuidado com a vida. Isso pressupõe muito mais do que conhecimento técnico (sem ele isso também não seria possível), mas exige relativo

¹⁸ Não estamos concordando com a afirmação de que o conhecimento técnico/teórico seja mais importante que o conhecimento histórico, filosófico ou sociológico ligado às ciências. O que se quer mostrar é justamente que tanto elementos internos à ciência quanto os externos são importantes na formação científica e que juntos compõem os elementos que caracterizam uma formação completa.

conhecimento da sociedade humana e de suas relações com o meio ambiente mais amplo. Nessa tarefa de educar entram conhecimentos de outras áreas, dentre elas estão as questões políticas, as questões econômicas, as relações culturais do homem com a natureza, as questões éticas, entre outras.

Logo a seguir é mencionada a necessidade da ação interdisciplinar para o profissional da Biologia. Essa é uma necessidade que perpassa várias profissões, mas, no caso do educador, tal exigência se intensifica, na medida em que é exigido dele um conhecimento mais amplo para que seja possível mostrar aos educandos as relações que muitos conteúdos têm. A Física, a Química, a Geologia, a Medicina são exemplos de áreas com ligação direta com a Biologia. No caso das ciências humanas, a Antropologia, a História, a Sociologia e a Filosofia também fornecem elementos importantes para a compreensão de muitos processos, relações ou fenômenos biológicos.

O professor de Biologia deve estar em constante contato com profissionais de outras áreas afim de que seu trabalho possa ser complementado pelo trabalho dos demais. Uma das grandes críticas acerca do processo educacional é o isolamento que cada disciplina constrói no espaço escolar. Às vezes por acomodação, às vezes por medo do diferente, o professor de determinada disciplina não se desafia a interagir com professores de outras áreas. Sabemos também que muitos dos significativos resultados a partir de projetos de pesquisa ou de projetos de extensão, no caso do ensino universitário, provém de ações interdisciplinares onde profissionais de diferentes áreas se juntam para pensar e para executar ações acerca de determinada demanda¹⁹.

A adaptabilidade do graduado com relação à dinâmica do mercado de trabalho, a suas inovações e mudanças é outra exigência das DCNs para o ensino de Biologia que merece nossa atenção. Há duas dimensões dessa exigência, ao nosso ver, que precisam ser levadas em conta. A primeira delas mostra o lado positivo dessa exigência. Na medida em que o profissional percebe a pressão do mercado de trabalho ou mesmo dos novos tempos em que o conhecimento se transforma e se inova constantemente há um impulso que leva esse profissional a se preparar constantemente cumprindo os requisitos da conhecida máxima da educação que diz que estamos em constante aprendizado. Os motivos desse constante aprendizado podem ser bastante variados e vão desde a curiosidade natural que temos, passando pelo fato de que aprendemos “sem querer” e por força das circunstâncias, até chegar à necessidade de aprendermos por exigência dos novos tempos e pela dinâmica do mercado. Porém, a segunda dimensão vinculada

¹⁹ Sobre a ação interdisciplinar estaremos aprofundando tal assunto mais adiante quando trataremos do perfil do professor universitário.

à exigência de adaptabilidade ao mercado de trabalho pode dar ênfase a uma formação quase que exclusivamente técnica (e é nessa dimensão que pode se dar o desprezo às outras áreas de conhecimento, principalmente às disciplinas humanas) direcionando o pesquisador/educador a valorizar muito mais os elementos internos da ciência representados nas técnicas, nas teorias atualmente válidas, e nas explicações científicas muitas vezes conduzidas pelo mercado. Essa reflexão também se estende às DCNs para os cursos de Física e de Química onde é forte a ênfase da necessidade de preparo profissional para atender as demandas do mercado.

Aqui se apresenta um dos problemas provenientes do fato de separarmos elementos internos da ciência de elementos externos. O profissional que se vale de uma visão internalista de ciência e que valoriza aquilo que hoje movimentam a ciência em termos de teorias, conceitos e técnicas pode não perceber que a ciência não se reduz a isso, mas acaba sendo influenciada por uma série de fatores que extrapolam seu âmbito interno. Só é possível construir uma visão mais ampla de ciência quando vemos a mesma como fruto da ação cultural do ser humano e que agrega elementos internos, bem como elementos históricos, filosóficos, sociológicos, políticos, econômicos, tecnológicos, entre outros. Perceber-se como profissional que tem uma visão restrita de ciência como é a visão internalista significa sair do âmbito interno da ciência e vê-la a partir de um contexto maior. Visualizar-se como profissional que atende ao mercado no sentido negativo, perdendo sua capacidade de determinar aquilo que gostaria de pesquisar e de ensinar significa realizar uma análise que agrega uma visão externalista de ciência.

Pedro Demo (2000, p.52) chama a atenção e pede cuidado quando percebemos que a educação está voltada prioritariamente ao mercado dizendo o seguinte: “Enquanto a educação redistribui chances mais que qualquer outra política social, ela mesma as afunila, pois não tem como escopo direto as necessidades e direitos humanos, mas o mercado”. Esse é um dos riscos que uma visão predominantemente internalista de ciência pode nos trazer na medida em que prioriza produtos “vendáveis” da ciência a partir de suas técnicas atuais e que atende às necessidades do mercado.

Poderíamos nos questionar: para que a ciência atenda ao mercado não é necessário uma racionalidade externalista? Saber como o mercado funciona e como atender as suas necessidades exige, de fato, uma visão mais ampla, exige uma racionalidade que vai para além do raciocínio interno da ciência. A questão aqui é saber se o cientista ou se o educador em ciências desenvolve esta visão para além dos elementos internos da ciência para compreender as influências de fatores externos a ela. Uma coisa é ensinarmos ciência e termos consciência do quanto ela é influenciada por fatores externos a ela; outra coisa é ensinarmos ciência sem estarmos minimamente preocupados com a influência dos fatores externos a ela e apenas

focarmos no ensino e na aprendizagem de suas técnicas. Provavelmente o educador que despreza uma visão mais ampla estará “formando” seus alunos com a mesma despreocupação com relação a outros elementos que constroem aquilo que entendemos por ciência.

A preocupação central do nosso trabalho está justamente na análise da visão de ciência que é construída durante a formação no ensino superior. Como já afirmamos, a partir das DCNs para o ensino de ciências naturais percebemos que a exigência na formação dos acadêmicos engloba elementos internos e elementos externos à ciência. O que está em discussão são as possíveis consequências da exclusividade de uma ou de outra visão de ciência que se constrói durante o período de formação no ensino superior, apesar das exigências das DCNs.

Continuando, no caso da Biologia, já mencionamos que as DCNs para o ensino dessa disciplina também exigem que sejam desenvolvidas algumas habilidades e competências. Entre elas já apresentamos em capítulo anterior a questão da postura ética, a responsabilidade social e ambiental, o direito à vida e as questões de discriminação das mais variadas naturezas (racial, social, de gênero, entre outras). O conhecimento da Biologia, se analisado historicamente, serviu para fundamentar a diferença de inteligência entre gêneros ou entre raças pela simples medição dos crânios²⁰. É fato que há diferenças no tamanho do crânio (e conseqüentemente no tamanho do cérebro) se compararmos homens e mulheres e se compararmos raças. Isso, porém, definitivamente não significa diferença em termos de inteligência. Amplos também são os debates acerca da responsabilidade social e sobre as questões éticas ligadas ao exercício da Biologia.

Merece especial comentário a necessidade de debates ligados à Bioética e a todos os seus temas. Não é possível realizar uma boa reflexão sobre Bioética sem levarmos em consideração elementos técnicos, internos à Biologia e elementos externos como são os princípios éticos em questão. Se desejamos realizar uma discussão sobre clonagem é importante que saibamos quais os procedimentos técnicos que permitem que tal fato seja possível. Se o assunto é aborto é interessante as discussões acerca dos critérios “científicos” acerca de quando começa e de quando termina a vida (e sabemos o quanto isso é polêmico). Como entender que algumas culturas, religiões não admitem transfusões de sangue sem tentar entender como esses grupos de pessoas compreendem o funcionamento do mundo (físico e espiritual). Podemos perceber como alguns assuntos misturam elementos internos e elementos externos às ciências. Sem a junção desses dois tipos de elementos a compreensão do que é ciência e de quais são as consequências do seu funcionamento no mundo são compreensões parciais.

²⁰ Sobre esse assunto vale a pena assistir o filme *O elo perdido* (2005) do diretor Régis Wargnier.

É importante lembrar que as DCNs para o ensino de Biologia chamam a atenção para o fato de que não basta saber que existem questões éticas, de responsabilidade social e ambiental, mas que além de saber que existem tais preocupações o acadêmico e o professor estejam comprometidos com elas. A formação crítica acontece quando há uma real preocupação com questões ligadas à área em que se atua ou em que se busca formação num esforço de abertura de horizontes onde o conhecimento técnico seja utilizado também para uma compreensão melhor de mundo.

Um ponto que se destaca nas DCNs e que prometemos, em páginas anteriores, desenvolver um pouco mais é a menção à necessidade de “entender o processo histórico de produção do conhecimento das ciências biológicas referentes a conceitos/princípios/teorias”. (BRASIL, 2001a. p. 4). Le Goff (2001, p.7), historiador francês, defendendo a importância da história diz que “[...] o hoje decorre do ontem e o amanhã é fruto do passado. Um passado que não deve paralisar o presente, mas sim ajudá-lo a ser diferente na fidelidade e novo no progresso”. O trabalho acadêmico que recorre ao resgate do contexto histórico para fazer com que o aluno entenda o que é a ciência em que hoje está se formando busca construir bases firmes para o entendimento desse indivíduo em formação. Isso permite que os novos cientistas e novos educadores em ciências não sejam meros reprodutores de informações que forem repassadas em sala de aula, mas que sejam criativos porque conhecem o processo de construção do conhecimento que adquiriram.

Em se tratando especificamente do conhecimento em Biologia podemos dizer que uma das grandes hipóteses (talvez a mais importante e revolucionária no pensamento biológico) é a hipótese da Evolução desenvolvida por Charles Darwin. Uma das mais intrigantes questões referentes à existência da humanidade (e não só dela) foi tratada por Darwin de forma cuidadosa. A questão é “de onde viemos?”. Darwin dá continuidade ao trabalho de “abalar” a posição central que a humanidade ocupava antes de Copérnico que “retira” a Terra do centro do universo. A partir da hipótese da Evolução Darwin destrona o homem da posição central na criação divina e mostra que o mesmo é apenas mais um ser que faz parte da história da Terra junto com outras espécies, mesmo que algumas delas nem existam mais.

Estou completamente convencido de que as espécies não são imutáveis e de que as que pertencem ao que se chama mesmo gênero são descendentes diretos de alguma outra espécie, geralmente extinta, da mesma maneira que as variedades reconhecidas de uma espécie são as descendentes desta. (DARWIN, 2009, p. 17).

Esse tipo de ideia desestabiliza não somente a compreensão tradicional acerca do surgimento de nossa espécie, mas abala todo um status social e natural ocupado pelo ser humano, mexendo, inclusive, com a forma como a humanidade se relaciona com o resto da natureza. O trabalho desse pensador modificou posturas científicas, filosóficas, religiosas e sociais e ajudou a compreender de outras formas alguns importantes fenômenos dentro dessas áreas. Compreender tais mudanças exige conhecimento do contexto histórico em que se insere o próprio pensador em questão. É fácil admitir Darwin como uma figura importante na construção do pensamento biológico, mas compreender suas angústias como revolucionário exige um mergulho na história de vida dele. Darwin, por exemplo, foi criado em família cristã e teve sua formação dentro desse contexto. Apesar de ser matriculado como aluno de Teologia, seu interesse sempre foi pelo mundo natural. Após sua viagem como naturalista a bordo do navio Beagle, Darwin, de posse de vários exemplares de seres vivos e de registros sobre o mundo natural, começou a organizar suas ideias que culminaram, vários anos depois, na sua hipótese da seleção natural. Os vários anos necessários para desenvolver suas ideias não foram somente para organizar aquilo que havia recolhido de material, mas também foram permeados por angústias ligadas às suas crenças religiosas, afinal, ele tinha consciência das consequências a que suas ideias inovadoras levariam²¹.

O trabalho de Darwin foi seguido pelo de Mendel e pela evolução das explicações genéticas. Darwin sabia que os seres não eram imutáveis e sabia que eram vantajosas algumas mutações a ponto de os seres mutantes conseguirem reproduzir-se de forma mais eficiente que outros. A sobrevivência dos seres não é a sobrevivência do mais forte, mas é a sobrevivência do mais apto. Porém Darwin não conseguia explicar como se davam tais modificações. O conhecimento da genética é que vem para fundamentar o conhecimento acerca do nível em que se dá essas modificações, vantajosas ou não, nos seres vivos.

²¹ Tanto sua família como o círculo de amigos que possuía e muitos dos naturalistas da época eram crentes e participantes de comunidades religiosas. O impacto das ideias de Darwin afetariam sua relação em todos esses ambientes sociais. Nesse contexto de mudanças de ideias chama a atenção a sensibilidade de Darwin para com outras raças também. Para ele, mesmo antes de desenvolver de forma mais elaborada sua hipótese da seleção natural e de defender a ideia de que os seres vivos não são tão diferentes assim, as raças humanas também não se diferem tanto. Darwin relata no texto *Viagens de um naturalista ao redor do mundo* um episódio vivenciado no contexto de escravidão no Brasil quando por aqui passou como naturalista. Diz o seguinte: “A seguinte ocorrência, que se passou comigo, impressionou-me muitíssimo mais intensamente de que qualquer história de crueldade que eu pudesse jamais ter ouvido. Aconteceu que, certo dia, atravessando um ferry em companhia de um negro que era excessivamente estúpido, afim de ser compreendido, passei a falar alto e a gesticular. Devo, em algum momento, ter-lhe passado a mão próximo ao rosto, pois, julgando talvez que eu estivesse irado e fosse batê-lo, deixou pender os braços, com a fisionomia transfigurada pelo terror, e os olhos semicerrados, na atitude de que espera uma bofetada da qual não pretende esquivar-se. Nunca me hei de esquecer da vergonha, surpresa e repulsa que senti ao ver um homem tão musculoso ter medo até de aparar um golpe, num movimento instintivo. Esse indivíduo tinha sido treinado a suportar degradação mais aviltante que a da escravidão do mais indefeso animal.” (DARWIN, s.d, p.9)

Imaginemos uma aula de genética que despreze totalmente a hipótese da seleção natural. Certamente haverá uma carência em termos de fundamento e de compreensão do processo que possibilitou a construção de tal conhecimento. A compreensão histórica da ciência não tem valor apenas como cultura geral ou apenas pelo interesse histórico por si. O entendimento do processo histórico possibilita a continuidade e o avanço do conhecimento aproveitando aquilo que outros já fizeram e aprimorando o conhecimento até então construído.

Outro item que nos interessa nas DCNs para os cursos de Biologia diz que na formação do profissional da área é importante “levar em conta a evolução epistemológica dos modelos explicativos dos processos biológicos”. (BRASIL, 2001a, p. 5). A partir daquilo que dizia Thomas Kuhn sobre as mudanças de paradigmas percebemos na própria história do conhecimento biológico uma evolução nas explicações dos fenômenos referentes a essa área. Já mencionamos o confronto de Darwin com seus contemporâneos, principalmente porque os modelos explicativos para o surgimento dos seres vivos de muitos naturalistas anteriores e contemporâneos de Darwin colocavam Deus como o ser supremo que fez os seres prontos, do jeito que hoje se encontram. As explicações dos fósseis foram as mais variadas até chegar às atuais explicações principalmente a partir da interpretação de Georges Cuvier²² (1769-1832), desde a ideia de que eram animais que não se salvaram no dilúvio, seres que vieram da lua ou tentativas frustradas da lama para criar vida. Somente a partir do século XVIII, com os trabalhos de Cuvier é que se compreendeu que os fósseis eram restos de criaturas que viveram no passado e que grande parte deles era de seres vivos que não existem mais.

Mayr (1998, p.40) diz que “não estão longe da verdade aqueles que insistem em que o progresso da ciência consiste principalmente no progresso dos conceitos científicos”. Ele continua dizendo que uma das coisas importantes a ser feita quando se quer compreender o pensamento biológico é tentar entender a Biologia como um ciência independente. A partir disso podemos perceber que a evolução de uma ciência não acontece somente pela evolução de seus modelos explicativos internos, mas deve acontecer pelo esforço que essa ciência faz na tentativa de se firmar como uma ciência em meio a outras ciências. A crítica de Mayr juntamente com a de Hull (1975) é construída diante da posição de pensadores que defendem que as ciências autênticas e primeiras são as ciências físico-químicas. As demais ciências seriam como uma espécie de físico-química aplicada às áreas mais específicas. Nesse sentido, segundo Hull, não haveriam leis ou teorias em Biologia, ou teorias na Geologia ou outras ciências que não fossem leis ou teorias da Física e da Química aplicadas a essas áreas. “Somente em anos

²² Naturalista francês que formulou as leis da anatomia comparada que contribuíram muito para as explicações da área da paleontologia.

mais recentes tornou-se evidente o quanto é ingênua e equivocada a admissão da igualdade entre as ciências físicas e biológicas.” (MAYR, 1998, p. 50). O mesmo autor continua a se questionar: “em que medida a metodologia e a estrutura conceitual das ciências físicas são modelos apropriados para as ciências biológicas?” (1998, p.51). Esse tipo de questionamento surge quando se percebe que a chamada Revolução Científica não foi uma revolução geral na ciência, mas característica das ciências mecânicas. Certamente isso exige que se reorganize o conhecimento a fim de construir bases mais firmes para o conhecimento biológico²³.

Dobzhansky et al (1980) também levanta o problema da redução²⁴ das teorias da Biologia às teorias da Física. Para ele, quando se fala em reducionismo em Biologia se está falando do reducionismo epistemológico. “Em Biologia a pergunta central do reducionismo epistemológico (teórico, explicativo) consiste em saber se é possível declarar ou não que as leis e teorias da Biologia constituem um caso especial das leis e teorias das ciências físicas.” (DOBZHANSKY, 1980, p. 489, tradução nossa). Esse autor aceita que muito do conhecimento biológico se fundamenta na Física e na Química e cita como exemplo a genética e sua forma de apresentar a estrutura e o modo de replicação do gene. “Apesar de tudo, na atualidade não é possível efetuar a redução epistemológica da Biologia às ciências físicas.” (DOBZHANSKY, 1980, p. 491, tradução nossa). No atual estado de avanço da ciência biológica, continua Dobzhansky, há muitos termos como ‘órgão’, ‘espécie’, ‘eficácia biológica’, ‘predador’ que não podem ser definidos de forma adequada em termos físico-químicos. A maturidade de uma ciência se mostra quando ela constrói seu próprio arcabouço conceitual e um ensino adequado dela acontece quando o aluno consegue perceber esse avanço conceitual.

