

MESTRADO EM ENSINO, HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS

MAURICIO SILVA DE MOURA

A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA BASEADA EM PARADIGMAS: UMA
INVESTIGAÇÃO SOBRE A FILOSOFIA KUHNIANA

SALVADOR

2008

MAURICIO SILVA DE MOURA

A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA BASEADA EM PARADIGMAS: UMA
INVESTIGAÇÃO SOBRE A FILOSOFIA KUHNIANA

Trabalho apresentado à Universidade Federal da Bahia/ Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito à obtenção do título de mestre em Ensino, Filosofia e História das ciências.

Banca examinadora
Professor Waldomiro Silva (orientador)
Professor Aurino Ribeiro Filho
Professor Alexandre Meyer Luz

SALVADOR
2008

Mauricio Silva de Moura

**A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA BASEADA EM PARADIGMAS: UMA
INVESTIGAÇÃO SOBRE A FILOSOFIA KUHNIANA**

Objetivo: Analisar o treinamento científico e suas conseqüências durante a investigação profissional.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA
Mestrado em Ensino, Filosofia e História das ciências.

Data de aprovação: __ de _____ de 20__

Prof. Waldomiro José da Silva: _____
Doutor em Filosofia

Prof. Aurino Ribeiro Filho: _____
Doutor em Física

Prof. Alexandre Meyer Luz: _____
Doutor em Filosofia

Dedico aos meus pais, ao meu orientador Prof. Waldomiro J. Silva e aos professores Aurino e Charbel pela sabedoria, compreensão, paciência e incentivos fundamentais para a construção desse trabalho.

RESUMO

Baseado em um estudo interno da obra de Thomas Kuhn e de seus comentadores, o presente trabalho investiga a idéia de um treinamento científico, desenvolvido nas comunidades regidas por paradigmas, suas conseqüências positivas e negativas sobre as atividades científicas profissionais.

Analisa ainda as perspectivas contemporâneas do ensino científico, os desafios e seus conflitos e aborda a distinção entre treinamento técnico científico e educação científica e o uso da dialética e argumentação no ensino de ciências.

ABSTRACT

Based in an internal study of the workmanship of Thomas Samuel Kuhn and its commentators, the present work investigates the idea of a scientific training, developed in the communities conducted for paradigms, its positive and negative consequences on professional scientific activities.

It still analyzes the contemporaries perspectives of the scientific teaching, the challenges and its conflicts and approaches the distinction between training scientific technician and scientific education and the use of the dialectics and argumentation in the teaching of sciences.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	8
1. A PESQUISA SEM E COM A DIREÇÃO DE PARADIGMAS	14
1.1 A pluralidade de visões na pesquisa sem a direção de paradigmas	14
1.2 Um maior vínculo entre conhecimento e sociedade	23
1.3 Paradigmas e ciência normal	29
1.4 Paradigmas e treinamento científico	36
1.5 O estabelecimento das prioridades em um campo de estudo	42
2. UM TREINAMENTO BASEADO QUASE QUE EXCLUSIVAMENTE EM MANUAIS CIENTÍFICOS	51
2.1 Paradigmas e História	51
2.2. O esquema de treinamento sistemático dos manuais	58
3. EPISTEMOLOGIA, HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO	71
3.1 Treinamento científico e educação científica: distinção	71
3.2 Desafios e conflitos	73
3.3 O retorno à filosofia: uso da argumentação em sala de aula	74
3.4 Kuhn e a educação para o diálogo	84
CONCLUSÃO	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

INTRODUÇÃO

Neste trabalho, analisarei a concepção elaborada por Thomas Samuel Kuhn sobre *a formação dos cientistas realizada nas comunidades científicas orientadas por paradigmas, assim como os efeitos das estruturas paradigmáticas sobre a conduta profissional do grupo durante a atividade científica.*

No final da segunda metade do século XX e início do século XXI, muito se escreveu sobre as noções kuhnianas de paradigma, incomensurabilidade e revolução científica e sua obra tornou-se um marco importante para o campo da epistemologia no sentido que aproximou a reflexão teórica sobre o conceito de ciência e de conhecimento da investigação sobre as práticas sócio-institucionais das comunidades científicas. Através dessa aproximação, foi demonstrado que compreender o que é ciência não é estabelecer princípios universalmente válidos, métodos infalíveis ou definições do que é conhecimento, mas, sobretudo, que compreender a prática de uma comunidade é compreender a instituição social da ciência. E isso representou uma revolução tanto no campo da Epistemologia quanto nos da Filosofia e da Sociologia da Ciência.

Ao ler e refletir sobre a obra de Thomas Kuhn, percebi que grande parte da conduta científica profissional e visão dos cientistas são conseqüências diretas da educação à qual os estudantes de ciências foram submetidos durante o período em que se graduaram nas universidades. Em sua obra, Kuhn demonstrou que a visão especializada dos cientistas é relacionada com o tipo de conteúdo e a forma com que o mesmo foi transmitido durante o período de

formação profissional. Tal conhecimento é exposto e transmitido, na maioria das vezes, por intermédio de manuais científicos. Nesses livros, o conteúdo é ilustrado e as suas aplicações bem sucedidas são comparadas com observações e experiências exemplares. Durante a graduação os futuros investigadores lidarão apenas com observações, aplicações e experimentos selecionados. A pesquisa mais especializada favorecerá a postura de priorizar a articulação de determinados fenômenos e teorias ao invés de incentivar a busca de novas invenções ou descobertas. Uma das conseqüências disso é a tendência do cientista ser um especialista dedicado cada vez mais a uma prática precisa e, sob certos aspectos restrita de certas técnicas e métodos de pesquisa. Com isso, não conhecerão outras alternativas nem modos diferentes de enxergar a realidade e se concentrarão apenas no conteúdo mais atualizado de sua disciplina o que restringirá, consideravelmente, a sua visão de mundo e prática científica.

A obra de Kuhn também demonstra que os cientistas são normalmente seguros na maior parte do exercício do seu ofício. Esse tipo de formação tende a produzir grupos especializados em resolver, apenas, questões com as quais estão familiarizados. Contudo, se no decorrer da pesquisa os cientistas tiverem que lidar com problemas que não foram previstos nem trabalhados durante sua graduação, quase sempre se mostrarão inseguros. Isso ocorre de maneira geral nas crises científicas. Nesse período, predomina uma grande insegurança profissional e há abandono de convicções e alterações em larga escala de problemas e técnicas científicas. A insegurança profissional, durante as crises é gerada, sobretudo, pelo fracasso constante das aplicações do conhecimento

científico em produzirem os resultados esperados com os quais os cientistas se acostumaram desde a graduação.

Nas crises os cientistas são confrontados com questões desconhecidas para o grupo. Diante do desconforto do desconhecido normalmente poderíamos esperar que os investigadores, usando de capacidade crítica fossem capazes de elaborar articulações, de refletir para criar novas hipóteses e argumentos, de utilizar de criatividade ou de inventividade para gerar novas alternativas para que finalmente soluções para um novo problema fossem produzidas. Contudo, tais habilidades não foram nem desenvolvidas nem incentivadas durante a graduação.

Para alcançar a compreensão sobre a formação dos cientistas realizada nas comunidades científicas orientadas por paradigmas, assim como os efeitos da mesma sobre a conduta profissional do grupo, optei por organizar o presente trabalho da seguinte maneira: no primeiro capítulo investiguei as características da fase pré-paradigmática das especialidades científicas, caracterizando-a em seus diversos aspectos como, por exemplo: a pluralidade de visões sobre o mundo e a prática científica em uma mesma especialidade, o número maior de controvérsias e desacordos existentes entre as teorias existentes no período, a maior importância dada ao livro, a comunicação por intermédio de cartas entre os investigadores, o desenvolvimento de concepções apoiadas em opiniões populares e a dissociação entre teoria, técnica e experimentação.

Esse capítulo foi relevante para que eu estabelecesse comparações entre épocas distintas da Física e a identificação de elementos peculiares a

cada tempo e as conseqüências da presença dos mesmos em relação à conduta dos pesquisadores.

Ainda no primeiro capítulo, busquei a partir de noções fornecidas pelo próprio autor e comentadores, aproximar-me do conceito de paradigma. A compreensão do termo paradigma no contexto da obra kuhniana é peça fundamental e foi também o ponto de partida para que eu pudesse refletir sobre a estrutura da formação científica existente nas comunidades regidas pelos mesmos e a partir daí elaborar minha análise e conclusões. Examinei as conseqüências da presença dos paradigmas nas especialidades científicas e as características particulares que esses grupos adquirem após essa aquisição. Nesse sentido, investiguei temas como: o estabelecimento das prioridades do campo de estudo, o treinamento científico baseado quase exclusivamente em manuais científicos homogêneos e pré-selecionados, o esoterismo nas comunidades, uma maior complexidade e uma menor acessibilidade ao conhecimento científico, a difusão interna do conhecimento por intermédio de artigos científicos, a menor importância do papel do livro para a comunidade, o estabelecimento e predomínio do consenso durante a investigação profissional, dentre outros aspectos.

Já no segundo capítulo, abordei com maior ênfase as peculiaridades do treinamento científico fundamentado nos paradigmas. Examinei, por exemplo, as motivações iniciais dos estudantes ao ingressarem na carreira científica em contraste com as motivações que adquirem após se submeterem ao treinamento científico, a escassez de elementos históricos nos manuais científicos e as consciências disso, o contato dos estudantes com os modelos via manual e laboratório, fazendo com que os mesmos se transformem, no

decorrer do treinamento, em talentosos solucionadores de enigmas. Analisei a exploração do universo de pesquisa fornecido pelo paradigma e o que esse representa como fonte de novos desafios e motivação para os cientistas, a intensificação e a repetição da resolução de quebra-cabeças e suas conseqüências, como, por exemplo, a habilidade de resolver problemas por identificação de semelhanças. Abordei o reagrupamento de elementos que é verificado após as grandes mudanças conceituais nas ciências e suas conseqüências como, por exemplo, a reelaboração dos manuais científicos a serem utilizados na formação de novos cientistas, dentre outros aspectos. A relevância do segundo capítulo, no conjunto desse trabalho, está na oportunidade que me possibilitou de me aprofundar e compreender as características da formação técnica científica seus pontos positivos e seus aspectos negativos. A partir desse capítulo pude desenvolver as sessões finais desse trabalho e oferecer as minhas conclusões sobre a análise que efetivei nos capítulos iniciais.

Por fim, no terceiro e último capítulo examinei o ensino de ciências numa perspectiva contemporânea e as discussões a respeito da contribuição kuhniana para esse campo. Também apresentei as minhas conclusões sobre o treinamento técnico baseado em paradigmas destacando seus méritos e suas deficiências. Abordei as características da investigação científica e comentei em que aspectos do treinamento prepara ou não os estudantes para atuarem na realidade profissional que os aguarda. Para concluir, baseado na análise que realizei, sugeri a elaboração de uma formação que leve em consideração o desenvolvimento de habilidades mais críticas, através da inclusão de

elementos argumentativos e dialéticos, que a meu ver, concorrerão para que a graduação em ciências torne-se, de fato, educação científica.

A estratégia metodológica desta pesquisa foi baseada em um estudo interno crítico da obra de T. S. Kuhn, principalmente *The structure of scientific revolutions* (1996), *The essential tension: selected studies in scientific tradition and change* (1977), *The road since structure: philosophical essays, 1970-1993, with an autobiographical interview* (2002), e em fontes cujas abordagens tem o referido autor como enfoque central, como teses acadêmicas, estudos críticos e comentadores.

1. A PESQUISA SEM E COM A DIREÇÃO DE PARADIGMAS

1.1. A pluralidade de visões na pesquisa sem a direção de paradigmas

O conceito de Paradigma é o mais complexo da obra kuhniana. A partir do item 1.3 apresentá-lo-ei de uma forma mais detalhada. De maneira geral, podemos afirmar que um paradigma orienta, fornece as diretrizes, métodos, problemas, soluções de problemas e todo um esquema de treinamento durante um período de tempo para uma determinada ciência. Antes da Física, ser uma especialidade capaz de treinar tecnicamente grupos de investigadores comprometidos com os mesmos padrões para prática científica e uma visão de mundo homogênea, ela atravessou um período que Kuhn classificou como pré-paradigmático. A fase pré-paradigmática é o período onde determinadas ciências como a Física e a Química eram regidas sem a direção de paradigmas. Essa fase caracteriza-se também pela coexistência de visões sobre o mundo e práticas investigativas dessemelhantes. Nesse período não há diretrizes aceitas pela maior parte da comunidade para orientar os investigadores em relação a onde investigar e por que investigar, nem para restringir os fatos que seriam investigados. Todavia a referida restrição, presente nas comunidades regidas por paradigmas não significa a extinção das dúvidas, nem dos enigmas científicos, nem da motivação profissional. Mas sim uma maior seleção e hierarquia em relação aos problemas que serão examinados pelo grupo, Ou seja, a partir da presença dos paradigmas, não mais todos os problemas merecerão dedicação igual dos cientistas, mas apenas os fornecidos pelo paradigma vigente. Assim, o estudante que ingressa

em uma comunidade da Física contemporânea, encontrará um ambiente favorável a adesão da atitude de considerar que os problemas disponibilizados pelo paradigma em vigência são os mais relevantes a merecer a atenção do grupo de investigadores de sua comunidade. Isso porque, os paradigmas, determinaram todo um esquema de pesquisas que não se assemelha ao esquema usual da maior parte das ciências.

Com exceção de domínios como a Bioquímica, que teve sua origem na combinação de especialidades já existentes, os paradigmas são uma aquisição a que se chega relativamente tarde. Entretanto, na história das especialidades, essa aquisição não se mostrou universalmente válida para todo o conjunto de disciplinas e não deve ser tratada como uma regra determinista ou uma espécie de lei científica natural. Por esse motivo, penso que a premissa “a aquisição de um paradigma e do tipo de pesquisa mais esotérico que ele permite é um sinal de maturidade no desenvolvimento de qualquer campo científico que se queira considerar” (Kuhn, 2001, p. 31), não deve ser interpretada de uma maneira universal, como uma teoria de desenvolvimento de ciências para todo o conjunto de disciplinas. Generalizá-la seria não levar em consideração, por exemplo, as particularidades que caracterizam os diversos campos do conhecimento. Isso por que, a História das ciências também traz fatos que contradizem e não sustentam a universalidade da referida proposição. Tampouco devem ser interpretados como uma condição necessária para que um campo do conhecimento humano seja considerado ou não científico. Por exemplo, não há nenhuma evidência que implique que toda ciência necessariamente em determinado ponto de sua existência, adquira paradigmas. Pelo contrário, a história tem mostrado que um campo científico

pode existir sem jamais ser regido pelas diretrizes de qualquer paradigma. Visto que, existem ciências que os possuem e outras não, os paradigmas não devem ser utilizados como unidade de medida comum para estabelecer a superioridade ou inferioridade, maturidade ou imaturidade entre os campos científicos. O próprio Kuhn em *“O Caminho Desde a Estrutura”* (2003) comentou sobre a sua incerteza em relação à possibilidade do aparecimento ou não de paradigmas em todas as especialidades científicas:

“Não seria possível que aqui e ali, com o passar do tempo, um número crescente de especialidades encontrasse paradigmas que viabilizassem a pesquisa normal, solucionadora de quebra cabeças? Quanto à resposta a essa pergunta, estou totalmente incerto (...) Em primeiro lugar, não estou ciente de qualquer princípio que barre a possibilidade de uma ou outra parte de alguma ciência humana encontrar um paradigma capaz de viabilizar a pesquisa normal, solucionadora de quebra-cabeças. E a probabilidade da ocorrência dessa transição é, para mim, aumentada por um forte sentimento de déjà vu. Muito do que ordinariamente é dito para defender a impossibilidade de uma pesquisa solucionadora de quebra-cabeças nas ciências humanas já foi mencionado há dois séculos, para negar a possibilidade de uma ciência da química, e repetido um século depois, para mostrar a impossibilidade de uma ciência dos seres vivos. Muito provavelmente, a transição que estou sugerindo já está em andamento em algumas especialidades atuais das ciências humanas. Minha impressão é a de que, em partes da economia e da psicologia, isso já possa ter ocorrido” (KUHN, 2003, p. 272-273)

Entretanto, apesar de Kuhn considerar a possibilidade de uma ou outra parte de alguma ciência humana encontrar um paradigma capaz de viabilizar a pesquisa normal, solucionadora de quebra-cabeças o surgimento de paradigmas na linha da história de determinada ciência é um fenômeno que tem se mostrado pouco comum e que se restringiu à minoria das

especialidades, constituindo-se mais em exceção do que em regra. Desta forma, até o presente momento, o aparecimento de um paradigma, gerador de modelos aceitos quase unanimemente por uma comunidade científica é um episódio que se mostrou exclusivo de pouquíssimas áreas, como por exemplo, a Química e a Física. Desse modo, a maior parte das ciências como, por exemplo, a Antropologia, a Ciência da computação, Ciências sociais, Ciências econômicas existe e funciona sem a necessidade de um paradigma. Ciências não paradigmáticas não se prendem ao conhecimento contemporâneo de sua disciplina, seus cientistas examinam problemas não derivados de paradigmas e utilizam métodos e teorias decorrentes de múltiplas visões de mundo e da prática científica. Isso revela que cada ciência é um caso particular na história, que merece um especial estudo, onde não se deve aplicar uma regra geral como uma escala de desenvolvimento que implique de maneira forçosa no aparecimento de paradigmas em todos os domínios científicos.

A meu ver, as circunstâncias que fizeram surgir um paradigma na Física não são as mesmas existentes em outras especialidades científicas. Destarte, em um estudo sobre a história das ciências, considerar o fenômeno, até então raro, do aparecimento de paradigmas em uma disciplina e, precipitadamente, dele se generalizar para uma norma que só se ajusta a poucas especialidades científicas é um raciocínio que não traduz nem caracteriza, com fidelidade, a pluralidade das disciplinas científicas. A seguir, traremos exemplos históricos que caracterizaram surgimento de paradigmas na Física e na Química.

Nos primeiros estágios da história da Química, não havia nenhuma explicação a respeito da combustão das substâncias que fosse adotada de maneira consensual pelos investigadores do período. Isso contribuiu para o

predomínio de um ambiente propício para uma liberdade de escolha e criação sobre a matéria de estudo. Os químicos, frequentemente, explicavam e justificavam uns aos outros suas idéias e atividades. As teorias eram diversas e não raramente divergiam entre si. Entretanto, esse quadro começou a mudar a partir do século XVIII quando Lavoisier ao negar as hipóteses de Boyle (1627-1691) e Stahl (1660-1774) unificou vários ramos da Química e contribuiu para a definição da disciplina como uma ciência:

“Na época de Boyle, pensava-se que o fato do metal tornar-se pesado com a combustão era devido à adição de “partícula de fogo”. Esse raciocínio em que se considerava o fogo como uma espécie de substância chegou ao clímax no início do século XVIII quando Stahl (1660-1774) imaginou a existência de uma substância denominada flogístico. Foi Lavoisier (1743-1794) quem negou primeiro esta hipótese. Ele transformou a experiência química que era qualitativa até então à quantitativa, e mediu com precisão com o uso de uma balança o aumento e a diminuição de massa de gases e substâncias queimáveis observados na combustão de substâncias no interior de um recipiente perfeitamente fechado, e descobriu que o elemento imaginado, o flogístico, não existia e a massa total das substâncias era constante e a combustão significava combinação com o oxigênio. Com esta descoberta, foi abstraído e estabelecido o conceito de elemento químico que era inextinguível nas reações químicas, e unificando vários ramos miúdos que existiam até então independentemente, a química foi concluída como uma ciência em que se trata a combinação e a separação dos elementos.” (OSADA, 1969, p.14)

A partir desse período, as pesquisas na Química progrediram consideravelmente e através de contribuições como, por exemplo, a lei de proporções constantes de Proust (1754-1826), de lei de proporções múltiplas de Dalton (1766-1844), de sua teoria atômica de 1808, de lei de reações dos

gases de Gay-Lussac (1778-1850) esse avanço foi consolidado. Desde então diminuíram as divergências entre as teorias e prevaleceu um ambiente consensual na comunidade que possibilitou o estabelecimento de uma tradição de pesquisa normal na Química.

Outro aspecto da fase pré-paradigmática é que nesse período, não há o estabelecimento de prioridades, preponderâncias entre os fenômenos, que passavam a ser examinados, na maior parte das vezes, com atenção e importância quase semelhante. No sentido da ausência de paradigmas, cada investigador é livre para apresentar visões e interpretações desiguais a respeito dos mesmos fenômenos. Entretanto, essa liberdade não significa ausência de censura por parte de outras instituições como a igreja, como será constatado mais adiante.

A Ótica física, antes dos trabalhos publicados por Newton é um exemplo típico da fase pré-paradigmática que assinalou os primeiros estágios de desenvolvimento da Física. Nenhum período entre a antiguidade remota e o final do século XVII exibiu uma única concepção da natureza da luz que fosse consensualmente aceita pela maioria dos investigadores. Em vez disso, o primeiro período da Ótica física apresentava um grande número de visões que coexistiam entre si, a maior parte esposava uma ou outra variante das teorias de pensadores como Pitágoras, Aristóteles ou Euclides. A seguir um pequeno trecho com o resumo de acontecimentos ocorridos na Ótica antes das contribuições de Newton:

“Os filósofos gregos Pitágoras, Demócrito, Empédocles, Platão, Aristóteles e outros desenvolveram várias teorias sobre a natureza da luz (...) A propagação retilínea da luz já era

conhecida, tal como era a lei da reflexão, enunciada por Euclides (300 a.C.) no seu livro *Catoptrics*. Herão de Alexandria tentou explicar esses fenômenos, afirmando que a luz percorria sempre o caminho mais curto possível entre dois pontos. O vidro ardente (uma lente positiva) foi referido por Aristóteles, na sua peça cômica *The Clouds* (424 a.C.). O quebrar aparente de objetos parcialmente imersos em água foi mencionado por Platão em *A República*. A refração foi estudada por Cleomedes (50 a.C.) e, mais tarde por Cláudio Ptolomeu (130 d.C.) (...) que construiu tabelas com medidas de ângulos de incidência e de refração em vários meios. (...) o filósofo romano Sêneca (3 a.C.-65 d.C.) assinalou que um globo de vidro cheio de água podia ser utilizado como instrumento de ampliação (...) Leonardo da Vinci (1452) descreveu a câmara obscura, mais tarde popularizada pelo trabalho de Giovanni Battista Della Porta (1535-1615), que na sua *Magia Naturalis* (1589) abordou questões tais como espelhos múltiplos e combinações de lentes positivas e negativas. Este modesto conjunto de acontecimentos preenche, na sua maior parte, o que pode ser considerado como o primeiro período da óptica (HECHT, 1991, p.1-2)

Todos estes pensadores realizaram contribuições significativas ao corpo de conceitos, fenômenos. Cada um deles enfatizava o conjunto particular de fenômenos óticos que sua própria teoria podia explicar melhor. Outras observações eram examinadas através da elaboração ad hoc ou permaneciam como problemas especiais para a pesquisa posterior. Nesse contexto, por não serem obrigados a assumir um corpo qualquer de crenças comuns, oriundos de paradigmas, cada autor de Ótica, deste período, se caracterizou pela liberdade de reconstruir, caso considerasse necessário, novamente seu campo de estudos desde os primeiros fundamentos.

Predominava portanto, o pluralismo de idéias onde em várias obras eram apresentadas distintas leituras sobre o mesmo universo investigativo. Deste modo, a escolha das observações e experiências que sustentavam tal reconstrução não era cingida, nem imposta, já que não havia, por exemplo,

qualquer conjunto-padrão de métodos paradigmáticos ou de fenômenos que todos os estudiosos da óptica se sentissem forçados a empregar e explicar de forma anuente. Desse modo, em épocas diferentes, vários teóricos fizeram contribuições significativas ao corpo de conceitos, fenômenos e técnicas dos quais Newton pode extrair o primeiro paradigma quase uniformemente aceito na Ótica física. A seguir apresentamos um trecho da obra *Optics* de Newton, onde o autor faz menção a outros teóricos para rejeitar a idéia de que a luz consistiria em espécie de pressão ou movimento propagado em um meio fluido:

“Um fluido denso pode ser inútil para explicar os fenômenos da natureza, sendo os movimentos dos planetas e cometas explicados melhor sem ele. Serve somente para perturbar e retardar os movimentos daqueles grandes corpos, e faz definhar a estrutura da natureza; e nos poros dos corpos serve somente para parar os movimentos vibratórios, nos quais o calor e atividade do corpo consistem. E como ele não tem nenhuma utilidade e impede as operações da natureza, e a faz se definhar, então não existe nenhuma evidência de sua existência; e, portanto, deve ser rejeitado. E se ele for rejeitado, as hipóteses de que a luz consiste em pressão ou movimento, propagado através de tal meio são rejeitadas com ele. E para rejeitar tal meio, temos a autoridade daqueles mais antigos e mais celebrados filósofos da Grécia e da Fenícia, que fizeram do vácuo, dos átomos e da gravidade dos átomos os primeiros princípios de sua filosofia; simplesmente atribuindo a gravidade a alguma outra causa que à matéria densa. Filósofos posteriores baniram a consideração de tal causa da filosofia natural, inventando hipóteses para explicar todas as coisas mecanicamente, e referindo outras causas à metafísica; ao passo que a tarefa principal da filosofia natural é argumentar a partir dos fenômenos sem inventar hipóteses, e deduzir causas de efeitos, até que cheguemos exatamente à primeira causa, que certamente não é mecânica; e não somente para revelar o mecanismo do mundo mas principalmente para resolver estas e outras questões similares”. (NEWTON, 1983, p. 39-40)

Esse trecho demonstra que Newton utilizou-se do conhecimento existente na antiguidade para desenvolver seus argumentos e se contrapor aos filósofos

que se baseavam em hipóteses que justificavam mecanicamente a gravidade. Desse modo, entendemos que qualquer definição ou história da física que exclua e não leve em consideração a contribuição dos membros mais antigos das primeiras escolas da ótica, estará excluindo igualmente os seus sucessores modernos. A história da pesquisa elétrica na primeira metade do século XVIII proporciona um outro exemplo concreto da maneira como uma especialidade se desenvolve antes de adquirir seu primeiro paradigma universalmente aceito:

“Durante aquele período houve quase tantas concepções sobre a natureza da eletricidade como experimentadores importantes nesse campo, homens como Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollet, Watson, Franklin e outros. Todos os seus numerosos conceitos de eletricidade tinham algo em comum – eram parcialmente derivados de uma ou outra versão da filosofia mecânico-copular que orientava a pesquisa científica da época. Além disso, eram todos componentes de teorias científicas reais, teorias que tinham sido parcialmente extraídas de experiências e observações e que determinariam em parte a escolha e a interpretação de problemas adicionais enfrentados pela pesquisa. Entretanto, embora todas as experiências fossem elétricas e a maioria dos experimentadores lessem os trabalhos uns dos outros, suas teorias não tinham mais do que uma semelhança de família.” (KUHN, 2001, p.33-34)

Nestas circunstâncias, concluo que o diálogo sobre os trabalhos resultantes é caracteristicamente rico em variedade e frequentemente são apresentadas várias soluções, alternativas, escolhas entre teorias, entre modos diferentes de ver o mundo e de entender a ciência. Na fase pré-paradigmática estão presentes cânones explicativos variáveis, métodos diversos, tradições de pesquisa diferentes e contrastantes, imagens diversas e opostas do que

significa ciência. Todo esse conjunto favorece o surgimento de cientistas mais inventivos e com maior liberdade em relação a ditames paradigmáticos.