Ainda na parte final das DCNs para os cursos de Biologia aparecem divididos os conteúdos curriculares em três grupos: conteúdos básicos, conteúdos específicos e estágios e atividades complementares (estrutura semelhante de outras DCNs). Parece não haver discussão

²³ Mayr cita o próprio Hull quando demonstra sua revolta diante do desprezo de outros cientistas em relação à ciência biológica. “O fato de que existem diferenças importantes entre a Biologia e as ciências físicas é muitas vezes inteiramente ignorado. Muitos físicos parecem admitir como certo que a Física é o paradigma da ciência, e que quando se entende de Física, pode-se entender qualquer outra ciência, Biologia inclusive. A ‘arrogância dos físicos’ (Hull, 1973) tornou-se proverbial entre os cientistas. O físico Ernest Rutherford, por exemplo, referiu-se à Biologia como ‘uma coleção de selos postais’. O próprio V. Weisskopf, normalmente bastante isento da usual insolência dos físicos, cometeu recentemente um notável esquecimento ao proclamar que ‘o mundo científico, na sua visão, se baseia nas grandes descobertas do século XIX, concernentes à natureza da eletricidade e do calor e à existência de átomos e de moléculas’, [...] como se Darwin, Bernard, Mendel e Freud (para não mencionar centenas de outros biólogos) não tivessem dado uma tremenda contribuição para a nossa concepção científica do mundo e, por que não, talvez uma contribuição maior do que a dos físicos.”

²⁴ Certamente o tema do reducionismo está longe de receber solução. Não temos a intenção de apresentar uma análise aprofundada desse tema. Aqui, ele apenas aparece como uma ilustração sobre a questão da construção da imagem de ciência a partir dos debates filosóficos e de como isso pode ser profundo e determinante quando o que está em questão é a imagem e o status de determinada ciência frente a outras.

acerca da importância dos conteúdos específicos e dos estágios e atividades complementares para a formação profissional. Merece atenção especial a parte que fala dos conteúdos básicos que, além de tratarem de questões éticas e legais relacionadas ao exercício profissional também devem voltar-se aos “conhecimentos básicos de História, Filosofia e Metodologia da Ciência, Sociologia e Antropologia, para dar suporte à sua atuação profissional na sociedade, com a consciência de seu papel na formação de cidadãos.” (BRASIL, 2001a, p.6). Temos que reconhecer que as diretrizes que foram pensadas para orientar a formação nos cursos de Biologia, tanto para o bacharelado, mas em especial também para as licenciaturas, buscam uma formação ampla do indivíduo que será educador nesta área. Fica evidente a ênfase dada aos conteúdos básicos que, juntamente com as práticas e com os conteúdos específicos farão parte do futuro educador em Biologia. Já mencionamos a importância não só da existência de tais conteúdos nos currículos dos curso, mas também chamamos a atenção para a necessidade de valorizar todos esses conteúdos no processo formativo do educador. Essa seriedade em tratar todos os conteúdos curriculares como importantes por parte do formando em Biologia certamente terá suas consequências nos níveis em que esse educador ou futuro educador estará atuando. Sua visão de ciência (estreita ou ampla, limitada à técnica ou estabelecendo vínculos com outras áreas) estará ajudando a construir a visão de ciência dos alunos que este educador estará acompanhando.

As DCNs para os cursos de Física tratam, de forma geral, apesar de mais breve, de elementos muito parecidos com aqueles que aparecem no documento anteriormente analisado com relação aos cursos de Biologia. Também aparecem menções tanto a elementos internos à Física quanto a elementos externos importantes para a compreensão desta ciência e para a boa atuação dos profissionais, bacharéis ou licenciados, que frequentaram tais cursos. Já na definição do perfil dos formados aparece a necessidade de uma formação sólida e atualizada na área para que tais profissionais possam dar conta de problemas tradicionais e de problemas novos.

Dentro de uma formação básica o formado em Física pode direcionar-se para algumas especialidades que já foram mencionadas neste trabalho no momento em que reconstruímos os principais pontos das DCNs para esses cursos. Destaca-se o físico pesquisador, o físico educador, o físico tecnólogo e o físico interdisciplinar. Também nos parece clara a preocupação de se estar formando profissionais que possam dialogar com outras áreas e colaborar com o desenvolvimento do conhecimento a partir dessas parcerias e trocas de ideias.

Dentre as competências presentes nas DCNs para os cursos de Física podemos destacar a necessidade de domínio dos conhecimentos clássicos e modernos a partir dos conceitos

centrais na área, bem como o domínio das tecnologias para dar conta das exigências do mundo atual. Também é bastante importante a exigência acerca das posturas éticas ligadas ao conhecimento e à ação dos profissionais da Física. Podemos ensinar nossos alunos a dominar a energia atômica, mas se não realizarmos com eles reflexões sobre como usar esse conhecimento estaremos correndo o risco de estimular novas produções de bombas ou armas de guerra.

Ao mesmo tempo que ministra conhecimentos e preparo técnico, a educação deve, sobretudo, estimular uma visão integrada da vida; deve ajudar o estudante a reconhecer e a quebrar, em si próprio, todas as distinções e preconceitos, e demovê-lo da ávida busca de poder e de domínio. (KRISHNAMURTI, 1980, p.45)

Esse tipo de reflexão não se faz apenas num contexto exclusivamente de conhecimentos técnicos, mas exige uma reflexão ética que considera aspectos importantes da vida humana que está para além do conhecimento interno da Física. A isso se liga as outras exigências acerca das competências a serem desenvolvidas no profissional da Física como a responsabilidade social, “compreendendo a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos.” (BRASIL, 2001b, p.4).

Bernstein (2006) trata da questão das diferenças com bastante cuidado e alerta para o perigo de não buscarmos compreender os diferentes contextos acima citados sob pena de serem estabelecidos conflitos graves. A “mentalidade rígida” como ele chama é uma das grandes responsáveis pelos conflitos mundiais que até hoje observamos. Absolutismos e extremismos violentos acabam sendo consequência da intolerância ao diferente. O problema é que, no caso da Física, muitas vezes o conhecimento acaba sendo utilizado como ferramenta para a destruição daquilo que se considera como diferente e ameaçador.

As DCNs para os cursos de Física também demonstram, a partir dos elementos que pontuamos, uma preocupação com uma formação integral de seus acadêmicos. Elementos do núcleo comum na composição dos cursos devem tratar de conteúdos referentes a outras áreas como a Química e a Biologia, bem como de temas vinculados às ciências humanas “contemplando questões como Ética, Filosofia e História da Ciência, Gerenciamento e Políticas Científicas, etc. (BRASIL, 2001b, p.7).

Em nossa análise há um destaque maior aos elementos da formação técnica nas DCNs para os cursos de Física. Os elementos que se ligam a uma visão mais externalista de ciência são mencionados, mas pouco trabalhados. Talvez isso não signifique menosprezo por parte dos autores das DCNs para os cursos de Física. Não há como afirmarmos que existe um descaso para com esses elementos nesse documento. O que chama a atenção é que, ao compararmos as

DCNs para os cursos de Física com as DCNs para os cursos de Química é evidente a diferença na ênfase que são dados aos elementos externos à ciência da Química.

O relatório inicial das DCNs para os cursos de Química começa caracterizando a sociedade atual, denominada nesse documento de pós-moderna e descrevendo o homem como um ser pluridimensional a partir das novas concepções de limites, distância e tempo. Também é mencionada a preocupação dessa sociedade com a conservação dos recursos naturais e pela busca de qualidade de vida e pela rapidez na produção e difusão de ideias. A universidade, nesse contexto, é apresentada por esse documento como responsável pela produção de saber e pela formação dos intelectuais, docentes e técnicos. Grande parte daquilo que hoje se produz em termos de concepção de mundo, de formação profissional e de construção de saber acontece a partir do trabalho realizado não só dentro das universidades, mas também fora dela, porém com vínculos com essa instituição de ensino. Esse relatório menciona também a influência que o modelo de país e suas respectivas políticas educacionais têm sobre aquilo que é desenvolvido no contexto universitário. Ao mesmo tempo em que a universidade influencia o meio onde está inserida é por ele influenciada. Há uma constante troca de influências e é de extrema importância que se tenha consciência desse vínculo estabelecido entre universidade e sociedade, principalmente quando o que está em jogo é a formação dos acadêmicos que estarão circulando entre esses dois locais²⁵.

Esse relatório inicial segue falando do momento histórico que vivemos caracterizado ali como complexo, veloz e mutante e percebe com clara preocupação que a universidade precisa adaptar-se a essa nova realidade. O texto diz que “[...] a universidade brasileira precisa repensar-se, redefinir-se, instrumentalizar-se para lidar com um novo homem de um novo mundo, com múltiplas oportunidades e riscos ainda maiores. Precisa, também ser instrumento de ação e construção desse novo modelo de país.” (BRASIL, 2001c, p.1). Mesmo diante da consciência dessa necessidade, as DCNs para os cursos de Química dizem que é consenso entre profissionais da educação, associações científicas e dirigentes de política educacionais que o atual paradigma educacional é inviável e ineficaz.

Retomamos aqui uma citação desse documento que já apresentamos anteriormente nesse trabalho, mas que, neste ponto, é fundamental para que possamos construir nossa análise.

Os currículos vigentes estão transbordando de conteúdos informativos em flagrante prejuízo dos formativos, fazendo com que o estudante saia dos cursos de graduação

²⁵ Não há, em nosso ponto de vista, como separar sociedade de universidade, afinal a universidade é uma das instituições que compõe o próprio espaço social. Talvez fosse mais pertinente falarmos em contexto universitário e contexto exterior à universidade (o que não elimina os vínculos que esses dois espaços sociais têm).

com “conhecimentos” já desatualizados e não suficientes para uma ação interativa e responsável na sociedade, seja como profissional, seja como cidadão (BRASIL, 2001c, p.2).

Esse tipo de postura dos autores das DCNs para os cursos de Química mostra claramente a preocupação com uma formação integral dos seus acadêmicos sem reduzi-la a uma formação tecnicista e que restrinja a visão de tais indivíduos. A universidade não pode reduzir o espaço de formação acadêmica a momentos de repasse de informações e de experimentações mecânicas de conteúdos que são compreendidos de forma parcial. Esse tipo de formação dificilmente prepara os acadêmicos para serem indivíduos intelectualmente produtivos e independentes, características altamente valorizadas e necessárias quando se trata do mundo descrito acima por este mesmo documento.

A partir disso, seguem as DCNs para os cursos de Química, é necessário repensar os modelos de curso superior para que eles deixem de dar tanta ênfase ao educador e aos conteúdos a serem assimilados pelos acadêmicos para colocar os próprios acadêmicos na posição de sujeitos na construção do conhecimento. Dessa forma são transformados tanto o papel do educador, que deixa de ser o detentor do conhecimento, quanto o papel do aluno que deixa de ser mero espectador no processo de construção do conhecimento. O diálogo conciliador (FREIRE, 2004a, 2004b) possibilita o crescimento de ambos, educador e educando que juntos constroem o conhecimento.

Diz Freire numa de suas obras:

Não tenho dúvida do insucesso do cientista a que falte a capacidade de adivinhar, o sentido da desconfiança, a abertura à dúvida, a inquietação de quem não se acha demasiado certo das certezas. Tenho pena e, às vezes, medo, do cientista demasiado seguro da segurança, senhor da verdade e que não suspeita sequer da historicidade do próprio saber. (FREIRE, 2004b. p.63).

Esse pensador da educação traz nessas palavras a preocupação com elementos fundamentais na vida intelectual que é a questão da dúvida, do questionar-se, do buscar melhorar a partir da problematização das próprias convicções, elementos estes tão caros à Filosofia e que podem colaborar muito para a evolução do conhecimento em todas as áreas, não somente nas científicas. Outro elemento importante aqui destacado e que tentamos já diversas vezes enfatizar no nosso trabalho é a importância da historicidade do saber. Essa historicidade que permite o conhecimento do processo de construção do conhecimento que nos chega e que nos serve de base para avançar nas descobertas.

As DCNs para os cursos de Química seguem falando sobre a importância da busca de conhecimento por iniciativa do próprio aluno que deve buscar participar de projetos de pesquisa, de grupos transdisciplinares²⁶ de trabalho, de seminários, congressos ou de outros tipos de evento onde seja possível a discussão e a divulgação de temas ligados aos estudos e às produções acadêmicas. Chassot (2009) fala sobre a importância da violação, da transgressão da disciplinarização, não no sentido de compartimentalizar para entender melhor, mas no sentido de não fechamento para a colaboração de outras áreas. Isso se refere à transdisciplinaridade entre as ciências naturais e também entre outras áreas do conhecimento em relação às ciências naturais. Essa atividade vai possibilitar um melhor entendimento das ciências naturais, entre elas a química que aqui analisamos, situada em contextos mais amplos do que seu contexto interno.

As produções acadêmicas podem aproveitar um outro estímulo dado pelas DCNs para os cursos de Química que é a abertura dos currículos para se adaptarem a temas regionais e de interesse mais próximo dos estudantes. Esse tipo de postura pode dar mais significado aos próprios conteúdos técnicos que são trabalhados nos cursos, na medida em que buscam atender a demandas locais e dos interesses dos próprios acadêmicos.

Ao mesmo tempo que esse documento incentiva as discussões acadêmicas, a produção dos alunos e a apresentação e defesa de seus trabalhos ele também lembra, ainda no relatório inicial, que é importante que os alunos aprendam a “ler” o mundo, a questionar situações, a sistematizar problemas e buscar criativamente soluções para eles. Ler o mundo exige que estejamos “alfabetizados” para esse tipo de leitura. No caso da “leitura química” do mundo (assim como também na “leitura biológica e física”) é necessário que estejamos alfabetizados cientificamente. Entender a linguagem da Química é fundamental para que o formado em Química não só entenda essa linguagem como também possa “falar” nessa linguagem. A alfabetização científica deve ser vista como possibilidade de inclusão social (CHASSOT, 2003b) na medida em que possibilita uma melhor leitura do mundo que nos rodeia. Saber ler e interpretar o mundo é condição de possibilidade de agir melhor neste mundo. E é uma ação mais consciente a partir de uma leitura mais adequada que vai possibilitar transformações sociais tão necessárias para uma melhor qualidade de vida para as pessoas.

“Mais do que armazenar informações, este novo profissional precisa saber onde e como rapidamente buscá-las, deve saber como ‘construir’ o conhecimento necessário a cada

²⁶ Importante constar que toda concepção interdisciplinar ou transdisciplinar exige uma saída do âmbito interno da própria disciplina, ou seja, exige uma postura externalista de ciência para que um diálogo mais amplo seja possível.

situação.” (BRASIL, 2001c, p.2). Essa citação das DCNs para os cursos de Química contempla aquilo que já falávamos quando analisávamos os documentos referentes aos cursos de Biologia e de Física sobre a importância da independência intelectual desenvolvida pelo estudante ao longo de sua formação. Adaptar-se às novas realidades, dar conta dos novos desafios exige “repertório científico” e metodologias adequadas tanto para a prática profissional do bacharel quanto do licenciado em Química. Isso permite o desenvolvimento de iniciativas criativas e adaptadas aos diferentes contextos. O próprio documento segue dizendo que “[...] é preciso que tais profissionais saibam romper continuamente os limites do ‘já-dito’, do ‘já-conhecido’, respondendo com criatividade e eficácia aos desafios que o mundo lhes coloca. (BRASIL, 2001c, p.2).

Após o interessante relatório inicial vêm os demais itens do documento que tratam do perfil dos formandos, das competências e habilidades e da estrutura dos cursos. Interessa-nos abordar alguns elementos presentes na questão das competências e habilidades. Uma primeira situação que nos interessa na abordagem dos elementos internos e externos às ciências e que se refere às competências e habilidades que são apresentadas como necessárias nas DCNs para os cursos de Química aparece na citação a seguir que demonstra o entendimento de Química que deve estar presente no formando: “Reconhecer a Química como uma construção humana e compreendendo os aspectos históricos de sua produção e suas relações com os contextos culturais, socioeconômico e político.” (BRASIL, 2001c, p.5). Se na Biologia e na Física (DCNs) não havia um destaque tão claro acerca de alguma concepção de ciência, no documento que orienta o andamento dos cursos de Química há uma declarada posição acerca de um entendimento de ciência bem mais amplo do que um entendimento de ciência somente a partir dos elementos internos que a constituem. Compreender a Química como *construção* e que engloba aspectos históricos, culturais, socioeconômicos e políticos é valorizar uma concepção de ciência externalista, como processo, como uma área interligada com outras.

No caso específico do licenciado em Química, vale retomar uma citação anteriormente apresentada:

Identificar os aspectos filosóficos e sociais que definem a realidade educacional; identificar o processo de ensino/aprendizagem como processo humano em construção; ter uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção. (BRASIL, 2001c, p.6).

Esse tipo de concepção de ciência, no nosso entender, é que vai possibilitar ao professor de ciência uma ação pedagógica melhor fundamentada tendo em vista a busca de uma formação

sólida dos alunos. Voltamos a insistir na seguinte ideia: uma concepção internalista de ciência, baseada exclusivamente na racionalidade interna da ciência apresenta sério risco de construir uma visão bastante parcial do que vem a ser a ciência como um todo. Se um professor de ciências assumir uma visão de ciência exclusivamente internalista e, a partir de seu posicionamento científico, defendê-la como a melhor visão de ciência, tal posicionamento poderá direcionar a compreensão de ciência que está sendo construída por seus alunos. Esse tipo de posicionamento acerca da ciência, em nossa visão, é bastante limitado, parcial.

No próximo ponto estaremos argumentando que uma visão exclusivamente externalista também tem seus problemas e seus limites. No momento nossa preocupação é a de construir uma crítica acerca da visão parcial da ciência, fruto de uma visão exclusivamente internalista.

3.2 Internalismo e externalismo e o ensino de ciências naturais

Nossa preocupação central nesta investigação está no ensino de ciências a partir de determinada concepção de ciência. Já apresentamos duas diferentes concepções de ciência, o internalismo e o externalismo, bem como identificamos elementos que compõe estas duas visões nas DCNs para os cursos de Biologia, de Física e de Química. Trataremos agora da questão da presença e da função dos elementos internos e dos elementos externos à ciência na formação superior em ciências naturais.

Já mencionamos em outras partes deste trabalho e enfatizamos, a partir das DCNs para os cursos de Química, a importância que áreas como Filosofia, História e Sociologia têm na formação do professor de ciências naturais. Cabe, nesta altura do trabalho, aprofundar um pouco mais a reflexão acerca da importância dessas áreas para a formação em ciências naturais, destacando a formação do licenciado para o ensino de Biologia, de Física e de Química.

A criticidade, o processo reflexivo na atividade científica, a humanização das ciências, a postura ética e a valorização dos contextos culturais, políticos e econômicos são contribuições citadas pelos que defendem a presença da filosofia, da história e da sociologia na formação em ciências naturais. A atribuição de significados para certos conteúdos também é citada como fruto da presença das áreas acima citadas na educação científica, na medida em que, por essas reflexões, se consegue localizar de forma mais eficiente o papel da ciência em certos momentos e espaços. Por aí se dá a diferença entre simplesmente constatarmos a presenças de disciplinas e conteúdos por um lado e justificarmos a presença desses elementos por outro. Esse é o desafio que todo o professor enfrenta no início de determinada disciplina, ou seja, não basta que tal disciplina esteja presente no currículo e na lista das disciplinas que são disponibilizadas e que

podem ser cursadas naquele semestre; é necessário dizer o que ela está fazendo aí, no que irá contribuir, justificar sua presença.

Freire Jr (2002) aponta a presença de conteúdos de história e de filosofia vinculados ao ensino de ciências como forma de combater aquilo que nos Estados Unidos era visto como um desinteresse pela ciência em níveis pré-universitários, mas com influências também no nível universitário. Essa crise da “science literacy” (alfabetização científica) apresentava como sintomas a carência de domínio de conceitos científicos o que refletia em senso comum acerca do que era ciência e de como ela funcionava, esvaziamento das aulas de ciências onde essas não eram obrigatórias e diminuição da procura por carreiras universitárias em ciência e tecnologia. No Brasil, continua o autor, a realidade do ensino de ciências é agravada pela realidade social e suas deficiências, além do desinteresse que essas áreas vem sofrendo por parte de estudantes com melhores condições sociais. Poderíamos aqui apresentar também as questões da desvalorização da profissão docente, a indisciplina dos alunos, as precárias condições de trabalho em boa parte das escolas entre outros problemas enfrentados por quem opta por ser professor nas áreas de ciência.

Diante desses desafios, continua Freire Jr, o próprio ensino de ciências se converte em tema de pesquisa, presente nas discussões realizadas nas universidades, com eventos, livros e revistas dedicados especificamente a este tema. Um dos problemas centrais do ensino de ciências está na preocupação com as estratégias a serem desenvolvidas para que os alunos possam compreender os conceitos científicos básicos para que outros possam, posteriormente, serem incorporados.

[...] o desafio educacional deixa de ser a “transmissão” de conteúdos e se transforma na busca de estratégias capazes de promover a mudança nas estruturas conceituais que os alunos trazem para as salas de aula, de modo que novos conteúdos possam efetivamente ser incorporados ao seu patrimônio intelectual. (FREIRE JR, 2002, p. 18).

Só é possível a apreensão de novos conceitos e novos conteúdos (de acordo com os cognitivistas) na medida em que as bases conceituais permitam que esses novos elementos possam ser compreendidos e ligados às estruturas conceituais pré-existentes. Não é possível construir essa base sem um conhecimento mínimo dos processos históricos que levaram à construção de certos conceitos nem é possível fazê-lo sem uma mínima reflexão que possibilite uma real compreensão conceitual, o que não se consegue com memorização mecânica.

A partir disso Freire Jr apresenta dois compromissos educacionais, ligados ao ensino de ciências, que poderiam e deveriam ser assumidos tanto por professores dos níveis fundamental e médio quanto por educadores de cursos superiores em ciências:

O primeiro deles é que a educação deve assegurar à criança e ao adolescente sua introdução às melhores tradições de suas culturas, incluindo as disciplinas acadêmicas, de um modo tal que eles entendam o conteúdo da disciplina e aprendam algo sobre essa disciplina, sua metodologia, premissas, limitações, história, etc. O segundo é que, na medida em que seja possível e apropriado, sejam reconhecidas e investigadas as relações de assuntos particulares com outros assuntos e com o painel mais amplo de questões éticas, religiosas, culturais, econômicas e políticas. (FREIRE JR, 2002, p. 19-20).

Esse tipo de compromisso possibilita a superação da fragmentação intelectual característica das antigas formas de educação científica. A compreensão de ciência resultante desse processo vai permitir a formação do cidadão (não só do cientista) crítico, capaz de entender a atividade científica a ponto de, continua o autor, nem temer a ciência como se fosse algo distante, inalcançável, nem idolatrá-la como se fosse algo infalível, imagem característica de um senso comum científico. A ciência, compreendida como produto da atividade humana (intelectual e braçal), deve fazer parte das preocupações das pessoas, assim como outros temas. Para que isso aconteça é necessário que a alfabetização científica esteja na pauta das preocupações educacionais. Dessa forma, ao se conseguir promover uma educação científica com qualidade, é possível fazer com que a própria ciência se beneficie e se desenvolva de forma mais intensa.

Ainda estamos distantes da realidade em que a ciência é vista como um tema comum nas rodas de discussão. Temas científicos são vistos como assuntos extraordinários ou mesmo impossíveis em certos contextos. Dizer que vivemos em uma sociedade científica talvez seja tão utópico quanto desejar que a população comum tenha a ciência como um assunto comum, que faz parte das rodas de conversa do dia a dia. A ciência e seus temas ainda são tidos como elementos restritos a certos ambientes intelectuais e sobre os quais a maioria das pessoas não tem interesse ou não ousa falar.

Dentro da discussão acerca da importância da história para a ciência, Freire Jr (2002) apresenta um interessante debate entre defensores da separação entre ciência e história e defensores da presença da história. Para aqueles que acham que a aproximação entre história e ciência é um empreendimento desnecessário e talvez prejudicial ao desenvolvimento científico o argumento é o de que são atividades bastante diferentes, com perspectivas antagônicas. Enquanto a ciência busca simplificar os fenômenos na tentativa de entendê-los, a história busca

a complexidade dos elementos envolvidos e isso pode causar confusão nos alunos. Não podem, portanto, essas duas áreas serem apresentadas juntas em sala de aula. Os defensores da parceria entre história e ciência, e aqui Freire Jr cita Mathews como o representante dessa defesa (enquanto para a primeira perspectiva não são citados nomes específicos), dizem que a diferença de perspectivas é benéfica e enriquecedora. Analisar algo a partir de diferentes perspectivas amplia a visão sobre um determinado fato. Em se tratando da atividade científica em si, podemos dizer que o cientista pode optar por um enfoque histórico ou por um enfoque teórico (ODY, 2005). Nesse sentido um cientista pode estar preocupado com fenômenos gerais (definir o que é um vulcão, analisar a função de determinado componente químico no processo de combustão, explicar o que é um raio, etc.) ou com fenômenos históricos específicos (descrever o Vesúvio, explicar o que causou determinado incêndio ou explicar porque o raio que caiu no dia x causou determinados danos). Isso não significa que ambos não tenha interesses teóricos ou históricos; na realidade ambos elementos são necessários nas explicação científica, mas o que difere é o foco do cientista (teórico ou histórico).

Na tentativa de apresentar um ponto de equilíbrio entre conteúdos ligados à tríade história/filosofia/sociologia e os conteúdos científicos que se referem mais aos elementos internos da ciência Freire Jr apresenta duas grandes lições a que chegaram pesquisadores do Terceiro Estudo Internacional de Ciências e Matemática:

[...] a primeira é que “só ensinar história, filosofia e sociologia da ciência não resultará em uma performance melhor, o conteúdo da ciência também tem um impacto”, que “sem a substância da ciência, aulas com foco centrado sobre a história, filosofia e sociologia da ciência podem confundir os estudantes e se converterem em mais aulas de estudos sociais com disfarce de aula de ciências.” A segunda lição é que a “formação de professores parece ser a chave para se atingir o objetivo de ampliar a alfabetização em ciências através do uso da abordagem contextual”. (FREIRE JR, 2002, p.25).

Primeiramente é apresentado o perigo de se perder o foco da atividade central da ciência e aqui fica claro que a postura desses investigadores mostra que o foco central da atividade científica não está na filosofia, nem na história e nem na sociologia da ciência. A rigor precisamos admitir que os conteúdos ligados a essas áreas são conteúdos que auxiliam a compreensão da atividade científica como um todo (e é nesse ponto que está sua grande importância em todos os níveis onde se trabalha ciência), mas, a não ser que sejamos filósofos da ciência, historiadores da ciência ou sociólogos da ciência esses temas não serão temas centrais na formação. Isso não significa que não sejam temas importantes e que não precisam estar presentes nas aulas, principalmente quanto o que está em jogo é a formação dos novos

professores de ciência. A outra lição trata justamente da formação dos novos professores e a coloca no centro da atividade da alfabetização científica. A abordagem contextual que busca localizar e justificar os conteúdos a partir da história, da filosofia e da sociologia da ciência ao mesmo tempo é ferramenta de preparação desses novos professores que precisam, primeiramente eles, entender as justificativas dos conteúdos que estão trabalhando, para depois poder, a partir dessa mesma abordagem, trabalhar a ciência nos outros níveis de ensino.

Freire Jr, em defesa da importância da história da ciência em países periféricos como o Brasil, diz que a mesma pode contribuir com a motivação de se ensinar e de se aprender ciência ao se localizar na história mundial da ciência a contribuição que brasileiros deram a essa atividade humana.

Não seria útil ao ensino de ciências no Brasil incluir no ensino de Física referências a Valentin Stansel, matemático e astrônomo jesuíta, que viveu na Bahia do Século XVII, e teve suas observações astronômicas citadas por Isaac Newton nos “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”? Não seria útil incluir referências a César Lattes, físico brasileiro que tem seu nome incluído em qualquer história das partículas subatômicas? A alfabetização científica em países periféricos seguramente será beneficiada se soubermos localizar a ciência na cultura e na história de nossos países. (FREIRE JR, 2002, p.27).

Entender uma descoberta científica a partir de seu contexto histórico faz com que essa descoberta deixe de ser algo aparentemente distante da atividade de qualquer cientista ou mesmo de qualquer cidadão comum que se dedica a uma determinada área e tenta fazer o seu melhor trabalho. Derruba-se, dessa forma, o mito de que a ciência é uma coisa difícil de se fazer e de que nem todos podem fazer ciência. É possível, a partir da história da ciência, por exemplo, perceber que Newton passou por um processo de estudo como muitos passam e que a frase por ele proferida “Se vi mais longe foi porque me apoiei em ombros de gigantes”²⁷ mostra o quanto outras pessoas, que vieram antes dele ou que foram contemporâneas dele, ajudaram para que ele produzisse todo o conhecimento que historicamente é a ele atribuído. A história ajuda a perceber o quanto foi angustiante para Darwin conceber e publicar sua hipótese da evolução e que a mesma também foi fruto de muito trabalho. Também é possível entender que os grandes revolucionários na ciência, como Lavoisier, tiveram seus problemas com a política de sua época e não eram pessoas reclusas aos seus laboratórios, livros e fórmulas.

Por outro lado, o conteúdo da ciência, a substância, o núcleo da composição científica e que podemos compreender como sendo os elementos internos dela ainda formam aquilo que mais toma tempo e atenção. Isso se refere à formação do professor de ciências em nível superior

²⁷ Frase que está na carta escrita em 5 de fevereiro de 1676 por Newton e endereçada a Robert Hooke.

e também aos níveis fundamental e médio ou mesmo voltar ao ensino superior onde esse professor irá atuar. Se não houver posturas críticas diante da formação do professor as referências a serem seguidas serão somente aquelas apreendidas durante o período de formação, seguindo exemplo dos professores que prepararam esses novos professores e por isso o ciclo se mantém. Não queremos aqui descartar os conteúdos internos da ciência. Como já dito, sem eles não é possível fazer ciência, pois os mesmos constituem a substância central da atividade científica. Um equilíbrio entre elementos internos e elementos externos à ciência tem a pretensão de atribuir mais significado àquilo que se estuda e se faz na ciência.

Sendo assim, a racionalidade interna da ciência se mantém como algo importante e prioritária tanto no ensino de ciências quanto na atividade de se fazer ciência a partir de pesquisas mais elaboradas. O modelo nomológico dedutivo de Popper e Hempel ainda é um importante modelo de raciocínio lógico-científico a ser seguido. Nele já vimos que são necessários componentes teóricos (leis, hipóteses, modelos) e componentes históricos (casos particulares que sirvam de material de análise) para que o raciocínio possa ser construído. A partir disso são formuladas as explicações e as previsões científicas. Porém o raciocínio que leva a tais conclusões a partir dos componentes teóricos e históricos que o compõe não pode prescindir de uma contextualização histórico-filosófico-social mais ampla que lhe atribua significados e justificativas.

É o que tenta fazer Mathews (2002) quando procura defender a abordagem contextual na alfabetização científica que, é importante lembrar, acontece em todos os níveis de ensino, mesmo quando estamos discutindo formação de professores. A começar pela postura do próprio professor e pela postura daqueles que administram com relação à filosofia da educação que adotam. “Se os professores e administradores não têm uma filosofia da educação definida, é mais provável que a educação simplesmente incorpore a forma da última ideologia política com que teve contato. (MATHEWS, 2002, p. 35). Não é diferente quando falamos de concepção de ciência adotado pelos professores e que vai ser guia para a condução das aulas e para a construção de concepção de ciência dos alunos. Se a meta é preparar os alunos para o mercado de trabalho, para a educação profissionalizante, para a competição do mundo atual de forma predominante temos aí uma determinada concepção de educação e de ciência. Se a meta é preparar alunos para o exercício da cidadania, para o conhecimento e incorporação dos valores humanos, para a criticidade, além de prepará-lo para o trabalho aí podemos dizer que há uma outra concepção de educação e de ciência servindo de base para o trabalho de formação desses alunos.

Ainda tendo como foco o professor e sua concepção ampla de ciência Mathews (2002, p. 36) diz que “[...] o conhecimento sobre história e filosofia da ciência possibilita que os professores compreendam melhor sua função cultural, cada vez mais importante, na continuação da tradição científica: sem os professores, não haveria ciência.”. Assim, continua o autor, o papel do professor não é somente o de promover o conhecimento *da* ciência, referindo-se somente ao conhecimento interno da mesma, mas também o de promover o conhecimento *sobre* ciência no sentido de localizá-la num contexto maior, em meio a outras áreas do conhecimento humano e suas interligações.

Referente às aulas de ciência e a presença da história nas mesmas, Mathews traz a seguinte reflexão:

As aulas de ciências podem ser a única oportunidade de o aluno saber que existia vida antes do século XX e que as pessoas nem sempre pensaram do modo como pensamos hoje e nem sempre viram o mundo como o vemos hoje; que havia diferentes prioridades no modo como as pessoas lidavam com a natureza; que houve uma Idade Média, um Renascimento, uma revolução científica, uma revolução industrial; e que nosso pensamento tem débitos para com indivíduos como Aristóteles, Galileu, Newton, Darwin, Einstein. (2002, p. 45).

O autor continua dizendo que a história e seus personagens podem fazer com que os alunos entendam como se dá o pensamento dentro de determinada tradição ou em determinado contexto histórico-cultural. O passado tem importantes lições a apresentar, lições estas que lançam luzes ao trabalho atual.

A história pode ainda ter compromissos diferentes quando se trata de explicar os fatos históricos dentro da atividade científica. Segundo Abrantes (2002), a história pode ter como objetivo *o que* os grandes personagens da ciência fizeram, *em que* contribuíram, mas também podem estar preocupados com o *porque* de terem feito tais empreendimentos. A história, continua o autor, “necessita apoiar-se em cronologias e exegeses, mas ela não se limita a isso: ela investiga *razões e causas*”. (ABRANTES, 2002, p. 64, grifos do autor).

A simples reconstrução de fatos históricos pode ser perigosa quando se almeja uma maior compreensão do processo de edificação do conhecimento científico. Se a reconstrução histórica não for acompanhada de certa reflexão filosófica e do contexto social a interpretação dessa cronologia pode ser bastante limitada. Já chamamos a atenção sobre esse aspecto quando vimos que Karl Popper e Thomas Kuhn concordam que a ciência e sua história não são feitos de acúmulos de conhecimento. Abrantes (2002, p. 53) reforça essa ideia:

Frequentemente os Históricos são apoloéticos, enaltecendo aqueles cientistas vistos como tendo contribuído para acrescentar algum elemento na constelação de saberes hoje aceitos. Como consequência, essa historiografia exhibe o passado científico como um desenvolvimento contínuo e cumulativo tendo o presente como ponto de fuga.

Uma análise interessante feita por Abrantes sobre o pensamento de Thomas Kuhn traz a reflexão desse pensador quando analisa o trabalho do historiador da ciência que não está preocupado apenas com a narração de uma sequência de fatos históricos que culminaram nos resultados que encontramos resumidos nos manuais científicos. Para Kuhn, comenta Abrantes, é tão ou mais interessante analisar a mente trabalhando desse cientista do que ter apenas o resultado pronto desse trabalho mental. Isso é perceber o processo muito mais do que simplesmente ter de forma cômoda o conhecimento científico pronto e acessível de forma sintetizada nos manuais científicos.

Abrantes (2002), para justificar a interdependência entre história da ciência e filosofia da ciência relembra uma frase de Lakatos, parafraseando Kant, quando o mesmo diz que “A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega”. Para que um fato histórico seja interpretado, por exemplo, situações em que se tenta discutir se a atitude de um cientista foi ou não foi racional, são necessários critérios filosóficos que balizem a discussão acerca da racionalidade (o que é racional e o que não é racional). Por outro lado é necessário que se tenham fatos históricos que sirvam de “material” a ser analisado e que possa alimentar a discussão filosófica sobre determinado tema. De um lado temos teorias e critérios de racionalidade, do outro lado temos os contextos históricos em que tais teorias e critérios de racionalidade se modificam.

Se o objetivo da história da ciência é explicar determinado fato, tendo, por exemplo, em vista a formação de novos educadores em ciências é necessário que as devidas compreensões dos elementos que compõe os contextos da descoberta científica (e não somente os contextos de justificação como defendia Popper) possa acontecer. Compreender que determinado movimento do pensador em ciências que está sendo estudado foi ou não foi racional pressupõe uma compreensão da racionalidade daquele contexto histórico. “Para tanto, é sem dúvida inadequado utilizar como referência os nossos padrões atuais de juízo. A teoria da racionalidade que o historiador necessita adotar deve reconhecer que os padrões de juízo e as normas se modificam ao longo do tempo”. (ABRANTES, 2002, p. 65).

Ainda justificando a importância da história juntamente com o trabalho de análise filosófica para a construção de uma imagem de ciência, Abrantes comenta que muitas vezes é necessário vincular elementos internos e elementos externos à ciência.

O historiador [...] pretende compreender o passado, explicá-lo, e não somente descrevê-lo. Para tanto, ele frequentemente é levado a vincular o “interno” ao “externo” da atividade científica (a inserção desta atividade no contexto de outras atividades e da cultura em geral) e a descobrir as imagens de ciência que fundamentam as razões dos agentes. Nessa tarefa explicativa, frequentemente o historiador lança mão de teorias políticas, antropológicas, sociológicas, etc. além de teorias estritamente filosóficas, por exemplo, teorias da racionalidade. (2002, p.79).