1.2 Um maior vínculo entre conhecimento e sociedade

O período pré-paradigmático da Física caracterizou-se por apresentar uma abundante acumulação de fatos proporcionada, sobretudo, por uma relação mais próxima entre os investigadores, cada um deles tentando demonstrar aos outros suas teorias e suas visões a respeito do mundo e da prática. Inexistiam artigos e manuais científicos e a publicação de livros era muito mais freqüente. A pesquisa nesse período possuía pouca autonomia, era menos esotérica e estava mais exposta a influências e censuras externas, diferentes das oriundas de paradigmas como veremos a seguir.

Na Física do século XVII, por exemplo, a troca de textos e idéias acontecia por intermédio de cartas e não incluía apenas filósofos naturais. Os escritos eram freqüentemente lidos, analisados e até mesmo censurados por instituições como a igreja. Vale assinalar, que o termo cientista foi criado por Whewell em meados do século XIX. Podemos assim dizer que foi entre a segunda metade do século XIX e o começo do século XX que passamos a falar em ciência e em cientistas.

As cartas de Galileu Galilei a Benedetto Castelli em 21 de dezembro de 1613, a Piero Dini em 23 de março de 1614, a Cristina di Lorena em 1615 ilustram a maior proximidade entre os investigadores e as tentativas de demonstrar uns aos outros as suas visões sobre o mundo e a prática da então

Filosofia natural. Quase não há estudo ou livro sobre Galileu que não faça ampla referência a elas. Era prática comum dos investigadores da época buscar, entre si, o assentimento em relação às suas convicções.

Além de evidenciarem a grande comunicação existente entre os filósofos naturais do período, esses escritos representam, hoje, uma importante fonte de onde podem ser deduzidas, por exemplo, as crenças, as convicções e teorias filosóficas de Galileu e de seus contemporâneos:

“As passagens da carta a Dini foram muitas vezes citadas como enunciados de convicções filosóficas precisas de Galileu e como expressão de crenças e teorias neoplatônicas que crescem e se insinuam entre os discursos rigorosos e as demonstrações matemáticas.” (ROSSI, 1992, p. 90)

Nesse período houve também um maior contato direto dos pesquisadores com os livros o que não se verifica tão intensamente no estágio contemporâneo das especialidades que são regidas por paradigmas. Na fase pré-paradigmática, havia uma grande quantidade de livros publicados em curto espaço de tempo. A circular enviada pelo então cardeal Roberto Belarmino (1542-1621) aos inquisidores provinciais em 26 de julho de 1614, ilustra com precisão esta característica. A seguir um pequeno trecho da referida circular:

“Não se cansando os heréticos e os inimigos (...) de semear continuamente os seus erros e heresias no campo da cristandade *com tantos e tantos livros perniciosos que se publicam todo dia*, é necessário não cochilar, mas esforçar-se por extirpá-los pelo menos daqueles lugares que podemos.” (BELARMINO apud ROSSI, 1992, p. 91)

Essas palavras da circular redigida por Bellarmino retratam o então clima de suspeita que envolvia o mundo da filosofia natural nos anos em que Galileu trabalhava; sobre as condenações de Giorgio Veneto, Telesio, Patrizi, Reuchlin, Campanella e Bruno e as intervenções que o *index* e seus censores impunham sobre o conhecimento filosófico. O *index* foi um instrumento de censura gerado pela congregação da inquisição da igreja católica romana (mais tarde denominada de congregação para a doutrina da fé). Na prática representava uma lista de publicações proibidas pela igreja, que continha, na visão da mesma, livros que pudessem por em dúvida seus dogmas religiosos seculares.

Desse modo, ao contrário do que ocorre na contemporaneidade havia um forte laço que unia filosofia natural e teologia. A igreja possuía grande acesso às obras escritas e publicadas pelos investigadores, exercendo, sobretudo, a função de censora implacável desse conhecimento. Esse vínculo explícito, sobretudo, a posição de dependência da comunidade de pesquisadores em relação às decisões da comunidade religiosa da época.

Um bom exemplo que ilustra essa mencionada relação de dependência foram as censuras sofridas pela obra galileana denominada *História e demonstrações sobre manchas solares* que teve termos censurados e substituídos por outros o que ocasionou vários abrandamentos realizados por parte de Galileu, até que o texto fosse publicado. Nesse referido episódio houve a intermediação do então príncipe italiano Frederico Cesi¹, fundador, em

¹ De acordo com Michaud (1854, p. 367) em 1603, o príncipe tinha apenas 18 anos e o nome da academia, originou-se de uma alusão à agudeza de visão dos lince. Segundo Michaud, Cesi considerava, em sua idealização, que os acadêmicos deveriam ter olhos de lince, a fim de descobrirem os segredos presentes na natureza. Em seu palácio situado na cidade de Roma, o príncipe fez construir um gabinete de história natural, uma biblioteca e organizou um jardim botânico, para o estudo de seus confrades. A Accademia dei Lincei foi a primeira a

1603, da célebre Accademia dei Lincei e que estava bastante interessado na impressão e publicação dos escritos. O pedido para que a obra fosse impressa, realizado pelo príncipe Cesi, não foi imediatamente aceito pelos religiosos e a obra galileana sofreu várias repreensões por parte dos censores. Na primeira versão submetida ao exame dos religiosos, por exemplo, Galileu tinha escrito que a “divina bondade” o tinha levado à difusão das suas teorias. Os censores desagradados com essa menção fizeram-no substituir “divina bondade” pela expressão “ventos propícios”.

Além disso, Galileu havia escrito que a tese da incorruptibilidade dos corpos celestes, proposta por Aristóteles a qual sustentava que todos os corpos, salvo o éter, seriam ponderáveis, era uma opinião falsa, equivocada, repugnante e era contrária às verdades das letras sagradas, as quais afirmavam que os céus e o mundo todo são gerados, dissolúveis e transitórios. Segundo Carlos Ziller Camenietzki (1987, p.39), o modelo geocêntrico da escola Aristotélico-Tomista propunha que os astros seriam formados por um éter, substância puríssima e incorruptível. Entre outras conseqüências, isso impunha que a Lua fosse perfeitamente esférica.

Galileu, ao evidenciar, através de observações, o relevo acidentado da Lua criou uma dificuldade para essa concepção, que, imediatamente, mobilizou Clávio, a maior autoridade em astronomia da Companhia de Jesus. Este, ao ver pela luneta o relevo lunar acidentado, propôs a Galileu uma hipótese que afirmava a existência de uma camada cristalina, transparente, recobrando a Lua de tal modo que por trás desta, a superfície lunar teria uma forma

“desenvolver pesquisas micrográficas. O nome do microscópio foi mesmo inventado por um dos seus primeiros membros, Johannes Faber von Bamberg (1574-1629)” (SINGER, 1934, p.143)

perfeitamente lisa e esférica. Em resposta ao religioso, Galileu afirma que a imaginação é verdadeiramente bela e que a esta só lhe faltaria a capacidade de ser demonstrável. Desagrados, com a posição de Galileu, os revisores eclesiásticos também censuraram as partes de sua obra que contestavam a teoria da incorruptibilidade dos astros, o que fez com que Galileu preparasse outra versão de seus escritos para ser mais uma vez submetida à análise dos religiosos.

Nesta, manteve a referência aos textos sagrados, mas teve que acrescentar homenagens à autoridade teológica, além de um alto elogio à acuidade e à sublimidade de engenho dos sutis intérpretes da escritura que inexistiam na primeira versão. A seguir, o trecho reestruturado e modificado por Galileu logo após a intervenção dos censores:

“Ora quem será aquele que, vendo, observando e considerando estas coisas, não se disponha a abraçar (excluída qualquer perturbação que algumas aparentes razões físicas pudessem trazer-lhe) a opinião tão conforme à indubitável verdade das letras sagradas, as quais em tantos pontos muito abertos e manifestos nos mostram a instável e caduca natureza da celeste matéria não privando, porém, dos merecidos louvores aqueles sublimes engenhos que com sutis especulações souberam adaptar aos dogmas sagrados a aparente discórdia dos discursos físicos. Os quais é de boa razão que agora, afastada também a suprema autoridade teológica, cedam às razões naturais de outros autores seríssimos, e mais ainda às sensatas experiências, às quais eu não teria dúvidas de que o próprio Aristóteles teria cedido” (GALILEU apud ROSSI, 1992,p. 93)

As intenções de Galileu, nessa segunda tentativa eram: em primeiro lugar, colocar as suas teses sob a autoridade da escritura e descrever a hipótese dos adversários, os defensores da incorruptibilidade, como contrárias às escrituras.

Em segundo lugar, pretendeu afirmar que a interpretação do texto sagrado que se refere à Física peripatética poderia ser substituída por outra que se refira a uma Física diversa. Em terceiro lugar, pretendeu elogiar a atividade dos teólogos. Entretanto, a segunda versão, elaborada por Galileu, também não obteve êxito e terminou sendo vetada em 14 de dezembro de 1612. Após a proibição, os eclesiásticos solicitaram uma nova correção. O pequeno trecho, a seguir, de uma carta enviada pelo príncipe Frederico Cesi solicitando a Galileu pressa no envio da terceira moderação, revela o clima de ansiedade que cercava o processo de liberação das obras científicas durante o século XVII:

“Que Vossa Senhoria me escreva rápido como quer que fique o ponto em que o abrandamento não foi suficiente. Em 28 de dezembro, sempre à espera da terceira moderação que não chega, entra em ansiedade: não me chegando às mãos (...) só posso estar ansioso, tanto mais que dentro de dois dias a impressão vai chegar àquele ponto...”. (CESI apud ROSSI, 1992, p. 93)

Após fracassar na segunda tentativa, finalmente a terceira versão preparada por Galileu consegue passar pela censura eclesiástica e seu livro finalmente consegue a autorização necessária para ser impresso e publicado. Nesta, tinham sido eliminadas quaisquer referências às sagradas escrituras e apenas exortava a prestar atenção àqueles sábios filósofos que julgaram da celeste substância diversamente de Aristóteles e dos quais não teria discordado o próprio Aristóteles se tivesse tido notícia das presentes atestações sensíveis. Os revisores estavam satisfeitos em 26 de janeiro, finalmente, o príncipe Cesi escreveu a Galileu dando-lhe boas notícias: “A modificação foi imediatamente

aceita pelo revisor, bastando que se fale naturalmente sem misturar nada de sobrenatural, que assim querem eles em coisas semelhantes”. (ROSSI, 1992, p. 94)

Dessa maneira, podemos afirmar que o século XVII foi uma época onde instituições não-científicas, sobretudo as religiosas, tinham uma maior influência sobre a comunidade científica e o livro e as cartas possuíam grande importância para a comunicação e transmissão do conhecimento produzido pelos investigadores. Entretanto, na fase paradigmática da física contemporânea, essas características são modificadas e uma maior importância foi dada aos artigos e manuais científicos em relação aos livros e cartas. Outra característica em contraste com o período pré-paradigmático é que o acesso aos conhecimentos e ao vocabulário profissional produzidos pela mesma restringe-se quase sempre aos profissionais da área.

1.3 Paradigmas e ciência normal

Logo no prefácio de *A Estrutura das revoluções científicas* (2001, p.12), Kuhn afirma que a presença do termo paradigma em sua obra deveu-se fundamentalmente ao contato que teve com uma comunidade de cientistas sociais no final da década de 50. Tal contato fez Kuhn perceber, sobretudo, a pluralidade e as particularidades existentes entre os diversos campos científicos.