É essa compreensão, que poderíamos chamar de “ampliada” de ciência que na posição de Abrantes deve ser utilizada na formação, principalmente, dos acadêmicos, futuros professores de ciências. Ainda destacando o papel da História da Ciência na formação de professores, Abrantes (2002, p. 86) diz que é preciso “distinguir a importância que a História da Ciência pode ter (diretamente) para a formação dos estudantes, da sua relevância para a formação dos professores de ciência (influenciando, desse modo, indiretamente a formação dos estudantes).

Por fim, Abrantes concorda com nosso posicionamento que defendemos ao longo do trabalho quando diz que:

[...] a principal função da História da Ciência no ensino de ciências nos diversos níveis seja a de desenvolver um senso crítico com respeito às imagens de ciência (e de natureza) que prevalecem em dado momento histórico e que são veiculadas pela imprensa, pelos professores e pelos manuais utilizados no ensino[...]. [A História da Ciência pode] contribuir para uma compreensão de como se dá a inserção da atividade científica na sociedade e as relações do conhecimento científico com diversos setores da cultura.

Nessa tentativa de mostrar que é importante trabalharmos com uma ideia ampla de ciência para que o próprio ensino de ciências seja melhor é necessário, na nossa visão, uma adequada interação entre elementos internos e elementos externos. Qualquer desequilíbrio, para um lado ou para outro, pode gerar problemas na formação em ciências naturais. Ao mesmo tempo em que uma abordagem contextual auxilia na localização e significação dos conteúdos não se pode perder o foco dos elementos centrais da ciência. Há grandes riscos na compreensão do que é ciência quando não se domina os conceitos centrais de determinada área. A alfabetização científica tem justamente a função de preparar as pessoas no que se refere à possibilidade de um mínimo diálogo sobre questões científicas a partir da capacidade de “ler” e de “interpretar” textos (não apenas escritos) básicos de divulgação científica. Carvalho (2001) traz para o debate questões que identificam problemas de alfabetização científica que comprometem a compreensão de temas recorrentes na mídia e nas conversas cotidianas das pessoas. Degradação ambiental, destinação do lixo são temas comuns, mas carecem de mais

esclarecimento para que a população em geral tenha posicionamentos mais seguros quanto a esses temas. “Grupos de ambientalistas, por exemplo, perceberam que um nível mínimo de conhecimento científico era necessário para os indivíduos acompanharem os debates sobre poluição do meio ambiente”. (CARVALHO, 2001, p.141). O autor citado ainda traz como exemplo a questão da realização de plebiscitos sobre tópicos como energia nuclear onde o meio científico questiona a capacidade da população de compreender tais questões e de realizar julgamentos fundamentados.

Em relação à influência da escola no que diz respeito à transformação social e ambiental, Carvalho (2001, p.141-142) diz que:

[...] caso o sistema educacional tenha a intenção de “influenciar a sobrevivência da sociedade global”, não se poderá evitar a discussão no seu interior de questões socioambientais, dilemas éticos e problemas relacionados com as consequências da atividade humana para o meio ambiente.

Como já dissemos, porém, as questões ligadas aos debates éticos e sociais dependem de conhecimento técnico da área. Como agir, o que mudar, o que evitar, quais as causas e as consequências são questões que, na maioria das vezes, exigem domínio de conhecimento dos elementos internos e externos à ciência.

O que é necessário evitar no processo de construção de uma imagem de ciência é a imposição de certos modelos, tanto para professores quanto para alunos.

[...] os professores devem construir os seus referenciais sobre a natureza da ciência, mas o seu papel junto aos estudantes não será o de fazê-los repetir as convicções como se fosse um “mantra” e sim desenvolver o raciocínio dos estudantes e oferecer possibilidades para que os mesmos tenham condições de explicitar suas razões e elaborar justificativas para as escolhas teóricas que os mesmos realizarem. (CARVALHO, 2001, p.143).

Mesmo que nosso principal esforço, nesta parte do trabalho, seja o de chamar a atenção para as diferentes concepções de ciência que podem estar presente na formação dos futuros professores de ciências naturais e suas possíveis consequências no ensino de ciências não podemos afirmar que seja clara e unânime a distinção entre elementos internos e elementos externos à ciência. Mathews (2002), importante defensor do uso da Filosofia, da História e da Sociologia na compreensão de ciência e em seu ensino questiona se, de fato, alguns elementos que tradicionalmente foram vistos como externos à ciência são de fato elementos distantes do núcleo científico das áreas que estamos analisando. No final do capítulo que utilizamos desse autor ele questiona alguns posicionamentos acerca da classificação de certos elementos. A

primeira questão que ele apresenta é a seguinte: a epistemologia é um elemento interno ou externo da ciência? Se analisarmos as ferramentas que um cientista utiliza para fazer ciência “na prática” a epistemologia que o orienta não deixa de ser uma dessas ferramentas, mesmo que seja uma “ferramenta intelectual”. Desse modo, a imagem de ciência que um cientista ou que um professor de ciência tem não deixa de ser um elementos interno do seu fazer científico. Outras questões trazidas pelo autor: a matemática é um elemento interno ou externo à ciência? A tecnologia é um elemento interno ou externo à ciência? Ambas são usadas no exercício científico e apesar de serem áreas distintas das áreas que estão no centro de nossa análise, estas últimas dependem do avanço das primeiras e as têm como aliadas constantes. “Vendo e tratando a ciência como parte da cultura intelectual de uma sociedade e de um período histórico, a distinção entre elementos ‘internos’ e ‘externos’ corre o risco de ser artificial e arbitrária”. (MATHEWS, 2002, p. 45).

Para nós não interessa, como atividade central, classificar elementos internos e elementos externos à ciência. Essa atividade poderia, por si, render um grande trabalho de pesquisa. A nós interessa o quanto essas duas concepções influenciam na construção de uma imagem de ciência que contemple apenas a racionalidade interna dessa área do conhecimento humano ou que entenda a ciência a partir de parâmetros mais amplos.

É nesse sentido que sustentamos, ao longo do trabalho, que a imagem de ciência que é trazida pelos professores em sala de aula, apesar da exigência de abordagens bastante amplas e que contemplem diferentes aspectos da formação científica presentes nas DCNs para os cursos de ciências naturais, influencia na imagem de ciência que é construída pelos acadêmicos e, por consequência, pelos alunos dos outros níveis de escolarização.

No próximo capítulo queremos explorar mais a figura do professor de ensino superior e as imagens de ciência que podem orientar o seu trabalho de formação dos futuros educadores em ciências naturais. Apresentaremos o falibilismo como postura epistemológica que pode conciliar internalismo e externalismo num posicionamento onde é possível manter elementos de um e de outro como forma de desenvolver uma imagem de ciência que possa contemplá-la sob vários aspectos.

4 FORMAÇÃO DE PROFESSORES E O FALIBILISMO COMO TENTATIVA DE CONCILIAÇÃO ENTRE CONCEPÇÕES INTERNALISTAS E EXTERNALISTAS DE CIÊNCIA

A sabedoria é o fruto de um desenvolvimento equilibrado. É esse equilíbrio do crescimento da individualidade que deveria ser o objetivo garantido pela educação.

Alfred North Whitehead

Nos capítulos anteriores procuramos analisar o quanto é difícil, principalmente em sociedades complexas modernas, construir uma definição de ciência, bem como estabelecer, de forma clara e precisa, uma concepção de ciência a partir da qual podemos fundamentar a formação de professores na área de ciências da natureza. Isso não significa que não tenhamos bases para construir uma imagem de ciência. Apresentamos algumas dessas bases a partir da concepção internalista de ciência e a partir da concepção externalista. Nesta perspectiva procuramos também analisar quais concepções de ciência estão presentes nos elementos que compõem as DCNs para o ensino de Biologia, de Física e de Química que norteiam o funcionamento dos cursos superiores nessas áreas focando na questão das licenciaturas. Apesar de haver balizamentos para a construção de uma concepção de ciência e para a condução da formação de professores na área, chamamos a atenção para o perigo de nos fecharmos em uma concepção de ciência estreita ou mesmo unilateral que acaba deixando de fora elementos importantes quando se trata de entender o que é ciência em seus mais variados aspectos e ensinar ciência a partir disso. Essa situação nos deixou no compromisso de tentar apresentar uma outra forma de tratar da questão, trazendo à discussão outra mentalidade que foca no diálogo entre posturas distintas para buscar, dentro de nossa discussão, uma forma de considerar relevantes e importantes tanto elementos internos quanto elementos externos à ciência, principalmente quando o que está em jogo é a formação em ciências da natureza. Esse capítulo, portanto, tem como objetivo apresentar a mentalidade falibilista como alternativa epistemológica na busca da conciliação entre concepções internalistas e externalistas de ciência.

4.1 O falibilismo e a mentalidade falibilista: a busca da conciliação entre internalismo e externalismo no contexto das sociedades complexas modernas

É sabido que muitos dos conflitos que se estabelecem entre concepções distintas são resultado de posturas extremas, rígidas e intolerantes com algo que seja diferente, oposto ou

divergente. Ao mesmo tempo é fato que todo encontro com o diferente é pacífico na medida em que os dois lados buscam conhecer o outro a partir do diálogo e da investigação. Toda forma de preconceito é prejudicial, pois não tolera aquilo que é diferente e não é errôneo dizer que tal postura é resultado de um desconhecimento do que é diferente. Isso também acontece quando o assunto são as diferentes concepções de mundo, de ser humano, de ciência, de educação, dentre outros temas que apresentam vários posicionamentos diferentes, uns mais próximos, outros mais distantes e quase incompatíveis onde estabelecer o diálogo na tentativa de encontrar pontos em comum se torna difícil.

A mentalidade falibilista pode aparecer como proposta conciliadora entre posturas extremas, pois considera o conhecimento como algo dinâmico, mutável e em permanente construção. Nesse sentido é perigoso assumir posturas rígidas, extremas e dogmáticas, já que aquilo que agora conhecemos pode ser superado com a evolução e complexidade do conhecimento. No primeiro capítulo deste trabalho já mencionamos o fato de que a imagem de ciência em sociedades complexas modernas perde seu caráter de segurança, de controle, de certeza, elementos presentes fortemente em concepções positivistas de ciência. Autores como Santos (1989, 1997), Prigogine (1996) e Giddens (2002), já citados no primeiro capítulo apresentam reflexões acerca da ciência em contextos atuais que mostram a instabilidade que a ciência atualmente vivencia, apesar dela ainda apresentar resultados importantes no que se refere ao conhecimento da humanidade em termos de natureza e de domínio e evolução tecnológicos.

Ainda no contexto do capítulo inicial apontávamos o falibilismo como uma perspectiva que poderia estimular uma postura mais flexível no que se refere à forma de entendimento do conhecimento em geral. Isso possibilitaria uma postura distanciada da certeza positivista, mas nem por isso se apresentaria como uma postura em que o conhecimento não tivesse bases suficientes para servir de sustentáculo a uma visão de mundo compatível com os desafios dos novos tempos.

As bases do falibilismo, segundo Salatiel (2009), foram lançadas por Charles Sanders Peirce (1839-1914), um dos mais importantes lógicos e filósofos norte-americanos, conhecido por ser criador do pragmatismo e da semiótica moderna. Peirce foi um dos primeiros pensadores “[...] a desenvolver um sistema fortemente indeterminista, influenciado pelos abalos que a crença determinista sofreu a partir do século XIX com a física estatística e a teoria da evolução de Darwin e, posteriormente, a mecânica quântica (que Peirce não chegou a conhecer).” (SALATIEL, 2009, p. 8). Sua teoria do conhecimento lança as bases do falibilismo, no qual é

defendida a ideia de que não é possível uma fundamentação última da realidade, pois tudo se constitui num contínuo e incessante processo de aprendizagem.

O falibilismo peirceano é, antes de tudo, uma posição científica honesta adotada pelo filósofo de humildade intelectual e ênfase na inquirição. Ao sustentar que não existem verdades e certezas absolutas, Peirce defende que o conhecimento só pode avançar em mentes abertas a novas hipóteses que, de outro modo, estando aferradas em conclusões, obstaríam o caminho do conhecimento. (SALATIEL, 2009, p. 8).

Para Peirce, todo conhecimento é alcançado por meio de inferências prováveis. Construimos proposições a partir de exames de amostras da realidade, não a partir de toda a realidade. A totalidade não pode ser apreendida pelo raciocínio, apenas fazemos inferências a partir de uma face do objeto. O conhecimento, portanto, é sempre provisório e parcial.

O falibilismo pode ser considerado como uma síntese dialética entre posturas extremas, entre o dogmatismo e o ceticismo. Para o dogmatismo, conforme Hessen (2003), o conhecimento é possível, a apreensão do objeto pelo sujeito é auto evidente e chegar ao alcance da verdade é uma consequência do ato de conhecer. É possível, portanto, para o dogmatismo, chegar ao conhecimento pleno e final e refutar toda e qualquer dúvida que possa abalar a confiança naquilo que dizemos conhecer. Já o ceticismo, continua Hessen (2003), afirma que não podemos fazer juízo algum, o sujeito é incapaz de apreender o objeto. Assim, não podemos conhecer, seja pela constante mutação dos fenômenos do mundo, seja pela limitação de nossos sentidos ou de nossas teorias e métodos.

O falibilismo tenta fazer essa síntese entre esses dois extremos²⁸. Conforme Schorn (2007, p. 184):

O falibilismo, ao mesmo tempo em que é uma forma de ceticismo moderado é também um dogmatismo moderado, isto é, se interessa pela dúvida e também pela verdade, entretanto não se limita a uma ou outra perspectiva, pois, ao integrar e superar a contradição entre ambos, realiza uma síntese dialética entre dogmatismo e ceticismo.

O falibilismo propõe uma postura crítica diante de qualquer sistema explicativo absolutista ao mesmo tempo em que, a partir do permanente questionar busca posições melhores que as anteriores, mostrando que, nesse processo, o conhecimento pode avançar.

²⁸ Tais posturas, apresentadas aqui como estando em diferentes polos, são posturas extremas, opostas, distantes e incompatíveis. O próprio Hessen (2003) na continuidade do seu texto apresenta outras posições intermediárias, mas que não serão abordadas neste trabalho.

Contra o dogmatismo essa postura admite que nossas concepções são falíveis, sujeitas a erros e a constantes revisões, portanto em permanente construção, mutáveis e dinâmicas. Ao mesmo tempo o falibilismo, em confronto com o ceticismo, defende a concepção de que o conhecimento é possível, avança e permite que o ser humano possa interagir com o mundo, tanto pelo conhecimento de suas regularidades quanto pelo conhecimento de suas mudanças. (FÁVERO; ODY, 2014, p. 30).

Peirce, em sua proposta, defende a ideia de que nosso saber é sempre um saber limitado e essa característica faz com que estejamos permanentemente em busca de melhores compreensões de mundo. A humildade intelectual (tão ausentes em certos contextos) possibilita visões diferentes daquelas historicamente construídas e solidificadas em muitas posturas dogmáticas.

Ao observar a natureza podemos perceber a dinamicidade e a diversidade que a caracteriza. Juntamente com as regularidades que a natureza apresenta também devem ser percebidas as mudanças presentes nos fenômenos naturais. Mesmo as leis naturais, a partir das mais rígidas regularidades, podem ser interpretadas, percebidas de forma diferente. Isso não significa que devemos admitir um ceticismo extremo que defende a impossibilidade de qualquer forma de conhecimento. Essa situação significa, para os falibilistas, que o conhecimento é apenas provisório, mas que, naquele momento, é o que fundamenta as explicações acerca dos fenômenos do mundo.

Ainda sobre a concepção falibilista de Peirce, Salatiel (2009, p. 9) esclarece o seguinte:

[...] falibilismo não implica ceticismo. Ao contrário, Peirce não quer dizer que um determinado valor de verdade de uma proposição não pode ser alcançado de nenhum modo pelo método científico. O que ele afirma é que não podemos ter certeza de que estamos de posse de uma verdade última sobre uma determinada questão. Isto é, sei que A é verdadeiro, mas não posso ter certeza de que 'sei que A é verdadeiro' é verdadeiro.

O falibilismo apresenta-se como uma postura prudente, sempre aberta à evolução. Não deixa, porém, de ser uma postura, de fato, diante do mundo. A partir dessa postura é que acontecem os movimentos na tentativa de melhoramento do conhecimento. O ceticismo extremo não deixa de ser uma postura, mas é uma posição a partir da qual o movimento de evolução no conhecimento é dificultado, pois as bases para continuar a explicar determinado fato ou situação se esvaem. A evolução do conhecimento, no dogmatismo, sofre problema semelhante. A diferença, porém, está no fato de que o conhecimento se apresenta de tal forma firme, seguro e final que o avanço é uma afronta àquilo que já se estabeleceu enquanto verdade. É nesse sentido que podemos entender o falibilismo como a posição que tenta estabelecer o diálogo entre a dúvida e a segurança no conhecimento, admitindo aquilo que ainda consegue

manter-se firme, mesmo diante dos questionamentos discordantes, e descartando aquilo que se apresenta insustentável frente a tais questionamentos.

Peirce, ao lançar as bases do pensamento falibilista, influenciou pensadores como Karl Popper, Dewey, Lakatos, Quine e Habermas. De forma especial, queremos, nesse trabalho, voltar a abordar o pensamento do primeiro, Karl Popper. Voltar a abordar o pensamento de Popper, nesse trabalho, é um grande desafio, pois, ao mesmo tempo em que, numa primeira leitura (reconstruída no segundo capítulo) ele representa um dos lados, o internalismo, numa segunda leitura, a partir do falibilismo, ele oferece subsídios para aproximarmos internalismo e externalismo.

Vimos, em capítulos anteriores, que a lógica do internalismo científico está fundamentada na racionalidade interna da ciência desconsiderando os elementos externos à própria ciência como relevantes tanto para a compreensão do que é ciência como para o exercício científico. Para o indutivismo e para o modelo hipotético-dedutivo, dois posicionamentos epistemológicos que representam o internalismo, a ciência funciona a partir dessa racionalidade interna. A diferença está naquilo que apresentamos como o internalismo “duro” ou radical do indutivismo que busca a “verdade” do mundo, principalmente naquilo que eles chamam de “leis da natureza” em confronto com o internalismo flexível a partir do pensamento popperiano, onde a verdade da ciência não é alcançável, pois podemos chegar somente a explicações e previsões científicas mais convincentes que as anteriores, mas nem por isso definitivas, considerando que outras podem ser construídas e consideradas “melhores” que as anteriores. Também não podemos considerar, a partir da proposta de Popper, que a ciência caminhe para explicações cada vez melhores a partir do acúmulo de conhecimentos, uma vez que, nesse processo, é possível que se descarte elementos científicos. “O avanço da ciência não se deve ao fato de se acumularem ao longo do tempo mais e mais experiências perceptuais.” (POPPER, 1993, p.307).

Karl Popper, portanto, rebate a postura dogmática do indutivismo em que a verdade é possível e consequência do trabalho científico na tentativa de desvendar as “leis da natureza”. Para ele, qualquer tentativa de estabelecer posicionamentos inquestionáveis, seja pela denominação de “princípio da uniformidade da natureza”, seja pelo postulado da “invariância das leis da natureza” ou atendendo pelo nome de “princípio da indução”, é frustrada, pois carece de fundamentos epistemológicos e é derrubada por qualquer avanço na ciência que mostre que a natureza não se comportou dentro dos padrões estabelecidos, pelo menos como o quer o indutivismo. Não que a natureza não possa ser regular, mas o que está em jogo é o posicionamento teórico que estabelece de maneira definitiva o funcionamento da natureza sem

admitir interpretações diferentes àquelas pré-estabelecidas. É importante esclarecer que o posicionamento de Popper acerca da regularidade da natureza admite uma fé metafísica (e não passa disso para ele) na existência de regularidades em nosso mundo. Segue Popper dizendo acerca dessa fé metafísica na regularidade do mundo: “[...] uma fé que partilho e sem a qual dificilmente se poderia conceber uma ação prática.” (POPPER, 1993. p. 277).

Aqui é necessário retomar uma citação anteriormente apresentada: “A ciência não é um sistema de enunciados certos ou bem estabelecidos, nem é um sistema que avance continuamente em direção a um estado de finalidade”. (POPPER, 1993. p. 305). Logo a seguir aparece a seguinte colocação que ajuda a esclarecer o pensamento de Popper com relação à ciência: “Embora não possa alcançar a verdade nem a probabilidade, o esforço por conhecer e a busca da verdade continuam a ser as razões mais fortes da investigação científica”. (POPPER, 1993. p. 306). Finalmente, um pouco mais adiante: “A exigência de objetividade científica torna inevitável que todo enunciado científico permaneça *provisório para sempre*.” (POPPER, 1993. p. 308, grifos do autor).

Com base nessa postura Popper propõe, como já apresentado nesse trabalho, o modelo hipotético-dedutivo. Na tentativa de explicar os fenômenos do mundo o cientista constrói conjecturas, hipóteses que serão testadas na tentativa de derrubá-las. Sem êxito nesse empreendimento o cientista vai atribuindo maior grau de corroboração a essas hipóteses, grau que aumenta conforme variam os testes em extensão e dificuldade. Também já apresentamos neste trabalho os critérios de demarcação para aquilo que pode ser considerado como científico e para aquilo que não pode reivindicar o status de ciência a partir do pensamento de Popper. Apenas para lembrar, pode ser científica aquela hipótese considerada falseável, passível de testes. Outras hipóteses, consideradas não falseáveis, são de competência de outras formas de conhecimento que não sejam a científica²⁹.

²⁹ Reproduzo, aqui, a nota de rodapé, publicada em Fávero e Ody (2014, p. 32) na qual procuramos esclarecer alguns conceitos centrais para um bom entendimento e desenvolvimento dos argumentos subsequentes. “Aqui cabem alguns esclarecimentos terminológicos. Devemos entender por *falseável* a hipótese que pode ser submetida a testes, a verificações. Para Popper essa característica é fundamental para demarcarmos o que é científico e o que não é. Uma hipótese só pode ser científica se for falseável. Nesse sentido, dizer, por exemplo, que “todo dinossauro era herbívoro” pode ser uma hipótese científica (mesmo que falsa), pois a mesma pode ser testada a partir de estudos dos fósseis de tais animais. O mesmo não acontece com a hipótese que diz que “todos os anjos são homens”. Tal hipótese não recebe caráter científico justamente porque ela não pode ser testada, portanto não é falseável. *Falseacionismo* ou *falsificacionismo* seria a postura que busca a falsificação das teorias e que tem como consequência a corroboração ou refutação das mesmas. Por fim, falibilismo, como já apresentamos, entendemos ser a postura filosófica que admite que nossas concepções são falíveis, portanto em permanente construção, mutáveis e dinâmicas, ao mesmo tempo em que evita posturas dogmáticas ou céticas, sendo, dessa forma, um meio termo entre esses dois posicionamentos extremos”.

O falibilismo de Popper, portanto, pode ser considerado uma postura epistemológica que não se caracteriza pelo dogmatismo (como o é o indutivismo), mas que também não leva a um ceticismo pessimista que obstaculiza e impede o crescimento e a atividade da ciência. Todas essas colocações apresentadas a partir da filosofia de Popper nos oferecem elementos para apresentar sua postura falibilista como proposta epistemológica viável diante dos desafios e da pluralidade do mundo atual.

Outro pensador que nos ajuda a entender o falibilismo é Richard Bernstein (2006). Este autor defende a ideia de que “o falibilismo necessita de uma alta tolerância à incerteza e o valor de revisar, modificar e abandonar nossas crenças mais caras quando estas foram refutadas.” (BERNSTEIN, 2006, p. 56, tradução nossa). Para ele, o falibilismo é a crença de que o conhecimento é passível de análise, modificação e crítica permanentes. Isso não se reduz ao campo das ciências naturais, mas se estende a outras esferas como a moral e a política. Assim como devemos, a partir da proposta de Popper, evitar extremos no conhecimento como o dogmatismo e o ceticismo, também devemos buscar posições intermediárias, que evitem extremismos ideológicos ou absolutismos. Tais posicionamentos extremos são altamente prejudiciais ao desenvolvimento livre das sociedades.

Bernstein (2006) menciona a contribuição de pensadores do pragmatismo americano do final do século XIX e início do século XX, como Oliver Holmes, William James, Charles Peirce e John Dewey, para o desenvolvimento da mentalidade falibilista. Todos eles sofreram, de uma forma ou de outra, as consequências da Guerra Civil norte-americana (1861-1865), sejam consequências pessoais diretas, sejam consequências a partir de suas famílias que viveram a guerra de perto. Bernstein traz à reflexão a ideia de que “[...] os pensadores pragmáticos se dedicaram a desenvolver uma forma de pensamento mais flexível, aberta, empírica e falível que evitaria todo tipo de absolutismo, oposições binárias e extremismo violento.” (2006. p. 46, tradução nossa). Para eles, continua Bernstein, as recordações dos conflitos entre os absolutos que conduziram à violência sangrenta os perseguiu e os conduziu à reflexão e à defesa de uma postura que não se situasse nem em um extremo, nem em outro. “Queriam desenvolver uma forma de pensamento – uma nova mentalidade – que fosse uma alternativa a todas as formas de extremismo ideológico arraigado e que também fosse capaz de superá-las.” (2006. p. 47, tradução nossa).

Os comentários de Bernstein (2006, p.47) seguem apontando que a crítica dos pragmatistas àquilo que chamavam de ‘busca da certeza’ ia para além de questões epistemológicas ou questões metafísicas, mas provocavam a reflexão acerca de problemas práticos, políticos e éticos enfrentados por pessoas comuns diariamente. Dewey buscava,

segundo Bernstein, criticar tal posicionamento e apontava a origem dele em muitas das posições filosóficas tradicionais:

Dewey pensava que esta busca da certeza havia sido um dos objetivos mais básicos da tradição filosófica ocidental e a relacionava com uma busca da *segurança*, uma tentativa de escapar da contingência, da incerteza e da ambivalência da vida cotidiana. Muitos filósofos tradicionais tendiam a valorizar o que é eterno, fixo, estável e necessário, e a denegrir o que está em transição, o mutável, o contingente e o perigoso.” (BERNSTEIN, 2006. p. 48, tradução nossa, grifos do autor).

Todos os pragmáticos criticaram fortemente as doutrinas do determinismo mecânico, doutrinas em que não havia espaço para a liberdade e para a ação humana genuínas. Nesse sentido, uma das principais tarefas do pragmatismo se concentrou em desenvolver aquelas ideias, aqueles hábitos e práticas críticos e flexíveis que permitiam lidar com o inesperado, com o imprevisível de maneira inteligente e reflexiva. Também ganha espaço a *democracia* como forma de concretizar a proposta falibilista. Bernstein (2006, p. 50) tece comentários acerca da democracia proposta por Dewey como não sendo somente um conjunto de instituições, de procedimentos eleitorais formais ou de garantia legal dos direitos. Esses elementos são consequência de uma cultura de práticas cooperativas cotidianas que lhes atribuem vida e significado. “A democracia implica uma fé reflexiva na capacidade de todos os seres humanos de emitir juízos, deliberar e atuar de forma inteligente se se dão as condições sociais, educativas e econômicas apropriadas.” (BERNSTEIN, 2006. p. 50-51, tradução nossa). Segundo o próprio Dewey (1959, p. 93), “uma democracia é mais que uma forma de governo; é, principalmente, uma forma de vida associada, de experiência conjunta e mutuamente comunicada”. Enquanto uma forma de vida, a democracia, ligada a uma mentalidade falibilista, necessita estar permanentemente em criação e recriação. Esse empreendimento pode ser a base para uma vivência mais harmônica em um mundo cada vez mais plural.

É interessante observar que Bernstein desenvolve suas reflexões acerca da mentalidade falibilista ao criticar o choque de mentalidades³⁰ que atravessa a divisão entre o religioso e o secular e que aponta extremismos e fanatismos para posturas além das religiosas. A partir dos ataques de 11 de setembro³¹ que abalaram de forma significativa os Estados Unidos, Bernstein critica o choque de mentalidades que não deve ser confundida com choque de civilizações. Esse choque aponta diferenças a partir dos absolutos na política, na ética, nas religiões, entre outras

³⁰ Para esclarecer o termo mentalidade Bernstein (2006, p. 39) diz o seguinte: “Por mentalidade, me refiro a uma orientação geral – uma concepção ou uma forma de pensar – que condiciona a maneira que encaramos, compreendemos e atuamos no mundo.”

³¹ Data dos ataques terroristas que marcaram os Estados Unidos em 2001.

áreas onde pode ser desenvolvida uma postura intolerante e segregadora, onde aquilo que é diferente deve ser combatido. Ele chama a atenção para a ideia de que a proposta falibilista não deve ser motivo de aceitação de tudo o que é postura diferente, como já mencionamos nesse texto. Uma proposta falibilista não é algo que relativize posturas ou que inviabilize movimentos religiosos ou políticos.

Não há incompatibilidade entre falibilismo e um profundo compromisso para opor-se à injustiça e à imoralidade. Também creio que o abuso do mal posterior a 11 de setembro corrompe tanto a política como a religião. Não há lugar para absolutos na política democrática, e violamos o componente mais vital das religiões do mundo ao supor, de forma acrítica, que a fé religiosa é base suficiente para saber o que é o bem e o que é o mal. Há fundamentalistas e fanáticos religiosos e não religiosos. E também há crentes religiosos e secularistas não religiosos cujas crenças, atos e emoções estão imbuídos de um sólido falibilismo. (BERNSTEIN, 2006. p. 11, tradução nossa).

O que percebemos ao acompanhar os noticiários nos mais diferentes veículos de comunicação são atitudes e posturas pouco tolerantes e que, em nossa análise, estão na base de grande parte dos conflitos que acontecem no mundo. Isso pode ser afirmado tanto em relação a conflitos armados e de grandes proporções, quanto em relação a posturas acerca de partidos diferentes, orientações sexuais diferentes, religiões diferentes ou mesmo nas diferentes posturas educacionais, seja nas famílias, seja nos espaços escolares.

A grande crítica de Bernstein está justamente no fato de que tentamos combater o mal com o mal (a isso ele define como o abuso do mal, expressão que dá título a sua obra), ou seja, contra os extremismos se usa outra postura extremista e que, em algumas situações, esse movimento é chamado de ‘Guerra contra o Terror’. “É um abuso porque, em lugar de convidar-nos a questionar e a pensar, o discurso do mal é utilizado para reprimir o pensamento.” (BERNSTEIN, 2006. p. 28, tradução nossa). Assim, toda tentativa de pensamento diferente do pensamento dominante é rechaçado e, com isso, toda a tentativa de diplomacia astuta e de discernimento sensato esmorece num movimento anti-político.

A história da humanidade está permeada por momentos de conflito com base nos extremismos e absolutismos. Admitir que vivemos em um mundo plural é o início de uma mentalidade mais aberta ao diferente. Bernstein cita William James como sendo um dos primeiros pensadores que usou o termo “pluralismo” e a partir dele defendeu a ideia de que o universo é plural, que somos seres finitos, temos posturas múltiplas e limitadas. Ao se admitir isso é contraditório assumir posturas absolutas, finais e imutáveis.

[...] nossa sociedade é composta pela pluralidade de diferenças culturais, étnicas e religiosas que os pragmatistas falibilistas claramente identificaram e que foram

responsáveis por instituir uma luta com a ‘mentalidade absoluta perniciosa’, responsável pelas diversas formas de xenofobismo que marcaram terríveis acontecimentos do século XX. (FÁVERO; ODY, 2014, p. 37).

Bernstein (2006, p. 35) resume sua pretensão na obra *El abuso del mal* dizendo que a ideia é criticar posturas acríticas ou irreflexivas em relação à certeza objetiva, aos absolutos e aos dualismos rígidos. Ele busca suas bases nas reflexões dos filósofos pragmatistas que mostramos, até agora, neste texto. Para Bernstein “[...] os pensadores pragmáticos se distinguiram por rechaçar o dilema ‘ou isto ou aquilo’. A disjunção exclusiva: certeza ‘absoluta’ ou relativismo ‘absoluto’ é enganosa.” (BERNSTEIN, 2006. p. 54, tradução nossa).

Ao compararmos os posicionamentos falibilistas apresentados por Bernstein a partir da filosofia pragmatista e o falibilismo proposto por Karl Popper não há como colocar o segundo, de forma rigorosa, na lista dos internalistas irredutíveis. Parece haver um posicionamento claro de Popper com relação àquilo que ele considera como prioritário no entendimento do que é fazer ciência, porém clara também é sua postura no que se refere à crítica na crença indutivista (pelo menos ao indutivismo mais rigoroso) da conquista da verdade a partir da ciência. Ao admitir que apenas conjecturamos, construímos hipóteses e explicações provisórias Popper caracteriza sua própria filosofia como algo que é provisório, que precisa estar em constante aprimoramento. Esse é justamente o núcleo do falibilismo.

Também devemos destacar que o falibilismo surge em contextos democráticos e sua existência depende de um ambiente democrático. Surge nele e depende dele para sobreviver. Tanto Bernstein (2006) quanto Popper (1974; 1980), falam dos perigos de se viver em sociedades totalitárias, com posturas filosóficas, políticas e científicas pouco abertas ao debate crítico. Popper (1974) denuncia os perigos da “sociedade fechada”, tribal, sujeita às ações das “forças mágicas” e dos preconceitos que impedem o uso do posicionamento crítico e da razão e, por consequência, do desenvolvimento das sociedades democráticas “abertas”.

O próximo ponto desta investigação quer apontar as contribuições que a postura falibilista pode trazer à formação de professores para o ensino de ciências. Nossa intenção será a de mostrar que uma mentalidade falibilista pode promover o diálogo entre a pluralidade de posicionamentos que podemos ter frente à construção de uma imagem de ciência e de como essa pluralidade pode ser usada em benefício da construção de uma imagem de ciência mais ampla do que posicionamentos exclusivamente internalistas ou externalistas.

4.2 Mentalidade falibilista e formação docente: limites e desafios na formação para o ensino de ciências naturais

No primeiro capítulo deste trabalho apontamos alguns desafios que se colocam ao ensino de ciências naturais e à formação do educador em ciências desta área. Se partirmos do posicionamento de que o conhecimento científico e a própria natureza não são estáticos, mas contém uma dinamicidade que precisa ser considerada como fundamental no entendimento dos mesmos é evidente que o ensino de ciências naturais também precisa ter presente tal postura. Não podemos, no ato educativo, seja com relação às ciências naturais, seja considerando outras ciências, querer formar indivíduos capazes de acompanhar a dinâmica natural do mundo e a dinâmica das descobertas e da divulgação da ciência com base em conhecimentos, posturas e métodos de ensino retrógrados.

A mentalidade falibilista propõe um posicionamento diferente diante do desconhecido. Posturas rígidas, inflexíveis são resistentes às transformações e não lidam bem com as mudanças tão presentes em contextos atuais. Internalismo ou externalismo, tomados como posturas extremas, encontram-se nesta situação. Optar por só uma delas é assumir o risco de construir uma visão parcial da realidade e não conseguir perceber e conectar outros elementos importantes no entendimento de fenômenos complexos como são muitos dos fenômenos naturais. Esse posicionamento unilateral também restringe a compreensão do que é ciência e, conseqüentemente, também restringe a forma como a ciência é ensinada.

É por isso que, durante o trabalho aqui apresentado, fizemos o esforço de problematizar a concepção de ciência que pode orientar o trabalho do educador em ciências naturais, delimitando essas concepções e nominando-as como internalismo e externalismo (apresentando diferentes níveis de rigidez desses posicionamentos) para, por fim, apresentar o falibilismo como uma mentalidade que busca estabelecer o diálogo entre as diferentes posturas na tentativa de considerar elementos importantes de uma e de outra. No capítulo anterior já apresentamos reflexões neste sentido, destacando que, tanto elementos internos à ciência quanto elementos externos são importantes no entendimento da produção cultural humana a que chamamos “ciência”. Também chamamos a atenção para o fato de que as Diretrizes Curriculares Nacionais que orientam o funcionamento dos cursos de Física, Química e Biologia contém elementos das duas posturas destacadas neste trabalho, apresentando uma visão ampla de ciência que deveria ser trabalhada nos vários cursos de licenciatura da área de ciências naturais.

Há, portanto, clara preocupação das políticas educacionais para que a visão de ciência e para que o preparo dos cursos superiores da área de ciências naturais seja o mais amplo possível,

considerando os mais diferentes aspectos (técnicos, sociais, históricos, filosóficos, ...) como indispensáveis na formação do professor da área de ciências naturais. A partir das propostas oficiais parece que estamos bem no que diz respeito à educação científica. Será, porém, que estamos conseguindo implementar as propostas das DCNs aqui apresentadas, considerando suas virtudes e seus limites? Estamos seguindo uma mentalidades falibilista, multilateral, que considera a dinâmica da ciência e os diferentes posicionamentos possíveis diante do ensino de ciências? Nossas universidades, nossas escolas de nível médio e fundamental estão conseguindo trabalhar a ciência de forma satisfatória? A resposta a essas questões são amplas e não se esgotam em algumas centenas de páginas de trabalhos de pesquisa. Não é nossa intenção apresentar informações detalhadas acerca de como está sendo trabalhado o ensino de ciências em nossos diferentes níveis de ensino. Queremos, como já destacado, apresentar algumas reflexões sobre como determinadas visões de ciência influenciam no ensino de ciências. Fato é que nossa realidade brasileira, em termos de educação científica, não é nada boa³². Na página da UNESCO (2015), na internet, está expresso o desafio da educação científica no Brasil: “O grande desafio do país é fazer com que os investimentos realizados no ensino de ciências cheguem cada vez mais de forma homogênea à população e possam efetivamente melhorar a sua qualidade de vida.”. Nesse texto ainda é reconhecida a complexidade do problema, admitindo que as soluções para o mesmo não acontece no curto prazo e resolvê-lo necessita trabalhar as causas da ruim situação por que passa a educação científica no Brasil.