Vejamos como isso ocorreu: no estágio final do desenvolvimento da *A estrutura das revoluções científicas* Kuhn foi convidado para passar o ano de 1958-1959 no Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences. Nesta

ocasião, teve a oportunidade de conviver, pela primeira vez, com uma comunidade composta predominantemente por cientistas sociais. A experiência fez Kuhn confrontar-se com problemas que ele não antecipara, relativos às diferenças entre essas comunidades e as dos cientistas ligados às ciências naturais, na qual fora formado. Durante esse período, Kuhn constatou, principalmente, o número e a extensão dos desacordos existentes entre os cientistas sociais no que diz respeito à natureza dos métodos e problemas científicos legítimos. Citando Kuhn:

“Tanto a história como meus conhecimentos fizeram-me duvidar de que os praticantes das ciências naturais possuam respostas mais firmes ou mais permanentes para tais questões do que seus colegas das ciências sociais. E contudo, de algum modo, a prática da astronomia, da física, da química ou da biologia normalmente não evocam as controvérsias sobre fundamentos que atualmente parecem endêmicas entre, por exemplo, psicólogos e sociólogos.”
(KUHN, 2001, p.13)

Ao tentar descobrir a fonte dessa diferença comportamental entre as comunidades de cientistas naturais e sociais, Kuhn (1974, p.381), buscou regras e os efeitos dessas sobre a conduta dos cientistas naturais. Regras aqui tem o sentido de um conjunto de preceitos ou regulamentos explícitos a serem seguidos. Supôs, a princípio, que a fonte das dessemelhanças entre os campos científicos fosse a natureza das regras existentes nessas disciplinas. Entretanto, durante o seu exame, não conseguiu localizar regras partilhadas, em número suficiente, que explicassem a conduta de investigação aproblemática de comunidades científicas de disciplinas como, por exemplo, a Física.

Contudo, em contrapartida Kuhn conseguiu identificar, ao invés de regras, determinados exemplos que eram partilhados pelos cientistas dessas especialidades e que inexistiam nas ciências sociais. Tais exemplos se diferenciavam das regras por serem tácitos e aplicados durante a prática bem sucedida da pesquisa científica:

“Estes exemplos eram os seus paradigmas e, como tais, eram essenciais para a sua investigação contínua. (...) Os exemplos partilhados podem desempenhar funções cognitivas comumente atribuídas a regras partilhadas. Quando tal acontece, o conhecimento desenvolve-se de maneira diferente do que sucede quando governado pelas regras.” (KUHN, 2001, p. 381)

O próprio Kuhn, na página 226 do posfácio da *Estrutura das revoluções científicas*, reconhece a relevância e a dificuldade de compreensão que cerca o termo paradigma: “Esse é o ponto mais obscuro e mais importante de meu texto original” (IBIDI, p. 226). Podemos afirmar, por exemplo, (IBID, p. 355), que “um paradigma é o que os membros de uma comunidade científica, e só eles partilham”. Uma comunidade científica pode ser definida como um grupo de investigadores que foram iniciados em uma mesma formação científica e possuem um modo de ver o mundo e de praticar determinada ciência quase consensual estritamente baseado em um paradigma:

“É da natureza do paradigma gozar de um monopólio em sua influência sobre o pensamento do cientista. O paradigma não tolera rivais: está incluído no conceito de paradigma de Kuhn a noção de que o cientista, enquanto se acha sob a sua influência, não pode pensar seriamente num paradigma rival”. (WAIKINS, 1979, p. 44)

Dessa forma, sob a influência de um único paradigma e de uma única visão de mundo e prática científica derivada do mesmo, uma comunidade de cientistas tende a divergir em escalar menor do que outra comunidade que foi formada através da coexistência de visões múltiplas a respeito da realidade e da ciência. Assim, a fonte da diferença entre o comportamento dos investigadores das comunidades de cientistas naturais em relação à conduta dos cientistas sociais é a presença de paradigmas. Kuhn constatou que quando partilhados por um grupo de cientistas, os paradigmas proporcionavam um maior consenso e a diminuição considerável das divergências e desacordos a respeito de questões fundamentais durante a investigação profissional. O consenso é produzido porque cada paradigma oferece apenas uma visão peculiar do que é o mundo e do que é a prática científica. Assim, ao invés de regras explícitas, como ele supôs a princípio, eram os paradigmas que contribuíam para uma maior consonância em relação ao modo de ver o mundo e praticar ciência das comunidades científicas. Desse modo:

“De um período pré-paradigmático, conotado por uma acumulação caótica de fatos, a prática científica se normaliza em torno da instituição de um paradigma, que representa uma mescla normativa de teoria e método. Um amálgama, no qual se juntam um espectro de postulados teóricos, uma determinada visão de mundo, dos modos de transmissão de conteúdos das ciências, além de uma série de técnicas de pesquisa. Durante essa fase normal, a função do cientista se limita à solução de quebra-cabeças, ou seja, à solução de problemas cujo horizonte teórico é garantido pelo paradigma.” (BORRADORI, 2003, p. 210-211)

Nesse contexto, as comunidades científicas guiadas por paradigmas possuem como característica o fato de que os participantes partilham, por exemplo, um mesmo modelo de treinamento técnico altamente especializado onde aprenderam os mesmos conceitos, técnicas, métodos e usos de instrumentos. Além disso, tais comunidades são caracterizadas, ainda, pela relativa abundância de comunicação *interna* e pela predominância da unanimidade do juízo grupal em matérias profissionais. “Numa dimensão notória, os membros de uma dada comunidade terão absorvido a mesma literatura e estruturado conclusões a partir dela”. (Kuhn, 2001, p.356)

Logo no início de *A estrutura das revoluções científicas* (2001), os paradigmas foram definidos como sendo “as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência”.(IBID, p.13). Assim, os paradigmas são entes históricos, que vigoram em uma ciência apenas durante determinado período de tempo. O período de vigência em que um paradigma rege a investigação científica em uma especialidade foi denominado por Kuhn de *ciência normal*. A ciência normal consiste em uma pesquisa mais especializada, autônoma e esotérica possibilitada através da aceitação de um paradigma por parte de uma comunidade científica:

“No entender de Kuhn, a ciência madura é uma sucessão de períodos normais e revoluções. Os períodos normais são monísticos; os cientistas tentam resolver enigmas resultantes da tentativa de ver o mundo em função de um único paradigma”. (FEYERABEND, 1979, p.262)

Portanto, caracteristicamente a ciência normal será firmemente baseada no paradigma em vigor. Durante sua vigência, a comunidade científica desempenha tarefas como, por exemplo, a resolução de problemas que a comunidade reconhece como relevantes disponibilizados pelo paradigma, a formação de novos cientistas e a criação e aperfeiçoamentos e aparelhos a serem utilizados durante a investigação profissional e *treinamento* científico. Os referidos problemas modelares, metaforicamente, foram comparados por Kuhn como sendo quebra-cabeças. Citando Kuhn:

“Os termos quebra-cabeça e solucionador de quebra cabeças colocam em evidencia vários dos temas que adquiriram uma importância crescente (...) quebra-cabeça indica, no sentido corriqueiro em que empregamos o termo, aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade ou habilidade na resolução de problemas. Os dicionários dão como exemplo de quebra-cabeça as expressões “jogo de quebra-cabeça” e “palavras cruzadas”. Precisamos agora isolar as características que esses exemplos partilham com os problemas da ciência normal. Acabamos de mencionar um desses traços comuns. O critério que estabelece a qualidade de um bom quebra-cabeça nada tem a ver com o fato de seu resultado ser intrinsecamente interessante ou importante. (...) Consideremos um jogo de quebra-cabeças cujas peças são selecionadas ao acaso em duas caixas contendo peças de jogos diferentes. Tal problema provavelmente colocará em cheque (embora isso não possa acontecer) o mais engenhoso dos homens e por isso não pode servir como teste para determinar a habilidade de resolver problemas. Este não é de forma alguma um quebra-cabeças no sentido usual do termo. O valor intrínseco não é critério para um quebra-cabeça. Já a certeza de que este possui uma solução pode ser considerado como tal”. (KUHN, 2001, p.59-60)

Desse modo, Kuhn expressa que a característica essencial dos problemas fornecidos pelos paradigmas é que todos eles podem ser resolvidos. Desse

modo, o cientista ao lidar com tais questões, tem a convicção de que estas não são insolúveis. Para Popper, um quebra-cabeça “não é um problema realmente fundamental que o cientista normal está preparado para enfrentar: é antes um problema de rotina, um problema de aplicação do que se aprendeu” (POPPER, 1979, p.65)

Tais problemas representarão a maior parte dos paradoxos, enigmas, desafios e motivações existentes durante a profissão de cientista. Destarte, não serão as fontes das grandes mudanças científicas. Isto porque eles são problemas exemplares e não contra-exemplos. Isso significa que a própria tradição gerada por um paradigma oferecerá modelos, aos cientistas, que se corretamente aplicados gerarão as próprias soluções para os quebra-cabeças da ciência normal. Desse modo, os quebra-cabeças podem ser compreendidos como sendo questões fornecidas, previstas ou antecipadas pelo paradigma, que não contrariam, nem contradizem a tradição científica vigente. Sobre a ciência normal, Fuller expressou:

“A ciência normal como Kuhn a descreveu é um processo de resolução de quebra-cabeças regulado pela lógica interna do paradigma sob o qual uma comunidade científica trabalha. Os membros desta comunidade personificam o ofício de um conhecimento especializado oriundo de uma certa maneira, dos tipos de instrumentos que eles usam e os problemas os quais são aplicados.” (FULLER, 2000, p. 24)

Para o que nos interessa, vale ressaltar que além dos quebra-cabeças, da ciência normal, os paradigmas fornecem também, toda uma estrutura de *treinamento* científico que orientará e formará os cientistas de uma

especialidade científica. O que inclui, por exemplo, a elaboração e a aplicação de manuais científicos caracteristicamente fundamentados na tradição científica originada pelo paradigma em vigência. Os cientistas de uma disciplina regida por um paradigma, nunca aprendem conceitos, leis e teorias de forma abstrata e isoladamente. Em lugar disso esses instrumentos intelectuais são, desde início, encontrados numa unidade histórica e pedagogicamente anterior, onde são apresentados juntamente com suas aplicações e através delas.

1.4 Paradigmas e treinamento científico

No texto *“On learning physics”* (2001), Kuhn amplia o debate sobre a construção do aprendizado em uma disciplina como a Física e fornece novas e importantes reflexões sobre o tema. Kuhn expõe que o vocabulário pelo qual um fenômeno de um campo como a Mecânica é descrito e explanado para um grupo de iniciantes é em si mesmo um produto histórico padronizado, finalmente desenvolvido e repetidamente transmitido de uma geração presente para suas sucessoras. Assim, o estudante, que ingressa em um campo como a Física, encontrará uma estrutura pedagógica que o familiarizará previamente, com o vocabulário profissional utilizado pelos profissionais de sua comunidade.

Nesse sentido, a exposição de uma terminologia newtoniana, por exemplo, não acontecerá antes dos estudantes assimilarem termos adequados para se referirem aos objetos da física e seus lugares no espaço e no tempo. Isso significa que antes deles adentrarem em determinados assuntos mais específicos, terão que assimilar um vocabulário suficiente para permitir uma

descrição quantitativa ao longo das trajetórias e análises das velocidades e acelerações de corpos em movimento. Essa assimilação léxica, portanto funciona como um pré-requisito para que a referida descrição quantitativa possa ser efetivada adequadamente pelos iniciados.

Na visão de Kuhn, ao menos de forma implícita, os estudantes devem dominar noções gerais como a que afirma, por exemplo, que o valor total de um corpo é a soma de suas partes. Quantitativamente uma questão como essa possui exemplos padrões que são apresentados repetitivamente aos neófitos que terminam por assimilá-la de maneira tácita. Isso faz com que os termos da mencionada afirmação podem ser todos assimilados sem o recurso à teoria newtoniana e os estudantes devem dominá-los antes mesmo da própria teoria ter sido aprendida.

Já outros itens do vocabulário requeridos pela “teoria”, como “força”, “massa”, “peso” e seus sentidos especificamente newtonianos poderão apenas ser adquiridos junto com a própria teoria. Na assimilação do termo “força”, na perspectiva newtoniana, as situações são muitas e bastante diversificadas no transcorrer do treinamento técnico científico. Elas podem incluir um esforço muscular ou o peso de corpos ou o estudo dos tipos de movimentos. Como no uso da força newtoniana, nem todos os movimentos significam a presença de referenciais, os exemplos que mostrem a força efetivada e os movimentos livres, são, portanto requeridos e específicos.

No processo através do qual os termos específicos a cada paradigma são assimilados, as definições jogam um papel secundário em relação aos problemas que são demonstrados exaustivamente nas comunidades orientadas por paradigmas. Eis o motivo: antes de serem definidos, os termos

são introduzidos por intermédio da exposição de exemplos para seu uso. Os referidos exemplos são providos e apresentados por alguém que já faz parte da comunidade e está atualizado em relação ao conhecimento vigente na mesma. Esse tipo de exposição frequentemente inclui experimentos nos laboratórios, de um ou mais exemplos de situações para visualizar os termos em questão sendo aplicados por alguém que já sabe como utilizá-los. Contudo, as demonstrações não necessitam ser concretas. As situações exemplares podem em vez disso, ser introduzidas por uma descrição conduzida a princípio nos termos tirados do vocabulário previamente disponibilizado, por exemplo, nos manuais científicos.

Os termos são ensinados através de demonstrações, de maneira direta ou por descrição de situações exclusivas onde eles podem ser aplicados com sucesso. O aprendizado resultante desse processo não é, entretanto, restrito a palavras isoladas, mas ao contexto na qual elas funcionam. Assim, quando são utilizadas frases ou descrições, durante o treinamento, o mundo e a linguagem, as substâncias e o vocabulário científicos serão simultaneamente e inseparadamente apresentados como em conjunto e não de maneira solitária.

Assim sendo, no processo de aprendizagem, a exposição de uma situação particular raramente ou mesmo nunca fornecerá informações suficientes que permita que um estudante utilize ou assimile um novo termo isoladamente. Durante o treinamento, uma grande quantidade e variedade de exemplos são requeridos freqüentemente acompanhados de situações aparentemente similares nas quais o mesmo vocabulário é utilizado. Dessa forma, os estudantes são mergulhados em sentenças ou declarações entre as quais são referidas como sendo leis da natureza. Entre as declarações

envolvidas no aprendizado, um termo previamente desconhecido é comumente apresentado junto com outros novos termos que podem enfim ser assimilados em conjunto com o primeiro. O processo de aprendizado assim pode ser comparado, diz Kuhn, a um jogo de novos termos estruturando um só vocabulário que os contém. Uma nova teoria sempre é anunciada juntamente com suas aplicações a uma determinada gama concreta de fenômenos naturais. Sem elas, diz Kuhn, não poderia nem mesmo candidatar-se à aceitação científica. Destarte, a aceitação de uma nova teoria ou parte dela poderá envolver experimentos científicos que explicitem suas aplicações. O trabalho de Einstein sobre o quantum de luz que abordou o efeito fotoelétrico, publicado no ano de 1905, exemplifica bem essa circunstância:

“Em 1905, o jovem físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), trabalhando então em um escritório de patentes (...) estava propondo que os fenômenos luminosos (...) poderiam ser considerados como compostos de pequenas partículas, ou grãos, de energia eletromagnética. Einstein retomava idéias que haviam sido propostas por Isaac Newton, em torno de 1700, mas que, no início do século XX apenas integravam o museu das antigas e obsoletas idéias da física.(...) Apoiado nessas idéias, ele desenvolveu cálculos com previsões experimentais bastante detalhadas sobre um fenômeno físico pouco estudado até então, o chamado efeito fotoelétrico (...) Conforme as previsões de Einstein, a energia dos elétrons emitidos deveria ser proporcional à frequência da luz incidente em vez de ser proporcional à sua intensidade, como aliás era esperado pela teoria do eletromagnetismo. Einstein retomava a expressão usada por Planck ($E = h.f$) afirmando que a luz era composta por grãos de energia eletromagnética, cujo valor é igual a $h.f$. . As previsões de Einstein foram submetidas a testes experimentais bastante precisos, culminando nos trabalhos do físico norte-americano Robert Milikan (1868-1953), publicados em 1916. Em seu laboratório, na Universidade de Chicago, Milikan confirmou as previsões de Einstein com uma margem de erro menor que 0,5%. (FREIRE, CARVALHO, 1997, p.27/29)

Pela sua importância, os historiadores da ciência consideram 1905 um ano diferencial, pois nele Einstein publicou três resultados fundamentais para a História da Física: o trabalho sobre quantum de luz, a teoria da relatividade e os cálculos sobre movimento browniano. Depois de demonstrada e aceita, aplicações como a do efeito fotoelétrico acompanham a teoria nos manuais onde futuros físicos aprenderão seu ofício. As aplicações não estão ali simplesmente como um adorno, ao contrário, o processo de aprendizado de uma teoria depende do estudo das aplicações, incluindo-se aí a prática na resolução de problemas, seja com lápis e papel, seja com instrumentos num laboratório:

“Se, por exemplo, o estudioso da dinâmica newtoniana descobrir o significado de termos como força, massa, espaço e tempo, será menos porque utilizou as definições incompletas (embora muitas vezes úteis) do seu manual, do que por ter observado e participado da aplicação desses conceitos à resolução de problemas” (KUHN, 2001, p.72)

Dessa maneira, o emprego prático dos modelos na resolução dos quebra-cabeças é o que habilita os estudantes, fundamentalmente, para o exercício profissional. Desse modo, o conhecimento científico seria absorvido de uma maneira mais tácita do que explícita em uma comunidade científica regida por um paradigma. Ou seja, os estudantes têm acesso aos modelos, mas não tem acesso direto à compreensão do conhecimento e aos princípios que os fundamentam. Sobre esse tipo de doação implícita e pouco crítica Popper desenvolveu o seguinte comentário:

“...o cientista normal, tal como Kuhn o descreve, é uma pessoa da qual devemos ter pena. (consonante as opiniões de Kuhn acerca da história da ciência, muitos grandes cientistas devem ter sido normais; entretanto, como não tenho pena deles, não creio que as opiniões de Kuhn estejam muito certas.) O cientista normal, a meu juízo, foi mal ensinado. Acredito, e muita gente acredita como eu, que todo o ensino de nível universitário (e se possível de nível inferior) devia consistir em educar e estimular o aluno a utilizar o pensamento crítico. O cientista normal, descrito por Kuhn, foi mal ensinado. Foi ensinado com espírito dogmático: é uma vítima da doutrinação. Aprendeu uma técnica que se pode aplicar sem que seja preciso perguntar a razão pela qual pode ser aplicada (sobretudo na mecânica quântica)”. (POPPER, 1979, p. 65)

Na visão de Popper, essa espécie de formação gera cientistas não muito críticos, que aceitam os dogmas dominantes e que não desejam contestá-los. São profissionais que desconhecem os motivos que justificam as aplicações dos métodos e técnicas que utilizam rotineiramente. Esse é uma das razões pelos quais podemos afirmar em consonância com Popper: que os mesmos foram mal ensinados. Esse treinamento técnico e suas características serão abordados e detalhados, com maior ênfase, nos capítulos dois e três desse trabalho.

Segundo Kuhn (2001, p. 46), também durante a ciência normal, muitas vezes complexos aparelhos especiais são projetados para aumentar a acuidade e a extensão do conhecimento sobre os fatos que o paradigma tornou merecedores de uma determinação mais precisa, numa variedade maior de situações. A invenção, a construção e até mesmo o aperfeiçoamento de tais instrumentos exige talentos de primeira ordem, além de muito tempo e um grande respaldo financeiro. “Os sincrótrons e os radiotelescópios são apenas exemplos mais recentes de até onde os investigadores estão dispostos a ir, se

um paradigma os assegurar da importância dos fatos que pesquisam” (Kuhn, 2001, p. 46). Isso significa que os fatos trazidos pelo paradigma serão sempre os mais importantes para a comunidade científica durante a pesquisa realizada durante a ciência normal. São esses fatos que provocam a idealização, a construção e o aperfeiçoamento de aparelhos para uso da comunidade. Portanto, o conhecimento gerado pelo paradigma estará diretamente implicado e associado com o trabalho de concepção da aparelhagem. Essa aparelhagem ilustra o esforço e a engenhosidade que foram necessárias para estabelecer um acordo cada vez mais estreito entre a natureza e as previsões do paradigma.

1.5 O estabelecimento das prioridades de um campo de estudo

Na opinião de Kuhn, o ambiente que existiu na Física pré-paradigmática é familiar a numerosos campos onde é mais freqüente o predomínio de invenções e descobertas. Contudo, esse não é o padrão de desenvolvimento que a Física contemporânea adquiriu depois da instituição de um paradigma:

“... quando pela primeira vez no desenvolvimento de uma ciência da natureza, (...) um grupo produz uma síntese capaz de atrair a maioria dos praticantes de ciência da geração seguinte, as escolas mais antigas começam a desaparecer gradualmente. Seu desaparecimento é em parte causado pela conversão de seus adeptos ao novo paradigma. (...) a criação de jornais especializados, a fundação de sociedades de especialistas e a reivindicação de um lugar especial nos currículos de estudo, tem geralmente estado associadas com o momento em que um grupo aceita pela primeira vez um paradigma único. (...) quando um cientista pode considerar um paradigma como certo, não tem mais necessidade, nos seus trabalhos mais importantes, de tentar

construir seu campo de estudos começando pelos primeiros princípios e justificando o uso de cada conceito introduzido. Isso pode ser deixado para autores de manuais. Mas dado o manual, o cientista criador pode começar a sua pesquisa onde o manual a interrompe e desse modo concentrar-se exclusivamente nos aspectos mais sutis e esotéricos dos fenômenos naturais que preocupam o grupo. Na medida em que fizer isso, seus relatórios de pesquisa começarão a mudar, seguindo tipos de evolução que tem sido muito pouco estudados, mas cujos resultados finais modernos são óbvios para todos e opressivos para muitos. Suas pesquisas já não serão habitualmente incorporadas a livros (...) em vez disso aparecerão sob a forma de artigos breves, dirigidos apenas aos colegas de profissão, homens que certamente conhecem o paradigma partilhado e que demonstram ser os únicos capazes de ler os escritos a eles endereçados". (KUHN, 2001, p.39-40)

Dessa forma, podemos dizer que a presença de um paradigma modificou substancialmente a estrutura e as diretrizes que determinaram o modo de ser da Física. E que a transição de uma ciência natural do universo pré-paradigmático para a pesquisa guiada por um paradigma representa o nascimento de uma atividade científica mais seletiva. Assim sendo, nada que existir além desses limites, será levado facilmente em consideração pelo grupo de investigadores. O paradigma representará, aos olhos dos cientistas, a fonte da mais alta forma de organização existente no interior da comunidade científica. O trabalho, o progresso e o sucesso da comunidade serão subordinados aos ríspidos limites estabelecidos pelo mesmo. Desse modo, tudo que não estiver nessas fronteiras, normalmente, será ignorado.

Kuhn (2001, p. 23) classificou o paradigma como um elemento centralizador que, dentre outros efeitos, reduz consideravelmente a liberdade dos cientistas e estabelece padrões e critérios específicos para a investigação científica. por conseqüência há uma grande diminuição de debates no interior

de uma ciência e uma construção, via treinamento técnico, de um ambiente de trabalho onde prevalecerá o consenso e a concordância em relação aos preceitos e aos métodos predispostos pelo paradigma. Com a ausência das discussões, outrora abundantes, a comunicação do grupo passará a ser cada vez mais discreta e esotérica. Dessa maneira haverá um maior isolamento da comunidade e do conhecimento científico em relação à sociedade e as outras ciências. Por efeito, prevalecerá o desinteresse em relação a uma divulgação científica mais ampla que pudesse difundir o conhecimento científico ao público leigo e aos profissionais de outras disciplinas.

O conhecimento científico permanecerá nos círculos fechados dessas comunidades. Assim, as informações que chegam aos iniciados, raramente despertarão algum interesse intrínseco para os que estão fora da profissão. Mesmo porque, estes conhecimentos são, em sua maioria, praticamente inacessíveis a esses. Esta característica faz, por exemplo, com que historiadores e divulgadores científicos dêem maior atenção aos episódios revolucionários, mais acessíveis, do que os resultados alcançados durante a pesquisa normal:

“Embora pessoas cultivadas como um grupo possam ficar fascinadas ao ouvir descrever o espectro das partículas elementares ou os processos de réplica molecular, em regra o seu interesse rapidamente fica exausto com uma apresentação das convicções que antemão estão na base da investigação desses problemas. O resultado do projeto de investigação individual é-lhes indiferente, e o seu interesse tem poucas probabilidades de voltar a ser despertado outra vez até que, como aconteceu com a não-conservação da paridade, a investigação inesperadamente leve a mudanças nas convicções que guiam a investigação. Sem dúvida essa é a razão pela qual tanto historiadores como os divulgadores devotaram tão grande parte de sua atenção aos episódios revolucionários de que resulta uma

mudança de paradigma e desprezaram tão completamente o tipo de trabalho que mesmo os maiores cientistas necessariamente fazem durante a maior parte do tempo” (KUHN, 1974, p. 68)

Outro aspecto é que a disposição criadora, a busca contínua por descobertas e novas invenções não é estimulada com a mesma intensidade na Física após o aparecimento de um paradigma quanto no período em que a disciplina era pré-paradigmática. Além disso, restringe-se a liberdade de escolha de observações, de métodos, de textos de referência e experiências que passam a ser demarcadas e centralizadas, quase que exclusivamente, nos limites rigorosos oferecidos pelo paradigma. A acumulação abundante e constante de fatos, predominante na fase pré-paradigmática, cessa e surge então, uma pesquisa em um campo de estudo científico fortemente disciplinado e fixado pelo paradigma.

Um paradigma traz para uma comunidade científica o consenso em relação ao modo de ver o mundo e de praticar ciência. Com o estabelecimento de uma pesquisa com uma característica consensual, uma comunidade científica começa, então a ajustar, refinar, ampliar e articular o paradigma, que, ante ao grupo, desempenhará a função de verdadeira “matriz disciplinar”. Disciplinar porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina particular; matriz porque é composta de elementos ordenados de várias espécies, cada um deles exigindo uma determinação mais pormenorizada.

Este é um sentido mais amplo que o termo paradigma denota e que abrange não apenas uma visão da natureza e dos fenômenos relevantes que

devem ser estudados, mas também dos métodos e estratégias apropriadas para se fazer isso. A matriz disciplinar é que é, então, aquela constelação de elementos teóricos, metodológicos e mesmo epistemológicos e metafísicos que caracteriza um paradigma desenvolvido.