Os desafios enfrentados pelo Brasil em educação científica não podem ser tratados isoladamente, dadas as relações de causa e efeito existentes, como por exemplo:

- incremento e estímulo à educação científica versus déficit de professores em matemática, física, química e biologia;
- melhoria da qualidade do ensino de ciências versus déficit na infraestrutura escolar.

(UNESCO, 2015)

Um dos problemas apontados é justamente a questão da falta de professores na área. Somente isso, tomado isoladamente, já é um grande problema para a educação científica melhorar sua qualidade. Junto à falta de professores vem o que apontamos durante boa parte do trabalho: é necessário trabalhar a concepção de ciência do educador. Esse trabalho precisa

³² O Brasil ficou na 59ª posição, na área de ciências, no ranking do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa) que avaliou, na última edição em 2012, 65 países em três áreas: leitura, matemática e ciências. Em matemática o país ficou na 58ª posição e em leitura a posição foi a 55ª. Desde que iniciou essa avaliação, em 2003, o Brasil melhorou seus índices, mas ainda está numa posição desconfortável se comparado a outros países. A avaliação, feita pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), acontece a cada três anos com estudantes de 15 anos e teve nova avaliação neste ano de 2015. A divulgação dos resultados da avaliação deste ano deve acontecer no segundo semestre de 2016.

iniciar pela concepção de educação que orienta o formador do ensino superior, juntamente com a problematização dos métodos utilizados para trabalhar as ciências, das condições de trabalho, com formação continuada, afinal, nossa concepção de educação também deve ser uma concepção que abarque vários elementos nesse processo.

Nos voltemos, porém, ao nosso foco. Vamos considerar a visão de ciência a partir de uma mentalidade falibilista como orientadora na formação de nível superior e tentar estabelecer nossas análises acerca do docente de ensino superior. Em primeiro lugar é importante enfatizar o caráter formativo da universidade e destacar os sujeitos que são os primeiros responsáveis por essa função central desta instituição.

Talvez não haja dúvida nenhuma de que a peça fundamental no desenvolvimento da docência universitária são os professores. Sendo as universidades “instituições formativas”, ninguém deveria desprezar nem o papel dessa função primordial, nem a importância daqueles que a exercem. (ZABALZA, 2004, p. 105).

O professor é a principal referência quando estamos falando de formação escolar e aqui também se inclui a formação em nível superior. Com isso não queremos dizer que o aluno, os funcionários administrativos ou os demais indivíduos envolvidos com o funcionamento do ambiente acadêmico não tenham importância. Cada um desses indivíduos exerce uma determinada função na vida da universidade, sendo isso que faz com que a universidade seja o que ela é. Essa rede de relações entre indivíduos e funções que, segundo Elias³³ (1994), define o que é uma “sociedade” ou, em nosso caso, o que é uma “universidade”.

Também é importante salientar que o aluno não pode ser sujeito passivo do processo de formação em nenhum dos níveis. Sendo, porém, nosso foco o docente do ensino superior a discussão que apresentamos é no intuito de justificar não somente sua presença na sala de aula, mas também de refletir como suas concepções influenciam na formação de seus alunos. De modo especial, em nossa investigação, o que está no centro do debate são as concepções de ciência que esse professor pode sustentar e como isso pode influenciar na formação de seus alunos, futuros professores de ciência.

Zabalza (2004) faz uma análise muito interessante do docente universitário. Segundo ele, muitos professores universitários se identificam muito mais pela sua especialidade

³³ Norbert Elias (1994), trabalha o conceito de sociedade combatendo as noções de senso comum que dizem que ela é composta de indivíduos ou que a sociedade é uma reunião de indivíduos. Para ele a sociedade é essa relação entre indivíduos e entre suas funções: “[...] é essa rede de funções que as pessoas desempenham que chamamos ‘sociedade’.” (ELIAS, 1994, p. 23). Para entender a relação entre indivíduo e sociedade ele usa uma metáfora de Aristóteles quando esse pensador define o que é a casa. A casa, nesse sentido, não é um amontoado de pedras (indivíduos) tomadas individualmente, nem o conjunto de suas peças, mas as unidades que a compõem em relação umas com as outras.

científica do que pela sua condição de professor. Assim, esses profissionais se definem como matemáticos, como engenheiros, como biólogos, como médicos, como advogados, mas não se definem como “professores de...”.

Certamente, muitos professores universitários ficariam surpresos caso um colega lhes confessasse que nunca leu um livro científico sobre sua especialidade. Eles não entenderiam a razão que levaria o colega a não estar atualizado sobre o conhecimento científico que seu trabalho requer; em contrapartida, talvez (é apenas uma hipótese) o escândalo fosse menor se o colega confessasse que nunca lera nada sobre “didática da especialidade”, ou sobre como ensinar o conteúdo que está sob sua responsabilidade. (ZABALZA, 2004, p. 107).

Zabalza (2004) enfatiza mais a questão do professor universitário não ter uma identidade definida (pelo menos enquanto docente). A identidade se dá na especialidade em que colega é colega de especialidade. Nesse sentido colega de professor de biologia é professor de biologia e o professor de pedagogia ou de engenharia é um ser estranho ou, pelo menos, um professor de outro departamento com o qual o primeiro não se identifica; e tal posicionamento pode ser recíproco.

O que nos interessa, porém, a partir dessas reflexões de Zabalza (2004), é a falta de problematização e de situar-se enquanto “professor de...”. É claro que isso passa pela questão da identidade do docente de ensino superior. Perceber-se enquanto educador é situar-se na importante função formativa da universidade que há pouco mencionávamos. Perceber-se enquanto professor é dar-se conta de que sob sua responsabilidade estão vários e vários alunos em processo de formação, sedentos (uns mais, outros menos) de conhecimento e **com** os quais se está co-laborando na construção desse conhecimento. Pressupõe-se, por parte do professor, uma bagagem maior de conhecimento, tempo maior de formação, títulos que justificam sua presença na sala de aula e na condução do processo de formação de alunos, seja nas aulas, seja na liderança de grupos de pesquisa ou em atividades de extensão.

Como atividade especializada, a docência tem seu âmbito determinado de conhecimentos. Ela requer uma preparação específica para seu exercício. Como em qualquer outro tipo de atividade profissional, os professores devem ter os conhecimentos e as habilidades exigidos a fim de poder desempenhar adequadamente as suas funções. (ZABALZA, 2004, p. 107).

Sabemos, enquanto professores universitários, que o ensino não pode acontecer desvinculado da pesquisa e, de preferência, em consonância com a extensão universitária. Essa tríade que caracteriza a universidade necessita fazer parte do trabalho do professor universitário. As aulas devem ser resultado das pesquisas realizadas pelo professor e podem servir de material

para as próprias pesquisas numa interdependência salutar para a formação superior. A extensão deve receber os benefícios da pesquisa e do ensino. Já é amplamente discutida a questão da necessidade da universidade sair de seus muros, pois está inserida em determinado contexto e é por ele influenciada e o influencia.

Situar-se enquanto professor universitário é situar-se nessa rede de relações. É isso que permite identificar-se como professor, colega dos demais professores universitários para além de suas especialidades e com funções comuns. Outra rede de relações que precisa ser observada é a rede de relações entre conhecimentos. O professor, principalmente nos dias de hoje, entra em contato com diferentes teorias, com diferentes vivências, com diferentes mentalidades, em que uma mentalidade falibilista é necessária para que o diálogo entre esses diferentes possa acontecer. É nesse diálogo, como já vínhamos apontando, que acontece o enriquecimento do conhecimento, onde ideias importantes podem ser encontradas em diferentes posturas, mas só estabelecem relação umas com as outras frente ao confronto saudável.

A construção de uma imagem de ciência que contemple vários aspectos, já apontados como importantes neste trabalho, pode acontecer nesse processo de confronto de posicionamentos. O primeiro passo é a problematização do próprio entendimento do que é ciência, da natureza do conhecimento científico. Dentro das visões internalista e externalista temos outras subdivisões que caracterizam concepções de ciência e que precisam ser problematizadas, pois, no caso dos professores, é a visão que orienta sua docência. Carvalho (2001) aponta dados de uma pesquisa sobre a natureza da ciência com professores de diferentes níveis de educação. Nessa pesquisa aparecem concepções ligadas tanto ao internalismo mais ingênuo como a ideia de que a ciência é neutra, de que a observação e generalização podem conduzir à “verdade” científica, ou concepções ligadas ao externalismo distorcido que diz que a ciência é toda direcionada para a melhoria da vida da humanidade (o que pode desconsiderar o resto da natureza como importante). Em todos esses casos o resultado da educação pode ser a formação de alunos pouco ou nada críticos com relação ao conhecimento científico e sua influência nos diversos ambientes.

Ainda fazendo referência ao pensamento de Zabalza (2004), ao se referir à situação em que um colega (professor) se escandaliza ao saber que outro professor nunca leu um livro científico da área, mas não se preocuparia muito ao saber que esse mesmo colega nunca leu um texto sobre didática de sua área de ensino, esse mesmo exemplo nos serve quando a questão é: um professor de ciências que nunca leu sobre a natureza da ciência ou que nunca se preocupou em pensar sobre esse tema pode ser um bom professor de ciência? Poderíamos (também hipoteticamente como faz Zabalza) dizer que talvez sim, mas que a tendência é a de que a

carência nesse aspecto tenha como resultado uma ação docente deficitária. Há problema, nesse caso, com a compreensão das bases da área em que se trabalha e se as bases apresentam problema a tendência é a de que todos os demais elementos envolvidos não estejam bem.

Apesar de ser a área das ciências da natureza vista como algo pouco flexível e pouco questionável é necessário problematizá-la frequentemente. A mentalidade falibilista tem essa pretensão. Ela procura manter aberta a possibilidade de questionamento, de melhoramento de determinada postura. No caso da imagem de ciência e de como se ensina ciência manter uma postura falibilista é manter a possibilidade de crescimento ao se considerar, de forma aberta, outros elementos que antes não eram considerados como relevantes em determinada concepção de ciência.

Assim como foi exposto com relação à postura falibilista no geral onde os posicionamentos sempre são provisórios e abertos a mudanças, assim também defendemos que precisa ser nossa postura diante da concepção de ciência. Isso evita posições extremas, teimosas e rígidas como podem ser posturas ditas internalistas ou externalistas exclusivamente. Podemos não ser adeptos do internalismo ou do externalismo de forma exclusiva, mas considerar elementos internos e elementos externos como importantes na construção de uma imagem de ciência apresentando uma autêntica mentalidade falibilista. Esta, por natureza, não é fechada em si mesma, mas abre-se para a influência dos mais diversos tipos. Já insistimos que a postura falibilista não é algo desregrado em que tudo pode, mas apresenta-se como uma proposta dialogada onde lados diferentes podem conviver e complementarem-se.

Whitehead (2006), em comentário acerca da sociedade atual e da postura profissional especializada, chama a atenção para o perigo de se desenvolver o que ele chama de “espíritos encaixados”. Para ele o progresso, nesse sentido ocorre, mas dentro de determinado encaixe. Há crescimento nos detalhes e nas especificidades, mas se perde na visão do todo.

Os perigos resultantes desse aspecto do profissionalismo são grandes, especialmente em nossas sociedades democráticas. A força diretiva da razão é enfraquecida. Os guias da inteligência carecem de equilíbrio. Veem esse aspecto ou aquele grupo de circunstâncias, mas não os dois grupos juntos. (WHITEHEAD, 2006, p. 242).

Quando falamos em educadores em ciências naturais estamos falando de profissionais que, muito mais do que serem representantes de determinada especialização, são formadores e, como tal, precisam ser profissionais que tentam desenvolver uma visão geral do todo, ou, pelo menos, de vários aspectos que são apontados pelas DCNs como importantes na formação de outros educadores em ciências naturais.

Defendemos a *mentalidade falibilista*, concretizada em uma *postura falibilista*, postura aberta ao diálogo, mas que mantém o conhecimento que se mostra firme diante dos desafios, como uma boa escolha teórica no que diz respeito à construção de uma concepção de ciência e, conseqüentemente, vinculada à formação para o ensino de ciências naturais. Para dar conta daquilo que as DCNs para os cursos de Biologia, Física e Química apresentam como orientação é necessário que o professor de ensino superior esteja aberto aos mais diferentes elementos que compõe uma concepção de ciência e de ensino de ciências. Problematizar é a atitude que já se consolidou como instrumento de revisão, de mudança e de evolução na concepção de ensinar. Principalmente o educador de ensino superior, o educador dos educadores, deve habituar-se à problematização de questões como: o que é ciência? O que constitui o saber científico? Como a ciência influencia e é influenciada quando, de fato, se aproxima do mundo real, da sociedade? Como educar para dar sentido àquilo que é trabalhado em minha atividade docente, tanto para mim quanto para meus alunos? O que é ser professor de ciência?

Esse tipo de problematização faz com que o professor atribua significado ou sentido àquilo que faz e àquilo que ensina, como defende Sartori (2013). Muitos são os elementos envolvidos no ato de atribuir significado a algo, mesmo que isso signifique questionar-se quanto ao ser professor (não que essa seja uma questão de menor importância). Essa também é uma questão central para Sartori (2013, p. 216).

Tecer alguns juízos, mesmo que provisórios, sobre o “ser professor” requer a busca da compreensão dos diferentes enfoques e tendências psicológicas, filosóficas, sociológicas e pedagógicas que perpassaram e perpassam o processo formativo desse profissional, bem como os problemas concernentes ao ato de ensinar. Tais enfoques e influências relacionam-se, assim, direta ou indiretamente, à formação recebida e à atuação dos professores na atualidade.

As conseqüências são visíveis também na formação dos alunos orientados por esse professor. Um professor que se questiona enquanto professor, enquanto profissional da educação, enquanto investigador do mundo serve de exemplo para seus alunos, assim como aquele professor que não se preocupa com tais questões. Professor que defende uma mentalidade falibilista e vive a partir dela mostra aos alunos que conhece muita coisa, que a ciência já produziu muito, mas que ainda há muito por se descobrir e por se fazer. Mais do que isso, mostra que o que se descobre em ciência, o que se ensina e o que se faz com o que se ensina e se aprende em ciências têm conseqüência nas mais diferentes esferas sociais. “[...] o ato de ensinar não é neutro, produzindo resultados que podem contribuir para a manutenção do

status quo ou, ao contrário, fomentar a mudança nas relações econômicas, políticas, sociais e culturais.” (SARTORI, 2013, p. 217, grifos do autor).

Ser professor adepto de uma mentalidade falibilista é problematizar a própria formação para ajudar seu aluno a dar um melhor significado para sua formação. Muito se debateu, no grupo de pesquisa da Universidade de Passo Fundo – UPF intitulado *Docência Universitária, políticas educacionais e expansão da educação superior: perspectivas e desafios*, coordenado pelo professor Dr. Altair Alberto Fávero, sobre a formação do docente do ensino superior. São recorrentes situações em que um acadêmico se forma na graduação ou mesmo no mestrado e em muitas situações também passando por um doutorado e, no momento de enfrentar uma sala de aula, sente-se com poucas ferramentas, despreparado para essa atuação profissional. Foca-se muito no domínio do conhecimento específico e pouco ou nada na formação docente. “Assim, sua passagem para a docência ocorre naturalmente, dormem profissionais e pesquisadores e acordam professores! Não sem traumas nem sem, muitas vezes, ocasionar danos aos processos de ensino e aos seus resultados.” (CUNHA; BRITO; CICILLINI, 2006, p.10).

As autoras ainda comentam que não há, em geral, preocupação clara em trabalhar a formação pedagógica do professor de ensino superior. A expansão da educação superior, intensificada nos últimos anos, colocou na sala de aula muitos profissionais bem preparados em termos de conhecimentos técnicos, mas deixou uma lacuna na questão do preparo pedagógico. Discussões de temas ligados às áreas das humanidades poderiam auxiliar a minimizar problemas relacionados à reflexão acerca da docência. Esses temas poderiam ser inseridos nos cursos de pós-graduação e também em momentos de formação já durante a atuação profissional desse docente. Certamente essas seriam ações paliativas, pois um impacto maior referente ao preparo do professor de ensino superior acontece em ações formativas constantes.

A ausência de conhecimentos na chamada área das Ciências Humanas e Sociais que auxiliariam o professor a compreender e interpretar suas práticas empobrece o projeto sócio político cultural vigente na Universidade. Essa carência que poderia ser resolvida na pós-graduação não o é, pois, nesse espaço, prioriza-se a formação do pesquisador. (CUNHA; BRITO; CICILLINI, 2006, p.10).

Isso não se refere somente às áreas diferentes das Ciências Humanas. Nessa área também pode haver carência de formação docente, mesmo em cursos de licenciatura, quando não se valoriza nesses cursos as questões pedagógicas com o mesmo peso das temáticas específicas, vendo-as como questões de segundo escalão ou com mentalidade de senso comum

pedagógico. Nessa mentalidade impera a concepção de que o professor se forma no dia-a-dia, na sala de aula e no preparo das aulas.

Esse senso comum pedagógico é visto por Benincá (2010) como uma postura pouco crítica e pouco reflexiva na educação. Essa postura brota da experiência espontânea, opera no domínio da subjetividade, caracteriza-se por ser assistemática.

O saber produzido pela experiência oferece-se às pessoas como saber prático e real, disponível para orientação das ações pedagógicas. Como todos pedem se apossar do saber produzido pela experiência da vida, agem como se tivessem o domínio do conhecimento pedagógico, pressupondo que tais saberes sejam conhecimentos verdadeiros. (BENINCÁ, 2010, p. 173).

É difícil produzir domínios reais das circunstâncias e dos elementos pedagógicos sem uma mínima reflexão acerca dos mesmos. A própria ação pedagógica deve ser objeto de investigação e de reflexão sistemáticas. A prática reflexiva apresenta-se como fundamental na formação do professor. Segundo Perrenoud (2002, p. 18) devemos estimular atitudes, hábitos, métodos e posturas reflexivas. O autor segue dizendo que, “além disso, é importante [...] criar ambientes de partilha das contribuições e de reflexão sobre a forma como se pensa, decide, comunica e reage em uma sala de aula”. Não há como formar um profissional reflexivo sem uma prática reflexiva, diz Perrenoud. O próprio formador necessita apresentar posturas reflexivas estimulando seu aluno a fazer o mesmo. Esse exercício se dá, predominantemente, pela prática investigativa. A postura crítica, a descoberta do novo, a adaptação dos conteúdos e métodos aos novos tempos requer postura investigativa, suscita a busca independente pela formação da identidade de docente formador.