Todos os objetos de compromisso grupal funcionam e formam um conjunto, que constitui a matriz disciplinar. Como elementos deste conjunto estão incluídos as generalizações simbólicas (empregadas sem discussões pelos membros do grupo e facilmente expressas em formas de símbolos como, por exemplo: $f=ma$), as crenças coletivas (como por exemplo, contidas em proposições como: o calor é a energia cinética das partes constituintes dos corpos.), os valores partilhados (como por exemplo, os valores utilizados para julgamentos de teorias), os exemplares (soluções concretas de problemas que os estudantes encontram desde o princípio de seu treinamento científico, seja nos laboratórios, exames ou no fim dos capítulos dos manuais científicos).

Orientados por um paradigma, os cientistas adotam instrumentos e conduzem seus olhares para uma nova direção proporcionada pelo mesmo. É como se os investigadores que viviam o período não-paradigmático, de uma ciência natural, literalmente, tivessem sido subitamente deslocados para um novo mundo, onde objetos passam a ser vistos sob uma luz dessemelhante. Deste modo, o grupo reage a um mundo distinto, bem mais seletivo e estreito do que o experimentado durante a fase pré-paradigmática². Esta é uma

² Kuhn, (2001, p. 146) comparou esta mudança perceptiva com as demonstrações relativas a uma alteração na forma visual (Gestalt). Aquilo que antes da presença de determinado paradigma aparece com um certo sentido para o investigador, transforma-se posteriormente em outro. Assim, para Kuhn, através da presença de um paradigma, os investigadores experimentam ver o mundo, definido por seus compromissos de pesquisa, de uma maneira diferente. Numa experiência da Gestalt, diz Kuhn, se um sujeito coloca óculos com lentes que invertem imagens, ele verá inicialmente os objetos, de uma sala, de cabeça para baixo. No começo o seu aparato perceptivo funcional tal como fora treinado, apresenta como resultado

mudança significativa, sobretudo, para estudantes que ingressarem em uma especialidade regida por um paradigma. A possibilidade de aderir a um conjunto de crenças e princípios disponibilizados por um paradigma faz com que, por exemplo, os iniciados, possam partir de um ponto do conhecimento comunitário, pré-estabelecido por meio do consenso da comunidade. Isso faz com que uma nova geração de cientistas não desempenhe a tarefa de eleger quais os problemas que devem ser abordados pela comunidade e quais devem ser evitados ou mesmo criar ou reconstruir fundamentos primordiais de em um campo científico. Assim sendo, depois de efetuada a adesão, diminuem consideravelmente as situações que geravam os desacordos e os debates que impulsionavam a criatividade e muitas das invenções verificadas na realidade pré-paradigmática. Estas passam a ser exceções à regra e episódios raros.

Assim, em uma ciência, devido à presença do paradigma, desde o treinamento científico não haverá espaço para ambientes de pesquisa díspares entre si. Em disciplinas como a Física contemporânea, o paradigma comunitário proporciona ao estudante exatamente que tipo de perguntas e respostas que ele terá que produzir, em situações específicas. Essas respostas estão firmemente embutidas na iniciação profissional que prepara e autoriza os educandos para a prática científica. Uma vez que essa educação é rigorosa, essas respostas chegam a exercer uma influência profunda sobre o espírito científico.

uma desorientação extrema, uma intensa crise pessoal. Mas logo que o sujeito começa a aprender a lidar com o seu novo mundo, todo o seu campo visual se altera, em geral após um período intermediário durante o qual a visão se encontra simplesmente confundida. A partir daí, os objetos são novamente vistos como antes da utilização das lentes. A assimilação de um campo visual anteriormente anômalo reagiu sobre o próprio campo e modificou-o. neste exemplo, o homem acostumado às lentes invertidas experimentou uma transformação profunda na sua percepção. De acordo com Kuhn, algo semelhante acontece com os investigadores, de determinada especialidade, quando há o aparecimento de um novo paradigma.

O fato de as respostas poderem ter esse papel demonstra a eficiência peculiar da atividade de pesquisa normal. Além disso, durante o treinamento científico estas respostas informam, aos estudantes, sobre quais as questões sobre a natureza que podem legitimamente ser postas e sobre as técnicas que podem ser devidamente aplicadas na busca de soluções. Assim sendo, em vista das poucas opções que lhe são dadas no período de sua formação, os futuros investigadores, gradativamente desenvolvem a convicção de que realmente conhecem o mundo a ser investigado e naturalmente tenderão a rejeitar qualquer outra forma de realidade que divirja da assimilada no transcurso do treinamento científico. O ajustamento entre um paradigma à natureza com freqüência ocupará os melhores talentos de uma nova geração de cientistas. A adesão às bases fornecidas pelo paradigma é produzida de maneira tão intensa durante o treinamento científico, que quando durante a profissão houver necessidade, os investigadores se esforçarão, usando toda a sua capacidade e conhecimento numa tentativa para pôr o paradigma cada vez mais de acordo com a natureza ao invés de simplesmente rejeitá-lo ou abandoná-lo. Esta tarefa será mais intensa, por exemplo, durante as fases iniciais de desenvolvimento de um paradigma, onde há grande esforço para torná-lo mais preciso em áreas que a formulação original fora, como não podia deixar de ser, vaga.

A pesquisa normal estará mais dirigida para a articulação dos fenômenos e teorias vigentes. E isto só é possível, por causa da adesão profunda ao paradigma, principiada ainda durante o período de formação profissional. Assim, em períodos de crise, a comunidade tenderá a manter a

adesão, preservando assim a base do seu modo de vida profissional. Citando Kuhn:

“A experiência mostra que, em quase todos os casos, os esforços repetidos, quer do indivíduo quer do grupo profissional, acabam finalmente por produzir, dentro do âmbito do paradigma, uma solução mesmo para os problemas mais difíceis. Esta é uma das maneiras como a ciência avança. Nessas condições devemos surpreender-nos com a resistência à mudança de paradigmas? O que eles estão defendendo é, no fim de contas, nem mais nem menos do que a base do seu modo de vida profissional.” (KUHN, 1974, p.72)

Essa resistência é uma evidente vantagem para uma comunidade, já que proporciona soluções para os enigmas mais desafiadores enfrentados pelo grupo. A adesão a um paradigma é realizada, gradualmente através do contato do estudante com o treinamento científico, proporcionado pelas especialidades orientadas por um paradigma. Somente após determinado percurso é que um estudante poderá se tornar, de fato, um participante destas especialidades. Há uma segunda característica da adesão, relativa à unanimidade com que é partilhada por cientistas de uma comunidade desenvolvida, que também favorece e possibilita o surgimento de novidades nos fatos e teorias científicas.

Citando Kuhn:

“... essa adesão tem um segundo papel na investigação que é algo incompatível com o primeiro. A força que ela tem e a unanimidade com que é partilhada pelo grupo profissional fornecem ao cientista individual um detector imensamente sensível dos focos de dificuldades donde surgem inevitavelmente as inovações importantes nos fatos e nas teorias. Nas ciências a

maior parte das descobertas de fatos inesperados e todas as inovações fundamentais da teoria são respostas a um fracasso prévio usando as regras do jogo estabelecido. Portanto, embora uma adesão quase dogmática seja, por um lado, uma fonte de resistência e controvérsia, é também um instrumento inestimável que faz das ciências a atividade humana mais consistentemente revolucionária”. (IBID, 1974, p.56)

Desse modo, a adesão a uma maneira particular de ver o mundo e praticar uma ciência, é um atributo essencial que influencia e determina o comportamento dos indivíduos no interior das comunidades científicas naturais contemporâneas, seja no período de atividade normal ou revolucionária destas ciências. Esta adesão é substituída, de tempos em tempos por outra, mas nunca pode ser facilmente abandonada, conferindo períodos longos de estabilidade e segurança para o desenvolvimento das pesquisas em um campo científico paradigmático.

2 UM TREINAMENTO BASEADO QUASE QUE EXCLUSIVAMENTE EM MANUAIS CIENTÍFICOS

2.1 Paradigmas e história

Nas ciências regidas por paradigmas, manuais são instrumentos fundamentais para a formação de uma nova geração de cientistas nas comunidades regidas por paradigmas. Tipicamente são constituídos pelo conhecimento mais recente e atualizado que existe em determinada comunidade científica. Tal conteúdo é dividido em capítulos e formado pelas noções fundamentais, soluções, regras e métodos derivados do paradigma vigente. Os capítulos existentes nos manuais apresentam frequentemente a seguinte estrutura: são iniciados por um texto onde são explicitados exemplos de problemas e suas respectivas fórmulas. As fórmulas são expressões a serem aplicadas na resolução desses problemas. Na seqüência há a conclusão do capítulo. Esta é caracterizada por exercícios de fixação formados por enunciados que trazem problemas que se assemelham aos que foram vistos pelos estudantes na introdução. Durante a graduação, o contato com essas questões será exaustivo e familiarizará o estudante em relação à investigação profissional. A seguir daremos maiores detalhes sobre os manuais científicos e suas aplicações durante a formação de novos cientistas.

O esquema de treinamento sistemático dos manuais, não existia em nenhuma parte e em nenhuma ciência com exceção talvez da Matemática elementar, até o começo do século XIX. Antes desta época já um certo número

de especialidades claramente evidenciava, e em certos casos desde bastante tempo, muitas características especiais presentes nos treinamentos científicos contemporâneos.

Onde ainda não existiam manuais, já havia com frequência paradigmas universais aceitos para a prática das varias disciplinas. Esses se tornaram possíveis a partir de feitos descritos em livros que todos os praticantes num dado campo conheciam intimamente e admiravam, feitos que forneciam os modelos para as suas próprias investigações, soluções de problemas e padrões para avaliar os seus resultados. Os exemplos mencionados, por Kuhn, são: *a Physica de Aristóteles*, *o Almagesta de Ptolomeu*, *os Principia e a Opticks de Newton*, *a Eletricidade de Franklin*, *a Química de Lavoisier* e *a Geologia de Lyell* (KUHN, 1974, p.59). Tais obras e muitas outras foram utilizadas durante algum tempo, para definir os problemas legítimos e os métodos de investigação para as sucessivas gerações de praticantes. No seu tempo, cada um desses livros, juntamente com outros escritos segundo o modelo iniciado por eles, desempenhou no seu domínio mais ou menos a mesma função que tem hoje os manuais contemporâneos da física. Obras como, por exemplo, *a Química de Lavoisier*, são considerados clássicos. Clássico aqui significa uma obra tradicional que pode ser utilizada como modelo em determinada disciplina. Assim sendo, poder-se-ia pensar que elas simplesmente se assemelham aos outros clássicos de outros campos como, por exemplo, a obra *Riqueza das Nações* de Adam Smith. Porém, tratando a referida obra de Lavoisier, ou esses feitos que estão por traz dela, como paradigmas em vez de clássicos, perceberíamos algo especial nelas que as coloca à parte mesmo de outros clássicos, ao menos para os investigadores da

química. Em qualquer época os praticantes de uma especialidade que não possui paradigmas ou mesmo de uma área não científica, como literatura, poderão, durante a sua formação, conhecer numerosos clássicos, por vezes, praticamente incompatíveis entre si. Entretanto em uma comunidade regida por um paradigma, as alternativas didáticas são bem mais escassas. Assim, em comparação a especialidades como a das Artes plásticas, onde indivíduos podem estudar e se inspirar nas obras de Rembrandt e Cézanne, a comunidade dos astrônomos, no passado da disciplina, não teve tantas opções senão a de escolher apenas um entre os modelos em competição fornecidos por Copérnico e Ptolomeu. Além disso, uma vez feita à escolha, os astrônomos passaram a não dar a mesma atenção de outrora, à obra que tinham rejeitado. Desde o século XVI só houve duas edições completas do *Almagesta*, ambas produzidas no século XIX e dirigidas exclusivamente aos acadêmicos.

Na fase pré-paradigmática de ciências como a Física e a Química, o livro, em oposição ao artigo científico e manuais, possuiu a mesma relação com a realização profissional que caracteriza, ainda hoje, campos como a Filosofia e a Sociologia. Na Filosofia, por exemplo, uma geração de estudantes é educada através do contato direto com as obras clássicas da disciplina que datam de épocas diferentes da história. Assim, um estudante, de Filosofia, frequentemente pode durante a sua formação ter contato com escritos de Platão e Aristóteles que datam da Antiguidade, de Agostinho e Tomás de Aquino que datam da Idade Média, de Descartes e Schopenhauer que datam da Modernidade e de Sartre e Kuhn que datam da Contemporaneidade. Nesse tipo de ensino, os estudantes não desprezam os escritos mais antigos, nem deixam de lado as contribuições de medievais, modernos e contemporâneos.

Dessa maneira, em disciplinas como a Filosofia, um museu ou uma biblioteca de clássicos sempre despertarão o interesse de estudantes dessa especialidade. Já na Física contemporânea praticamente inexistem uma função equivalente a de um museu de arte ou uma biblioteca de clássicos. Assim, embora haja exceções, frequentemente a história tem ocupado um papel secundário nessa disciplina.