Algumas condições devem ser respeitadas quando optamos por problematizar a docência como um objeto de pesquisa científica³⁴. Dentre estas condições podemos destacar a visão do docente como intelectual; não como simples intelectual ou intelectual puramente teórico, mas com um indivíduo que pensa seu contexto, sua prática, seus métodos com vistas a cumprir seu papel de transformador de mentes e de espaços. Giroux (1997, p.161) ao refletir sobre a natureza da atividade docente traz à discussão a noção do professor como intelectual transformador.

[...] uma forma de repensar e reestruturar a natureza da atividade docente é encarar os professores como intelectuais transformadores. A categoria de intelectual é útil de diversas maneiras. Primeiramente, ela oferece uma base teórica para examinar-se a atividade docente como forma de trabalho intelectual, em contraste com a sua

³⁴ As reflexões aqui apresentadas sobre a docência enquanto objeto de investigação também são resultado das discussões no grupo de pesquisa acima mencionado e presentes em Ody et al (2014).

definição em termos puramente instrumentais ou técnicos. Em segundo lugar, ela esclarece os tipos de condições ideológicas e práticas necessárias para que os professores funcionem como intelectuais. Em terceiro lugar, ela ajuda a esclarecer o papel que os professores desempenham na produção e legitimação de interesses políticos, econômicos e sociais variados através das pedagogias por eles endossadas e utilizadas.

Podemos perceber que recebem destaque elementos como teorias, ideologias, instrumentos, técnicas, contextos dos mais variados tipos, métodos, didáticas, entre outros elementos subentendidos na compreensão do que é ser docente. Pensar esses elementos e problematizá-los como objetos de investigação possibilita um agir docente mais consciente, pensado, refletido, diferentemente de um agir mecânico, descontextualizado e, por vezes, engessado por anos de práticas imutáveis.

A provocação de Giroux (1997, p.162) segue no sentido de pensar uma sociedade democrática a partir da formação de indivíduos críticos, o que só é possível se essa formação for orientada por indivíduos também críticos.

Se acreditarmos que o papel do ensino não pode ser reduzido ao simples treinamento de habilidades práticas, mas que, em vez disso, envolve a educação de uma classe de intelectuais vital para o desenvolvimento de uma sociedade livre, então a categoria de intelectual torna-se uma maneira de unir a finalidade da educação de professores, escolarização pública e treinamento profissional aos próprios princípios necessários para o desenvolvimento de uma ordem e sociedade democrática.

Sem uma docência problematizada, foco de constantes reflexões e pesquisas científicas não há possibilidade de transformação. Ser intelectual, nesse sentido, é voltar-se à análise do próprio agir, do sentido do agir, das formas de agir em determinado contexto na tentativa de transformá-lo. Não basta boa vontade, não basta querer transformar, é necessário planejamento, ação e avaliação do agir.

Existem, como já citamos, alguns elementos importantes a serem considerados quando colocamos a docência como foco de investigação. O paradigma educacional que se segue e que comporta as teorias, os instrumentos, os métodos, a didática necessita ser constantemente analisado. Thomas Kuhn (2000) aborda a ideia de que o paradigma em que estamos inseridos define a concepção de mundo que temos. Pensamos e agimos segundo os elementos que fazem parte do paradigma científico ou, em nosso caso, do paradigma educacional que optamos por seguir. Novamente cumpre importante papel o ato de distanciar-se da visão cotidiana que temos do paradigma educacional e fazer uso de uma meta-visão que possibilite uma avaliação do nosso agir educacional.

Uma análise nesse sentido pode fazer com que busquemos melhorar nossos métodos de ação educacional. Constantemente percebemos insucessos no universo acadêmico (bem como em outros níveis de escolarização) provenientes de procedimentos metodológicos inadequados. Uma avaliação das “anomalias”, na linguagem de Kuhn, no fenômeno educacional pode apontar as deficiências causadoras do insucesso nessa área. Fatos como alunos não assimilando conteúdos, não entendendo a importância dos mesmos, não se interessando pelo que está sendo trabalhado ou, no caso de nossa discussão específica, alunos que não compreendem a ciência por seus diversos vieses, podem ser fortes indicativos de problemas no processo de formação dos mesmos. No caso do professor, isso serve de alerta para que o mesmo reveja certos procedimentos que está seguindo.

Os desafios dos novos tempos também exigem transformações no ato de ensinar. Não há consenso no que se refere a qual é a forma ideal de se formar um indivíduo e sabemos que isso depende de uma série de fatores. Temos, porém, que admitir que não há inovação sem investigação, sem leitura dos novos tempos e das novas necessidades do ato de educar. Isso necessariamente passa pela revisão das antigas maneiras de formar alguém, pela permanente postura crítica e pela constante problematização dos elementos constituintes do processo educativo. Nessa mesma direção, Demo (2011, p. 79) diz que, diferentemente de uma noção de ciência compreendida como estoque de conhecimentos imutáveis e acessados pela simples transmissão, deve prevalecer a noção de ciência como “processo permanente de inovação, por conta da própria lógica inovadora. O conhecimento inova tanto, porque se inova constantemente. O questionamento ininterrupto é a sua alma”.

Professor de ensino superior, especificamente de ciências naturais, que não encara a ciência como um conhecimento em permanente transformação e vinculado a outros elementos diferentes dos seus próprios elementos internos não problematiza suficientemente sua área de atuação. Assim como insistimos de forma veemente que todo professor deve problematizar a educação tendo-a como objeto de constantes reflexões, também reforçamos a ideia presente em vários pontos de nosso trabalho de que todo professor, de forma mais intensa o professor de ensino superior dos cursos de licenciatura, por ser ele formador de outros educadores, precisa problematizar constantemente a natureza da ciência. Deve, esse educador, ter a ciência como objeto de investigação e de constante revisão, tendo como instrumento de análise a mentalidade falibilista, aberta, flexível, ao mesmo tempo em que possa defender suas convicções num ambiente aberto e democrático.

Chassot (2011) chama a atenção para a necessidade de termos, enquanto educadores na área de ciências, o entendimento de que a ciência precisa transformar, de forma positiva, o

contexto social em que se insere. A ciência necessita ser politicamente engajada. No capítulo 4 da obra *Alfabetização científica* (2011), capítulo intitulado “Buscando um ensino menos apolítico”, Chassot defende a ideia de um ensino de ciências que não seja neutro, que seja socialmente engajado, que se encharque de realidade. Sua concepção de ciência é uma concepção ampla, concepção que defendemos neste trabalho. Essa imagem de ciência tem suas influências no ensino de ciências. Diante da questão *Como ensinar ciência?* ele assume a posição de que o ensino de ciências precisa formar pessoas críticas, pessoas com efetiva consciência de cidadania e independência de pensamento. Para que isso aconteça em todos os níveis de formação escolar é necessário combater algumas situações frequentemente encontradas no ensino de ciências. “Nossa luta é para tornar o ensino de ciências menos asséptico, menos dogmático, menos abstrato, menos a-histórico e menos ferreteador na avaliação.”. (CHASSOT, 2011, p.97)³⁵.

Nessa tentativa de combater certas posturas problemáticas no ensino de ciências Chassot diz que o ensino deve ser menos asséptico, porque há necessidade de tornar esse ensino mais “sujo”, mais encharcado de realidade, menos distante do mundo real. Ele denuncia a tentativa de preservar o ensino de ciências de forma “limpa”, ideal, excessivamente matematizado, teórico. Da mesma forma o dogmatismo, segundo ele, precisa ser combatido, colocando nas aulas de ciências uma boa dose de incerteza, de insegurança, o que pode estimular mais o aluno à pesquisa. Escola e Universidade aparecem nesse contexto de dogmatismo como os lugares do conhecimento. Nesse lugares acessamos “modelos” da natureza que podem ser facilitadores do conhecimento. “Nunca é demais insistir que os modelos que usamos não são a realidade. São aproximações facilitadoras para entendermos a realidade e que nos permitem algumas (limitadas) generalizações.” (CHASSOT, 2011, p.99). Menos abstrato, para Chassot, significa o ensino que sai do mero discurso para, de fato, transformar a realidade utilizando, como ferramenta de comunicação, uma linguagem compreensível pelos alunos. Abstrações são importantes e podemos dizer que muitos dos cientistas e muitos dos professores tem sua dedicação predominantemente voltada às abstrações em suas áreas específicas de investigação, mas podem ser pouco comprometidas com a transformação do mundo real. Não que essa não seja uma tarefa importante, mas Chassot chama a atenção para o fato de que o ensino de ciências precisa estar comprometido com esse voo rasante aproximando teoria e prática. Quanto à historicidade, é preciso que o ensino de ciências (e já insistimos com isso no capítulo anterior) considere os processos históricos como importantes no entendimento do que vem a ser a ciência

³⁵ A expressão “avaliação ferreteadora” é usada por Chassot em analogia a uma prática rural, já em desuso, de ferretar, marcar a ferro em brasa, o gado.

e suas produções. “Ao invés de apresentarmos o conhecimento pronto, é preciso resgatar os rascunhos.” (CHASSOT, 2011, p.99). Isso atribui significado maior aos temas científicos que são trabalhados e é uma boa ferramenta para evitarmos um ensino de ciência baseado na memorização de conteúdos, pois resgata os fundamentos de determinado conhecimento. Por último, referente ao fato de evitar avaliações ferreteadoras, Chassot diz que uma avaliação precisa considerar o processo e não somente o produto. “Marcar a ferro” um aluno, caracterizando-o com uma nota ou com um conceito apenas pelo que ele produziu em uma avaliação, seja ela uma prova ou um trabalho, pode ser bastante injusto se não acompanharmos o processo de entendimento desse alunos para além do que ficou impresso em folhas de papel ou em uma rápida apresentação de trabalho.

Certamente é mais fácil ter uma visão mais restrita de ciência e de ensino de ciências e desconsiderar muitos dos elementos citados por Chassot. É mais cômodo, compromete menos. Ele mesmo vivenciou tais situações:

Quantas vezes ouvi, e até disse: “Somos professores de Química e a nossa responsabilidade é ensinar o conhecimento químico, preferentemente invocando a neutralidade do conhecimento.” Recordo que nos anos plúmbeos do regime militar neste país, os docentes das chamadas disciplinas das áreas das Ciências Exatas tinham uma situação mais confortável (talvez, devesse dizer: uma postura mais alienada) que os das Ciências Humanas, pois estes tinham que tratar de assuntos mais controvertidos, logo mais “perigosos” (CHASSOT, 2011, p.101).

O desafio dos dias de hoje é aproximar as duas áreas, ciências exatas e ciências humanas, naquilo que nesse capítulo apresentamos como mentalidade falibilista. Educar em ciências naturais, formar educadores em ciências naturais, a partir de uma proposta falibilista, a partir das exigências das Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, Física e Química, contemplando diferentes áreas do saber exige aproximar estas áreas num processo formativo que atribua significado aos elementos internos da ciência, mas também ao que poderíamos classificar como elementos externos, mas igualmente determinante para os feitos das ciências naturais. Não um ou outro, mas ambos, dentro das necessidades e peculiaridades de cada situação. Tratar esses elementos de forma isolada é tratar de somente uma parte do que é a ciência, é entender a ciência de forma parcial, é ensinar ciência mostrando aos alunos uma imagem de ciência distorcida da realidade.

Muitos dos problemas científicos caracterizam-se por uma complexidade tal que não podem ser abordados apenas por conhecimentos técnicos. Muitos são os dilemas éticos presentes na ação científica, bem como no próprio ensino de ciências.

Sem lugar a dúvidas, o conhecimento e a informação são condições necessárias, mas isto não é suficiente. Os dilemas éticos com os quais enfrentamos estes debates e problemas requerem a presença de determinados valores, sem os quais a Ciência ou o conhecimento se tornam meros comportamentos tecnocráticos, da mesma maneira que os valores éticos sem fundamento científico podem transformar-se em mera retórica (TEDESCO, 2009, p.165).

Ao concordar com a ideia de Chassot sobre o compromisso do ensino de ciências de formar cidadãos críticos, precisamos admitir o compromisso político-social desse ensino de transformar a realidade. Para isso precisamos de conhecimento técnico, pois sem ele não há domínio do saber científico necessário para o entendimento dos fenômenos naturais; também precisamos do conhecimento histórico-filosófico-social para contextualizar o conhecimento técnico, atribuindo sentido ao mesmo, percebendo-o como parte integrante da cultura humana como um todo. Isso nos permite, por exemplo, pensar vacinas a partir de um conhecimento técnico específico, mas ancorado em uma necessidade social concreta, para além dos interesses mercadológicos; nos permite pensar energias alternativas, usando o conhecimento técnico para comparar diferentes fontes de energia e apontar viabilidades sociais a partir de determinados contextos, considerando também a preservação ambiental; nos possibilita, a partir do conhecimento específico historicamente produzido, pensar novos rumos para o desenvolvimento do conhecimento científico; nos permite entender a ciência, sob seus mais variados aspectos, ensinar ciência e preparar novos educadores em ciência com compromisso social, com consciência dos processos históricos, com domínio do conhecimento específico e abertos às transformações nesta área tão importante do conhecimento humano.

Para melhorarmos nossas condições de vida é essencial humanizar a ciência e possibilitar a ciência à humanidade. O conhecimento científico trouxe grandes progressos à humanidade; também aumentou o potencial destrutivo. A educação cumpre importante papel no processo de levar conhecimento às pessoas, mas deve, necessariamente, provocar reflexões que humanizem o conhecimento, que levem a humanidade à consciência do bom uso desse conhecimento. Não há racionalidade interna na ciência que resista à autodestruição da humanidade por meio do “progresso técnico”; não há reflexões teóricas que, por si só, fecundem o potencial transformador da realidade. Problematizar a ciência parece ser o caminho para significar e (re)significar sua existência. Assim, precisamos, permanentemente, nos questionar: o que é ciência? Por que fazemos ciência? Por que ensinamos ciência?

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perceber que a ciência é resultado de um conjunto de elementos que compõe a sociedade é fundamental para que possamos compreendê-la a partir de vários pontos de vista. O objetivo do nosso trabalho foi o de problematizar diferentes visões de ciência que são construídas e apontar o quanto essas visões influenciam no modo como ensinamos nossos alunos e como preparamos os futuros professores na área de ciências naturais. Problematizar essa temática possibilita trabalharmos essas visões de forma mais intensa e crítica, pois disso depende um ensino de ciências que seja mais abrangente na possibilidade de formar a autonomia intelectual dos indivíduos para que possam perceber e compreender a complexidade dos processos que conduzem ao conhecimento científico. Ao mesmo tempo objetivamos apresentar e propor o falibilismo como postura epistemológica capaz de promover o diálogo entre as diferentes visões de ciência considerando a importância dos elementos constituintes de cada uma dessas concepções, visando uma formação integral e interdisciplinar dos acadêmicos das licenciaturas na área em questão.

A ciência pode ser entendida como uma tentativa de explicação dos fenômenos que acontecem no mundo. O conhecimento que ela produz, porém, pode receber influências de várias áreas e de vários elementos que compõe a sociedade junto com ela. É necessário abandonar a imagem idealizada de ciência que a apresenta como um conhecimento “puro” e “neutro”, distante de influências externas. A ciência, nesse sentido, é fruto da análise cuidadosa de suas teorias, de observações atentas, de experimentos, do uso de instrumentos desenvolvidos para auxiliar o raciocínio que os pesquisadores realizam na tentativa de resolver os problemas que se colocam ao conhecimento científico. É, também, fruto das paixões do ser humano, do acaso, do momento social, do contexto político e econômico, das intenções de quem financia suas pesquisas, entre outros elementos que não fazem parte de seu escopo interno.

O itinerário de construção da tese procurou mostrar como a ciência natural pode ser entendida tendo presente duas das visões mais conhecidas no contexto da Filosofia da Ciência: o internalismo e o externalismo. O internalismo enfatiza a racionalidade interna da ciência, tendo como representantes o indutivismo (do mais ingênuo ao mais refinado) e o raciocínio dedutivo nomológico de Popper (1993) e Hempel (1981). Compreender a ciência para eles é compreender as relações entre os métodos de levantamento de dados, os dados em si e os raciocínios lógicos que, unindo dados particulares a leis gerais da natureza, conduzem às explicações e às previsões científicas. O externalismo, representado nesta pesquisa pelo epistemólogo e historiador da ciência Thomas Kuhn (2000), busca compreender a ciência

enfatizando seus elementos externos e isso engloba os elementos filosóficos, históricos e sociais que influenciam os paradigmas que orientam a ação da ciência.

O esforço empreendido foi no sentido de apresentar essas duas concepções de ciência em confronto com os questionamentos que a ciência, vista tradicionalmente como um conhecimento seguro, extremamente confiável e preciso, encara nos tempos atuais. A ciência vive momentos de instabilidade no conhecimento, as transformações em seu conjunto de teorias, técnicas, explicações e previsões mostra um produto humano em constante processo de aprimoramento, de descoberta e em constante movimento. Para isso é importante que tanto a ciência quanto os próprios cientistas e os educadores da área estejam abertos a essas mudanças no modo de fazer e de compreender o que é ciência.