Entretanto, ao contrário da Física em uma especialidade como a Psicologia o interesse em relação à história, mostra-se maior. Essa característica faz com que a visão dos psicólogos não seja tão restrita ao conhecimento contemporâneo de sua área. Citando Duane Schultz e Sydney Schultz:

“... o interesse dos psicólogos pela história do seu campo levou a sua formalização como área de estudo. (...) Em 1965, foi criada uma revista multidisciplinar, o *Journal of the History of the Behavioral Sciences* (...) no mesmo ano foram fundados os *Archives of the History of American Psychology*, na Universidade de Akron, Ohio, para servir às necessidades dos pesquisadores mediante a reunião e preservação de dados de pesquisa sobre a história da psicologia. Em 1966, foi tomada no âmbito da APA a Divisão de História da Psicologia (Divisão 26) e, em 1969, foi fundada a International Society for the History of the behavioral and Social Sciences (a Cheiron Society). Organizações para o estudo da História da psicologia tem sido estabelecidas no Canadá, na Grã-Bretanha, na Alemanha e em outros países. Várias universidades oferecem pós-graduação em história da psicologia, e há um programa de doutorado nessa área na Universidade de New Hampshire. O aumento do número de manuais, monografias, biografias, artigos de revistas, encontros profissionais, obras traduzidas e fontes de pesquisa em arquivos reflete a importância que os psicólogos atribuem ao estudo da história da psicologia.” (SHULTZ, 1981, p.20)

O grande valor da história, para a comunidade de Psicologia, evidencia que muitas das interrogações feitas, no passado da disciplina, ainda permanecem relevantes na contemporaneidade, o que revela a existência de uma longa continuidade de problemas nesse campo. Nesse contexto, a utilização de livros é freqüente e promove o contato do estudante com a história de sua especialidade. Assim, como acontece na Filosofia, durante a sua formação, um psicólogo pode ter acesso aos escritos clássicos de sua disciplina como, por exemplo, as obras de Freud, Wundt, William James, Spencer, John Dewey, Skinner, dentre outros. Todavia, na fase pré-paradigmática da Física, o livro também representou um instrumento fundamental bastante utilizado durante a formação e treinamento dos físicos. Na opinião de Margareth Mastermam, a ausência de paradigmas em uma especialidade apresenta:

“...um estado de coisas que se observa logo no princípio do processo reflexivo sobre qualquer aspecto do mundo, isto é, na fase em que não existe paradigma. Sobre esse estado de coisas diz Kuhn (...) que nele só os fatos facilmente acessíveis são coligidos, e assim mesmo de forma casual, a não ser que a tecnologia tenha tornado acessíveis alguns fatos mais recônditos; que isso acontece porque, nessa fase, todos os fatos parecem igualmente importantes; e que conjuntos de fatos diferentes, mas imbricados, são interpretados de maneiras diferentes, metafísicas e quase irreais. Ele diz mais (...) que pode haver uma espécie de pesquisa científica sem paradigma, mas que não é esotérica; e (...) que numa pesquisa dessa natureza embora profissionais de campo fossem cientistas, o resultado líquido da atividade era algo menos do que ciência. Observa ainda (...) que, em tais situações, o livro (em oposição ao artigo) possui a mesma relação com a realização profissional que ainda conserva em outros campos criativos; que todo cientista recomeça do princípio (...) que há um número de escolas concorrentes que dirigem suas publicações essencialmente umas contra as outras (...) que há uma contínua discussão filosófica sobre questões fundamentais (...) e nenhum progresso (...)”. (MASTERMAN, 1979, p.89/90)

Entretanto, há casos onde ao dirigirem suas publicações essencialmente uns aos outros e participarem uma contínua discussão filosófica sobre questões fundamentais os investigadores experimentaram o progresso significativo em sua ciência. Em grupos científicos onde exista senso crítico, discussão e influência de idéias filosóficas poderão surgir, por exemplo, os climas intelectuais, para a formação de novas concepções e teorias científicas. A formação da moderna teoria quântica fornece um bom exemplo, na história da Física, onde as idéias filosóficas tiveram um papel importante:

“Naquela que talvez seja a mais original e sugestiva das seções de seu livro *The Conceptual Development of Quantum mechanics*, Max Jammer assegura que certas idéias filosóficas do século XIX não apenas prepararam o clima intelectual para a formação das novas concepções da moderna teoria quântica, mas contribuíram decisivamente para ela, especificamente, o contingentismo, o existencialismo, o pragmatismo e o empirismo lógico surgiram em reação ao racionalismo tradicional e a metafísica convencional (...) A afirmação que faziam de uma concepção concreta da vida e sua rejeição de um intelectualismo abstrato culminaram em sua doutrina de livre-arbítrio, na recusa do determinismo mecanicista ou da causalidade metafísica. Unidas na rejeição da causalidade, apesar de não o fazerem nas mesmas bases, tais correntes de pensamento prepararam, por assim dizer, o pano-de-fundo filosófico para a mecânica quântica moderna. Elas contribuíram com sugestões no estágio formativo do novo esquema conceitual e depois promoveram sua aceitação.” (FORMAN, 1983, p.6)

O contexto a que se refere o trecho acima é o do final da primeira guerra mundial onde um grande número de cientistas alemães, sob a influência de correntes de pensamentos, distanciou-se da causalidade na física ou a repudiou explicitamente. Segundo Forman (1983, p.10), os físicos alemães,

deste período, esperavam uma conclusão vitoriosa da primeira guerra mundial. Eles sentiam-se auto-satisfeitos por suas contribuições aos sucessos militares da Alemanha e tinham a expectativa do após-guerra ser um ambiente político e intelectual favorável à prosperidade e ao progresso da sua disciplina. Entretanto, com a derrota alemã, os físicos passaram a experimentar uma queda de prestígio em relação à escala pública de valores. Foi o momento em que se instaurou na Alemanha a *República de Weimar*, caracterizada pelo sistema de governo parlamentarista democrático. Foi também a época em que as ciências naturais, sobretudo a Física, foram em parte culpadas pela crise experimentada, pelos alemães, ao final do conflito. Segundo Forman (1983, p. 97-98), o ambiente intelectual existente na *República de Weimar* era explicitamente desfavorável à causalidade. Na opinião do autor, parece difícil negar que as mudanças na ideologia científica, e as alterações da doutrina científica constituíram, na prática, adaptações ao meio intelectual de *Weimar*. Sejam quais forem as semelhanças que se possam encontrar na postura mental de cientistas exatos não-alemães nesse mesmo período, há uma peculiaridade que não é possível detectar fora da esfera cultural alemã: o repúdio à causalidade que caracterizou, fundamentalmente, o período. De acordo com o autor, a conferência que o físico alemão Wien realizou, em 1918, denominada *Física e Tecnologia* tinha como tema básico e interminavelmente exemplificado o apoio e o estímulo que as áreas da Filosofia e da Física receberam um do outro, e que deveriam continuar a receber no futuro. Tal conferência, evidencia a contínua discussão filosófica sobre questões fundamentais que caracterizou o período e que contribuíram para o progresso da moderna teoria quântica.

2.2 O esquema de treinamento sistemático dos manuais

Trato agora de examinar o esquema de treinamento através do qual a já mencionada adesão ao paradigma é disseminada, via educação, por uma geração de profissionais à geração seguinte. Essa adesão, entretanto, não estará fixada de uma vez para sempre e terá que ser reeducada, por exemplo, nos momentos em que a tradição científica normal, passar por mudanças. Sobre essas transformações de visões de mundo, experimentadas por estudantes e investigadores, Kuhn expressou que:

“... transformações dessa natureza, embora usualmente sejam mais graduais e quase sempre irreversíveis, acompanham comumente o treinamento científico. Ao olhar uma carta topográfica, o estudante vê linhas sobre o papel; o cartográfico vê a representação de um terreno. Ao olhar uma fotografia da câmara de Wilson, o estudante vê linhas interrompidas e confusas; o físico um registro de eventos subnucleares que lhe são familiares. Somente após varias transformações de visão é que o estudante se torna um habitante do mundo do cientista vê e respondendo como o cientista responde. Contudo este mundo no qual o estudante penetra não está fixado de uma vez por todas, seja pela natureza do meio ambiente, seja pela ciência. Em vez disso, ele é determinado conjuntamente pelo meio ambiente e pela tradição específica de ciência normal na qual o estudante foi treinado. Consequentemente, em períodos de revolução quando a tradição científica normal muda, a percepção que o cientista tem de seu meio ambiente deve ser reeducada. – deve aprender a ver uma nova forma (Gestalt) em algumas situações com as quais já está familiarizado. Depois de fazê-lo, o mundo de suas pesquisas parecerá, aqui e ali, incomensurável com o que habitava anteriormente. Esta é uma outra razão pela qual escolas guiadas por paradigmas diferentes estão sempre em ligeiro desacordo.” (KUHN, 2001, P.146)

A exclusividade dos manuais possui uma função essencial para a construção das convicções dos jovens cientistas. A partir do momento que aderem a um paradigma, os investigadores passam a adotar uma atitude intelectual onde, na maior parte do trabalho científico, não se duvidará nem se questionará os modelos alegados e afirmados pelas diretrizes paradigmáticas. Essa predisposição é reforçada durante o período de formação profissional, onde os estudantes das especialidades paradigmáticas raramente têm contato com a história do seu campo. Entretanto, esse afastamento da história científica reflete, sobretudo, a prioridade com a qual um paradigma e suas diretrizes possuem em relação a outras do passado de uma disciplina. O pouco de história existente nos manuais científicos contemporâneos apresenta, aos estudantes, os fatos históricos a partir do ponto de vista privilegiado do presente: “Disso resulta uma tendência persistente a fazer com que a história da ciência pareça linear e cumulativa” (KUHN, 2001, p. 176).

Caso houvesse o contato com os clássicos originais da história do seu campo, os estudantes poderiam, por exemplo, descobrir outros modos de contemplar as questões discutidas nos prontuários distintas das ditadas pelo paradigma. Também poderiam se deparar com problemas, conceitos e soluções padronizados que a sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu. Esta característica peculiar, encontrada nas ciências que possuem paradigmas, afasta os estudantes de ciências naturais de problemas, teorias, conceitos e soluções que caracterizaram e diferenciaram o passado da especialidade. Isto explica o motivo dos manuais não trazerem de volta questões que a profissão há muito tempo pôs de lado e substituiu. Esse fator propicia, aos iniciados, um ambiente adequado para a aderência a um só modo

de exercer a atividade científica, que será notadamente estruturada sobre as diretrizes paradigmáticas contemporâneas. Assim sendo, os compêndios científicos são organizados de modo que, ao final de sua formação, o jovem cientista tenha adquirido o mesmo comportamento profissional dos membros da especialidade na qual está ingressando. Nos manuais a presença de dados históricos, de informações sobre revoluções ou outras diretrizes paradigmáticas distintas das provenientes do paradigma vigente, poderiam gerar modos diferentes de se comportar em um mesmo grupo. Além disso, comprometeria a reprodução de comportamentos específicos pelos membros na comunidade.

Desse modo, uma das características fundamentais existentes nos manuais é que neles as revoluções científicas são imperceptíveis ou mesmo invisíveis para estudantes e cientistas. Mas isso não é resultado de uma estratégia maquiavélica da comunidade; mas sim fruto de intensos debates e comunicações firmados pelos cientistas em momentos críticos e revolucionários que envolveram a especialidade. Apesar de encobrirem os episódios revolucionários, os manuais são produzidos sempre a partir dos resultados da última revolução científica. Eles servem de base para uma nova tradição de ciência normal e devem comunicar o vocabulário e a sintaxe de uma linguagem científica contemporânea, pondo em evidência as bases da tradição científica corrente. Deste modo, se constituem em veículos pedagógicos, utilizados pelas comunidades amadurecidas, especificamente, para perpetuar a ciência normal mais atualizada. O prefácio da obra *Ótica* de Eugene Hecht ilustra bem essa tendência de privilegiar a atualização do conhecimento científico nos manuais aplicados durante a graduação:

“Esta (...) edição foi determinada por dois tipos de fatores: por um lado era necessário incorporar a experiência pedagógica adquirida ao longo dos últimos doze anos; por outro lado, não se podia atrasar mais a atualização científica do livro, posta em causa pela evolução muito rápida da ótica nos últimos tempos. Algumas sessões foram reorganizadas, outras reduzidas, várias desenvolvidas, procurando-se melhorar e atualizar a exposição com novos gráficos, esquemas, fotografias e textos. (...) Aceitando também o princípio de que uma figura substitui com vantagem milhares de palavras, introduziram-se novas ilustrações de apoio ao tratamento da ótica geométrica (...) para facilitar a compreensão do traçado de raios e a formação de imagens. A abordagem que nessa edição se faz sobre as fibras óticas não deve surpreender ninguém, pois era fundamental incluir os progressos mais recentes da última década.” (HECHT, 1991, p. 1)