Frente a essas possíveis imagens de ciência que podem orientar o educador do ensino superior em ciências naturais, nos cursos de Biologia, de Física e de Química, nos questionamos acerca de que resultados podemos ter ao assumir como guia para a condução da formação dos acadêmicos o internalismo ou o externalismo. Apontamos que o problema se estabelece quando nos orientamos apenas por uma dessas concepções. Se assumirmos uma postura exclusivamente internalista podemos “instruir” acadêmicos que têm um amplo domínio nos conhecimentos técnicos, pois a ênfase está, nessa concepção, no domínio do raciocínio interno da ciência a partir dos conhecimentos específicos de cada disciplina. No entanto, a limitação dessa formação está em “instruirmos” profissionais que pouco entendem do contexto em que a ciência surge e se desenvolve, o que pode resultar em acadêmicos licenciados em Biologia, em Física e em Química com conhecimentos descontextualizados, pouco comprometidos com os impactos sociais advindos do exercício científico no mundo. Também há probabilidade que ocorram formações sem uma base epistemológica consistente e com saberes desconectados uns dos outros. Elementos da Filosofia da Ciência, da Sociologia e da História do conhecimento científico podem fornecer uma base mais consistente em termos epistemológicos, em termos de conhecimento dos impactos da ciência para a sociedade e da sociedade para a ciência, bem como possibilitam um conhecimento científico contextualizado a partir dos momentos históricos em que são construídos. O problema de buscar como guia para a formação acadêmica somente uma visão externalista é que se corre o risco de ficar apenas nas discussões dos fundamentos históricos, filosóficos e sociais em detrimento do conhecimento técnico. Como mencionado no texto, corre-se o risco de caracterizar as aulas, nessas licenciaturas, como aulas muito mais de Filosofia, de História e de Sociologia do que como aulas da área de ciências naturais.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Biologia, de Física e de Química foram apresentadas como indicativos gerais e oficiais para a formação nesses cursos superiores. Em confronto com esses documentos e com as visões internalista e externalista de ciência percebemos que essas diretrizes trazem elementos das duas visões de ciência. Identificamos que, apesar de trazerem elementos do internalismo e do externalismo, há uma tendência das diretrizes enfatizarem a formação técnica. O pano de fundo desse posicionamento foi apresentado quando contextualizamos a elaboração dessas diretrizes dentro do contexto neoliberal, conduzida pelo Banco Mundial e pelas tendências mercadológicas, onde claramente se busca a eficiência na competitividade, no preparo para o mundo do trabalho, para a produtividade e para as exigências do mercado. Os impactos dessa lógica são visíveis na formação de ensino superior na qual as reformas curriculares primam pela manutenção de disciplinas técnicas, pelas formações rápidas e enxutas e caracterizadas por claros prejuízos na formação dos acadêmicos no que se refere às disciplinas da área de humanidades.

A problematização acerca das possíveis imagens de ciência que conduzem os trabalhos dos docentes de ensino superior na área das ciências naturais e seus possíveis efeitos na formação dos docentes nessa área possibilitou apresentar a proposta da mentalidade falibilista como fundamento para a síntese entre internalismo e externalismo. A construção de visão de ciência que aborde os vários elementos determinantes na construção desse tipo de conhecimento torna-se possível se as análises e ações vinculadas a essa área estiverem balizadas por uma mentalidade falibilista, aberta ao diálogo, às inovações e à diversidade de abordagens. Reiteramos que os motivos que justificam esse tipo de temática investigativa estão na preocupação em problematizar, em debater e apontar a necessidade de empreender formações integrais de nossos acadêmicos de licenciaturas na área de ciências naturais. Isso significa que a formação desses futuros docentes precisa ser pautada por elementos das disciplinas específicas em permanente diálogo com a realidade social e com as bases epistemológicas e históricas do conhecimento científico. Tal empreendimento não será possível ou será bastante difícil se não contarmos com docentes do ensino superior conscientes da importância dessa formação integral. Mesmo que a formação desses docentes tenha sido bastante técnica, específica, com pouco diálogo interdisciplinar é importante que, convencidos de que a formação acadêmica deve ser integral, interdisciplinar, esses docentes carreguem essa convicção para suas aulas e motivem seus alunos a exercerem o diálogo entre as diversas disciplinas.

Interdisciplinaridade não significa apenas contarmos com currículos contemplados por disciplinas específicas e por disciplinas ligadas às humanidades. Também não basta contarmos com políticas educacionais oficializadas em documentos como as Diretrizes Curriculares

Nacionais, mantidas com seu atual conteúdo ou modificadas na tentativa de equilibrar elementos da especificidade dos cursos e das humanidades. Já indicamos que há menção, nesses documentos referentes aos cursos de Biologia, de Física e de Química, a elementos do internalismo e do externalismo, há o apontamento da necessidade de se conciliar conteúdos específicos e conteúdos voltados à formação do cidadão de modo geral. O fato de termos diretrizes ideais e currículos equilibrados não é garantia de uma formação integral se a concepção de ciência dos professores não possibilitar o diálogo interdisciplinar e se os professores não perceberem a necessidade de colocar em intersecção elementos da racionalidade interna e externa da ciência na sua interface com a sociedade. O falibilismo é, por natureza, interdisciplinar, porque é aberto ao diálogo, à transformação, à colaboração de áreas e de abordagens diferentes e é, por esse motivo, que a mentalidade falibilista é apontada, aqui, como uma proposta possível à solução da dualidade internalismo/externalismo.

Toda opção metodológica de trabalho tem suas virtudes e suas limitações. Diante do problema de trabalhar com as diferentes visões de ciência que podem orientar os professores do ensino superior poderíamos ter trabalhado com pesquisa empírica, com entrevistas com professores de algumas universidades que trabalham nos cursos de Biologia, de Física e de Química. Isso poderia ter nos trazido uma ideia de que imagens de ciência predominam entre esses professores. Existe, porém, o perigo, nesse tipo de abordagem, de ouvirmos depoimentos ideais e, talvez, pouco fiéis às imagens de ciência que, de fato, prevalecem nesse meio e pouco fiéis às práticas formativas que essas imagens reais conduzem. Optamos por partir de imagens de ciência pré-definidas representadas, de uma forma ou de outra, pelo internalismo e pelo externalismo. Ao caracterizá-los, certamente contemplamos, em maiores ou menores níveis, aquilo que encontramos enquanto imagem de ciência no meio acadêmico. A partir dessa caracterização e em confronto com as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos em questão pudemos construir nossa análise, apresentar a problemática da exclusividade de uma visão ou de outra e abrimos espaço para as reflexões a partir da proposta falibilista na tentativa de resolver essa dualidade. Acreditamos ter percorrido esse caminho de forma satisfatória e esperamos ter apresentado resultados que possam contribuir em uma formação de professores mais integral, mais crítica e consciente da importância do diálogo interdisciplinar.

Certamente as pesquisas e os debates relacionados a essa temática precisam avançar. Os desafios que podem ser encarados, a partir dessa discussão, podem ir desde a crítica à mentalidade falibilista e à necessidade de diálogo interdisciplinar até as tentativas de aplicação dessas ideias na formação dos professores e a verificação dos resultados desse tipo de posicionamento na educação científica nos vários níveis de ensino. Outro desafio que pode ser

gerado a partir desse trabalho vai no sentido de, a partir de uma mentalidade falibilista, revisar as Diretrizes Curriculares Nacionais propondo, de forma enfática, a adoção do trabalho interdisciplinar em busca de uma formação integral a partir de um diálogo real entre as diferentes áreas que já compõe os currículos dos cursos de licenciatura em ciências naturais.

A formação de professores é um tema que precisa ser constantemente discutido. Como destacamos nesta pesquisa, a postura deles e suas convicções acerca do conhecimento influenciam diretamente na formação e na postura dos seus alunos. Mesmo que nossas teoria sejam as “melhores”, sem a vivência e o testemunho delas a formação que tentarmos empreender pode esmorecer. Ensinar em sociedades complexas modernas é um grande desafio e assumir uma mentalidade aberta, falibilista, interdisciplinar nos parece ser a melhor forma de nos movimentarmos nessa diversidade, nessa pluralidade que constitui esta sociedade e aproveitarmos essa riqueza de conhecimentos diferentes para também evoluir em nosso próprio conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, Paulo. Problemas metodológicos em historiografia da ciência. In: SILVA FILHO, Waldomiro J. et al. *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.

ANTUNES, Ricardo. O mundo do trabalho em mutação: da pragmática especialização fragmentada à pragmática liofilização flexibilizada. In: SILVA, M.V.; CORBALÁN, M.A. *Dimensões políticas da educação contemporânea*. Campinas: Alínea, 2009.

ARISTÓTELES. *Metafísica*. Porto Alegre: Globo, 1969.

BAUMAN, Zygmunt. *Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

_____. *Vida líquida*. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

BENINCÁ, Elli. *Educação: práxis e ressignificação pedagógica*. Seleção e organização Eldon Henrique Muhl. Passo Fundo: Ed. Da Universidade de Passo Fundo, 2010.

BERNSTEIN, Richard. *El abuso del mal: la corrupción de la política y la religión desde el 11/09*. Buenos Aires: Katz, 2006.

BOMBASSARO, Luiz Carlos. *Ciência e mudança conceitual: notas sobre epistemologias e história da ciência*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1995.

BRASIL. Ministério da Educação – Conselho Nacional de Educação. *Parecer CNE/CES 1.301/2001 – Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Ciências Biológicas*. Brasília, 2001a. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2012.

_____. *Parecer CNE/CES 1.304/2001 – Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física*. Brasília, 2001b. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2012.

_____. *Parecer CNE/CES 1.303/2001 – Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Química*. Brasília, 2001c. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2012.

CAMPOS, Maria M.; Para que serve a pesquisa em educação? *Cadernos de pesquisa*, São Paulo, v. 39, n. 136, jan./abr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-15742009000100013&script=sci_arttext>. Acesso em: 24 jun. 2013.

CARVALHO, Celso; RUSSO, Miguel H. *A pesquisa em políticas educacionais: possíveis itinerários*. Disponível em: <<http://www.uninove.br/PDFs/Mestrados/Educa%C3%A7%C3%A3o/IIIENCONTRO/CelsoCarvalhoeMiguelRusso.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

CARVALHO, Luiz Marcelo de. A natureza da Ciência e o ensino das Ciências Naturais: Tendências e perspectivas na formação de professores. *Pró-Posições*, São Paulo, v.12, n 1 (34), março 2001.

CHALMERS, Alan F. *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.

_____. *A fabricação da ciência*. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1994.

CHASSOT, Attico. *Educação ConSciência*. Santa Cruz: Edunisc, 2003a.

_____. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*. n. 22, p. 89-100, jan-abr. 2003b.

_____. *A ciência através dos tempos*. 7.ed. São Paulo: Moderna, 1994.

_____. Da química às ciências: um caminho ao avesso. In: FÁVERO, Maria Helena; CUNHA, Célio da (orgs). *Psicologia do conhecimento: o diálogo entre as ciências e a cidadania*. Brasília: UNESCO; UnB; Liber Livro, 2009.

_____. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 5. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

CUNHA, A.M.O.; BRITO, T.T.R.; CICILLINI, G. A. Dormi aluno(a)... acordei professor(a): interfaces da formação para o exercício do ensino superior. 29^a. *Reunião anual da ANPED*, GT 11, 2006. Disponível em: <www.anped11.uerj.br/29/GT11-2544--Int.rtf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

DARWIN, Charles. *A origem das espécies por meio da seleção natural*. São Paulo: Escala, 2009.

_____. *Viagem de um naturalista ao redor do mundo*. São Paulo: Abril Cultural, s.d.

DEMO, Pedro. *Educação e conhecimento: relação necessária, insuficiente e controversa*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

DEMO, Pedro. *Educar pela pesquisa*. 9. ed. Campinas/SP: Autores Associados, 2011.

DEWEY, J. *Democracia e educação*. São Paulo: Companhia Editoria Nacional, 1959.

DIAS SOBRINHO, José. *Avaliação: políticas educacionais e reformas da educação superior*. São Paulo: Cortez, 2003.

DOBZHANSKY, T. et al. *Evolución*. Barcelona: Omega, 1980.

ELIAS, Norbert. *A sociedade dos indivíduos*. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

FÁVERO, Altair A.; ODY, Leandro C. Falibilismo como perspectiva educacional no cenário das sociedades complexas e plurais. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.9, n.1, jan./jun. 2014.

- FONSECA, Marília. O financiamento do Banco Mundial à educação brasileira: vinte anos de cooperação internacional. In: TOMMASI, Livia de; WARDE, Miriam J.; HADDAD, Sérgio. (Orgs.). *O Banco Mundial e as políticas educacionais*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 39. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2004a.
- _____. *Pedagogia da autonomia*. 29. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2004b.
- FREIRE JR., Olival. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, Waldomiro J. et al. *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.
- GIDDENS, Anthony. *Modernidade e identidade*. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.
- GIROUX, Henri. *Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- HEMPEL, Carl. *Filosofia da Ciência Natural*. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.
- _____. A função de leis gerais na história. In: GARDINER, Patrick. *Teorias da História*. 3. ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1984.
- HESSEN, Johannes. *Teoria do conhecimento*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- HULL, David. *Filosofia da ciência biológica*. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.
- JAPIASSÚ, Hilton. *O mito da neutralidade científica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Imago, 1981.
- KLIMOVSKI, G. *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires: A/Z Editora, 1994.
- KUHN, Thomas. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- LE GOFF, Jacques. Prefácio. In: ROSSI, Paolo. *O nascimento da ciência moderna na Europa*. Bauru, SP: EDUSC, 2001.
- MAINARDES, Jefferson. Abordagem do ciclo de políticas: uma contribuição para a análise de políticas educacionais. *Educ. Soc.*, Campinas, vol. 27, n. 94, p. 47-69, jan./abr. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/es/v27n94/a03v27n94.pdf>>. Acesso em : 24 jun. 2013.
- _____. Análise das Políticas Educacionais: breves considerações. *Contrapontos*, Itajaí, vol. 9, n. 1, jan/abr, 2009. Disponível em: <<http://www6.univali.br/seer/index.php/rc/article/view/971>>. Acesso em: 24 jun. 2013.
- _____. Análise de políticas: fundamentos e principais debates teórico-metodológicos. In: BALL, Stephen J.; MAINARDES, Jéfferson (Orgs). *Políticas educacionais: questões e dilemas*. São Paulo: Cortez, 2011.

MATHEWS, Michael R. O tempo e o ensino de ciência: como o ensino de história e filosofia do movimento pendular pode contribuir para a alfabetização científica. In: SILVA FILHO, Waldomiro J. et al. *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.

MAYR, Ernest. *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Brasília: Universidade de Brasília, 1998.

MEDINA, Esteban. La polemica internalismo/externalismo en la historia y la sociologia de la ciencia. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, REIS, Madrid, n. 23, 1983. Disponível em: http://www.reis.cis.es/REIS/PDF/REIS_023_05.pdf. Acesso em: 13 nov. 2014.

MILL, John Stuart. *Sistema de lógica dedutiva e indutiva e outros textos*. São Paulo: Abril Cultural, 1979. (Os Pensadores).

NAGEL, Ernest. *La estructura da la ciencia*. Barcelona: Paidós, 1981.

NEWTON, Isaac. *Princípios matemáticos da filosofia natural*. São Paulo: Abril Cultural, 1987. (Os Pensadores).

NUSSBAUM, Martha. *Sin fines de lucro: por qué la democracia necessita de las humanidades*. Buenos Aires: Katz Editores, 2010.

ODY, Leandro Carlos. *Teoria e história na geologia*. 2005. (Mestrado em Filosofia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ODY, Leandro Carlos. et.al. Os (Des)caminhos da formação do docente pesquisador no Ensino Superior: mitos e possibilidades. In: VIII Simpósio Nacional de Educação e II Colóquio Internacional de Políticas Educacionais e Formação de Professores, 2014. *VIII Simpósio Nacional de Educação e II Colóquio Internacional de Políticas Educacionais e Formação de Professores: Anais*, Frederico Westphalen: URI, 2014. p.589 – 604.

O ELO PERDIDO. Diretor: Régis Wargnier. Produtor: Farid Lahouassa. Inglaterra: Vertigo Productions, 2005. 1 DVD. 122 min.

OLIVA, Alberto. *Ciência e sociedade: do consenso à revolução*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999.

PERRENOUD, Philippe. *A prática reflexiva no ofício de professor: profissionalização e razão pedagógica*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

POPPER, Karl. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 1993.

_____. *Conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1999.

_____. *A miséria do historicismo*. São Paulo: Cultrix, 1980.

_____. *A sociedade aberta e seus inimigos*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1974, (Tomo 1).

PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

SALATIEL, José Renato. Falibilismo e matemática em Charles S. Peirce. *Argumentos*, ano I, n.2, 2009. Disponível em: <http://www.filosofia.ufc.br/argumentos/pdfs/edicao_2/01.pdf>. Acesso em: 9 out. 2012.

SANTOS, Boaventura de Sousa. *Introdução a uma ciência pós-moderna*. 6. ed. Porto: Afrontamento, 1989.

_____. *Um discurso sobre a ciência*. 9. ed. Porto: Afrontamento, 1997.

SARTORI, Jerônimo. *Formação do professor em serviço: da (re)construção teórica e da ressignificação da prática*. Passo Fundo: Ed. Da Universidade de Passo Fundo, 2013.

SCHORN, Remi. O falibilismo como síntese dialética entre dogmatismo e ceticismo. *R. Ciências Humanas*, v.8, n.11, dez. 2009. Disponível em: <<http://revistas.fw.uri.br/index.php/revistadech/article/view/367>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

SZCZEPANIK, Gilmar E. *A iniciação e o desenvolvimento da atividade científica segundo a estrutura das revoluções científicas de Thomas Kuhn*. 2005. (Mestrado em Filosofia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

_____. A linguagem paradigmática na ciência. In: DORO, Marcelo J.; ODY, Leandro C. (Org.). *Filosofia contemporânea: ética, ciência e cultura*. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2011.

TEDESCO, Juan Carlos. Formação científica para todos. In: WERTHEIN, Jorge; CUNHA, Célio da. *Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2. ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.

TELLO, César. Las epistemologías de la política educativa: notas históricas y epistemológicas sobre el campo. In: _____. (Coord e comp.). *Epistemologías de la política educativa: posicionamientos, perspectivas y enfoques*. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2013.

TELLO, César; MAINARDES, Jefferson. La posición epistemológica de los investigadores em Política Educativa: Debates teóricos en torno a las perspectivas neo-marxista, pluralista y pos-estructuralista. *Archivos analíticos de políticas educativas*. v. 20, n. 9, marzo 2012. Disponível em: <http://epaa.asu.edu/ojs/article/view/988/942>. Acesso em: 28 out. 2014.

TEODORO, António. *Globalização e educação: políticas educacionais e novos modos de governação*. São Paulo: Cortez; Instituto Paulo Freire, 2003.

TORRES, Rosa M. Melhorar a qualidade da educação básica? As estratégias do Banco Mundial. In: TOMMASI, Livia de; WARDE, Miriam J.; HADDAD, Sérgio. (Orgs.). *O Banco Mundial e as políticas educacionais*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

UNESCO. *Educação científica no Brasil*. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/science-and-technology/science-education/>. Acesso em: 24 ago. 2015.

VELHO, Gilberto. *Individualismo e cultura: notas para uma antropologia da sociedade contemporânea*. 8. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

WHITEHEAD, Alfred North. *A ciência e o mundo moderno*. São Paulo: Paulus, 2006.

ZABALZA, Miguel A. *O ensino universitário: seu cenário e seus protagonistas*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CIP – Catalogação na Publicação

O27c Ody, Leandro Carlos

A concepção de ciência e a formação docente em ciências naturais /
Leandro Carlos Ody. – 2015.

128 f.; 30 cm.

Orientação: Prof. Dr. Altair Alberto Fávero.

Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Passo Fundo,
2015.

1. Professores - Formação. 2. Ciências. 3. Ciência -
Metodologia. I. Fávero, Altair Alberto, orientador. II. Título.

CDU 371.13

Catalogação: Bibliotecária Cristina Troller - CRB 10/1430