Para que se mantenham atualizados, os manuais devem ser imediatamente parcial ou totalmente reescritos toda vez que a linguagem, a estrutura dos problemas ou as normas da mesma se modifiquem por decorrência de uma revolução científica. Após serem reescritos, devem dissimular tanto o papel desempenhado, como a existência da revolução que o motivou. Ao agir desta forma, a comunidade científica contemporânea afirma, preserva e faz prevalecer seus valores em relação a outras tradições científicas que existiram no passado da disciplina. Por essa razão, a menos que um cientista tenha experimentado pessoalmente uma revolução durante a sua existência, o seu sentido histórico englobará frequentemente, apenas os resultados mais recentes das revoluções do seu campo de interesse. Em outro aspecto, esta visão histórica limitada produzirá poucas desavenças nos julgamentos e comportamentos de cada membro do grupo, afastando a possibilidade de coexistência de vários modos de ver o mundo e praticar ciência dentro de uma mesma especialidade. Assim sendo, os manuais, premeditadamente, não irão

explicitar os episódios revolucionários científicos e seus típicos desacordos desarmônicos. Neles, a ciência será apresentada, a uma nova geração, sem rupturas e aparecerá com propriedades de uma atividade essencialmente contínua e que evoluiu cumulativamente ao longo da história. Por exemplo, no manual *Ótica*, Eugene Hecht apresenta um primeiro capítulo introdutório denominado *a história da Ótica* onde a física é apresentada como uma atividade onde as contribuições, realizadas ao longo do tempo, lembram de forma metafórica, a adição de tijolos em uma construção. Citando Hecht:

“Não se conhece exatamente o inventor do telescópio dióptrico; nos arquivos da cidade de Haia, está registrado um pedido de patente para um tal telescópio, com a data de 2 de outubro de 1608, por um fabricante de óculos holandês chamado Hans Lippershey (1587-1619). Galileu Galilei, em Pádua ouviu falar nesta invenção e, em alguns meses, construiu o seu próprio aparelho, polindo ele mesmo as lentes à mão. O microscópio composto foi inventado na mesma altura pelo holandês Zacharias Janssen (1588-1632). A objetiva côncava do microscópio foi substituída por uma lente convexa por Francisco Fontana (1580-1656), de Nápoles, e uma mudança semelhante, no telescópio, é devida a Johannes Kepler (1571-1630). Em 1631, Kepler publicou a *Dioptrics*. Tinha descoberto a reflexão interna total e obtido a aproximação para pequenos ângulos da lei de refração, no qual os ângulos de incidência e de refração são proporcionais. (...) Willebrord Snell (1591-1626), professor em Leyden, descobriu experimentalmente, em 1621, a lei da refração (há tanto procurada). (...) René Descartes (1596-1650) publicou pela primeira vez a formulação da lei da refração em termos de senos, hoje tão familiar. (...) Pierre de Fermat (1601-1665), (...) deduziu também a lei da reflexão, com base em seu princípio do tempo mínimo (1657). (...) Robert Hooke (1635-1703) experimentalista na Royal Society, (...) foi o primeiro a estudar os padrões de interferência coloridos gerados por películas delgadas (*micrographia*, 1665); (...) Isaac Newton (1642-1727) nasceu pouco menos de um ano da morte de Galileu. (...) Newton concluiu que a luz branca devia ser composta por uma mistura de toda uma gama de cores independentes. Defendeu que os corpúsculos de luz associados às várias cores geravam no éter vibrações características. (...) a teoria ondulatória renasceu nas

mãos de Thomas Young (1773-1829), um dos principais personagens do século XIX.” (HECHT, 1991, p.2-5)

Notemos que a narração é caracteristicamente consecutiva e mostra os investigadores desde o século XVI até o século XVIII como participantes de uma via, ininterrupta, construída ao longo de toda a história da Física. Nessa narrativa não detectamos nem desacordos, nem divergências fundamentais entre eles ou qualquer grupo. O contexto cultural, as restrições, as pressões sociais, o trabalho coletivo de cada escola ou comunidade científica, as características do empreendimento científico de cada período mencionado, não é explicitado, o que acaba restringindo uma maior amplitude histórica dos acontecimentos. Nessa conjuntura, episódios revolucionários, transformações fundamentais e as crises peculiares de cada transição são imperceptíveis durante toda a narrativa.

Porém é preciso preencher nos manuais a lacuna deixada pelos episódios revolucionários. As comunidades científicas resolverão esta questão através da substituição de elementos: no lugar de revoluções, os futuros investigadores encontrarão referências dispersas sobre heróis ou grandes gênios de uma época anterior. No capítulo introdutório do manual de Hecht, por exemplo, os investigadores da Ótica surgem na narrativa como grandes personagens ou heróis que por esforços quase particulares possibilitaram a trilha contínua da evolução da Física. A menção “Thomas Young (1773-1829), um dos principais personagens do século XIX” *ilustra bem essa característica*. Essas referências, por exemplo, produzem nos profissionais e estudantes uma

sensação que os fazem pensar que estão participando de uma longa e cumulativa tradição histórica, que na realidade nunca existiu. Citando Kuhn:

“... os manuais começam truncando a compreensão do cientista a respeito da história de sua própria disciplina e em seguida fornecem um substituto para aquilo que eliminaram. É característica dos manuais científicos conterem apenas um pouco de história, seja um capítulo introdutório, seja, como acontece mais frequentemente, em referências dispersas aos grandes heróis de uma época anterior. Através dessas referências, tanto os estudantes como os profissionais sentem-se participando de uma longa tradição histórica. Contudo, a tradição derivada dos manuais, da qual os cientistas sentem-se participantes, jamais existiu” (KUHN, 2001, p. 176).

Por motivos funcionais, os manuais científicos precisam ser seletivos e por isto, referem-se somente as partes do trabalho de antigos cientistas que podem facilmente ser consideradas e articuladas como contribuições ao enunciado e à solução dos problemas apresentados pelo novo paradigma nos prontuários. Desta forma, por seleção de fatos históricos, os cientistas de épocas anteriores são implicitamente apresentados como se tivessem trabalhado sempre sobre o mesmo conjunto de problemas fixos e utilizado o mesmo conjunto de soluções que a revolução mais recente fez parecerem científicas, por exemplo:

“(...) os três informes incompatíveis de Dalton sobre o desenvolvimento do seu atomicismo químico dão a impressão de que ele estava interessado, desde muito cedo, precisamente naqueles problemas químicos referentes às proporções de combinação, cuja posterior solução o tornaria famoso. Na realidade, esses problemas parecem ter-lhe ocorrido juntamente com suas soluções e, mesmo assim, não antes que seu próprio trabalho criador estivesse quase totalmente completado. O que

todos relatos de Dalton omitem são os efeitos revolucionários resultantes da aplicação da química a um conjunto de questões e conceitos anteriormente restritos à Física e à meteorologia. Foi isto que Dalton fez; o resultado foi uma reorientação no modo de conceber a Química, reorientação que ensinou aos Químicos como colocar novas questões e retirar conclusões novas de dados antigos.” (KUHN, 2001, p. 177)

Outro aspecto relevante é que, a cada revolução, os manuais e as tradições históricas neles explícitas precisam ser criteriosamente ajustadas. E este ajuste faz com que nos livros-texto das comunidades amadurecidas, a ciência assumia feições essencialmente cumulativas. Ela é apresentada como sendo uma atividade com um desenvolvimento linear sempre em direção ao ponto de vista privilegiado do presente. Esse modo, característico, de reescrever a história ocultando os episódios históricos revolucionários, privilegiando o presente só é possível porque, no período da ciência normal, os resultados da pesquisa não revelam nenhuma dependência óbvia com relação ao contexto histórico da mesma e a posição contemporânea do cientista parece segura, pois não há crise nem instabilidades. Com isto, a depreciação dos fatos históricos pode ser densamente e funcionalmente enraizada na ideologia da profissão científica.

Citando Kuhn:

“... Exceto durante as crises a posição contemporânea do cientista parece muito segura. Multiplicar os detalhes históricos sobre o presente ou o passado da ciência, ou aumentar a importância dos detalhes históricos apresentados, não conseguiria mais do que conceder um status artificial a idiosincrasia, ao erro e a confusão humanos (...) A depreciação dos fatos históricos está profunda e provavelmente funcionalmente enraizada na ideologia da profissão científica, a mesma profissão que atribui o mais alto valor possível a detalhes factuais de outras espécies (...) disso

resulta uma tendência persistente a fazer com que a história da ciência pareça linear e cumulativa, tendência que chega a afetar mesmo os cientistas que examinam retrospectivamente suas próprias pesquisas” (KUHN, 2001, p. 176).

Ao ocultarem os episódios revolucionários, os manuais tornam linear o desenvolvimento da ciência e acabam escondendo das novas gerações os processos que estão nas raízes dos episódios mais significativos do desenvolvimento científico. Por conseguinte, prontuários trazem na sua constituição, deformidades históricas que visam cumprir o objetivo de encobrir revoluções científicas para uma nova geração de cientistas.

Outra função essencial do emprego de manuais compactos é familiarizar o mais rápido possível os estudantes em relação ao que a comunidade científica contemporânea julga conhecer. As várias experiências, conceitos, leis e teorias da ciência normal em vigor são disponibilizadas o mais isolada e sucessivamente quanto possível, facilitando a adesão a um único modo de ver o mundo e de praticar a ciência. Essa técnica de apresentação separada e contínua, quando combinada com a atmosfera geralmente a-histórica dos escritos científicos e com as distorções históricas sistemáticas, provoca a impressão de que a ciência alcançou seu estado atual através de uma série de descobertas e invenções individuais, as quais, uma vez reunidas, constituíram a coleção moderna dos conhecimentos técnicos existentes. Para produzir esta impressão, os livros-texto sugerem, aos estudantes, que os cientistas sempre procuraram realizar, desde os primeiros empreendimentos científicos, os objetivos particulares presentes nos paradigmas atuais.

Num processo comparado à adição de tijolos em uma construção, os cientistas de cada tempo, teriam juntado um a um os fatos, conceitos, leis, métodos e teorias que terminaram constituindo o corpo de informações cumulativas do manual científico contemporâneo. Todavia, em contradição à aparente evolução cumulativa de teorias, sugerida nos prontuários, Kuhn chama a atenção que muitos dos quebra-cabeças da ciência normal contemporânea, apenas passaram a existir depois da última revolução científica. E que poucos dos problemas contemporâneos existentes em uma ciência, remontam ao início histórico da disciplina na qual aparecem.

Assim sendo, ao contrário do que os manuais apresentam aos estudantes, gerações contemporâneas e anteriores de uma mesma disciplina, formadas por paradigmas dessemelhantes, não se ocuparam sempre das mesmas questões. Pois a cada reformulação revolucionária da tradição científica, mudaram também os paradigmas que regiam determinada ciência e com eles toda uma rede de problemas, fatos e teorias. Citando Kuhn:

“As gerações anteriores ocuparam-se com seus próprios problemas, com seus próprios instrumentos e cânones de resolução. E não foram apenas os problemas que mudaram, mas toda a rede de fatos e teorias que o paradigma dos manuais adapta à natureza. (...) Isso significa que as teorias também não evoluem gradualmente, ajustando-se a fatos que sempre estiveram à nossa disposição. Em vez disso, surgem ao mesmo tempo que os fatos aos quais se ajustam, resultando de uma reformulação revolucionária da tradição científica anterior – uma tradição na qual a relação entre o cientista e a natureza, mediada pelo conhecimento, não era exatamente a mesma” (KUHN, 2001, p. 176).

Entretanto, a supressão das revoluções científicas dos manuais, determinará, de forma decisiva, a imagem da natureza da ciência para o estudante dessas especialidades. Sem conhecer os episódios revolucionários que transformaram a rede de problemas, fatos e teorias da sua disciplina, os futuros investigadores irão aderir à visão de que a ciência foi construída através do progresso, da evolução de teorias e métodos, e da invenção ou descobertas de grandes heróis ou gênios do passado. E isto garantirá para a comunidade científica, um ambiente escasso de discussões, desarmonias, dúvidas e questionamentos facilitando a aderência dos futuros investigadores a uma mesma visão de mundo, onde quase sempre, prevalecerá o consenso, a segurança e a certeza em relação a como se deve praticar a ciência. Citando Kuhn:

“Talvez a característica mais extraordinária da educação científica, característica que é levada a um ponto desconhecido noutros campos de atividade criativa, seja a de se fazer, através de manuais, obras escritas especialmente para estudantes. Até que ele esteja preparado, ou quase preparado para fazer a sua dissertação, o estudante de química, física, astronomia, geologia, ou biologia, raramente é posto ante o problema de conduzir um projeto de investigação, ou colocado ante os produtos diretos da investigação conduzida por outros – isto é, as comunicações profissionais que os cientistas escrevem para seus colegas. As coleções de “textos originais” jogam um papel limitado na educação científica. Igualmente o estudante de ciência não é encorajado a ler os clássicos da história do seu campo – obras onde poderiam encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos, mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizados que a sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu”. (KUHN, 1974, p.57)

O ser baseado quase que exclusivamente em manuais não é tudo o que há de específico no processo de treinamento científico. Há diferenças substanciais

entre os manuais aplicados nas ciências que possuem paradigmas em relação a outras especialidades que não os possuem. Por exemplo, os estudantes de domínios que não possuem paradigmas, por vezes são também expostos à ação de manuais, mas, não de uma forma tão exclusiva como ocorre nas especialidades que são regidas por um paradigma. Em verdade, os manuais nas humanidades não possuem a relevância que os mesmos adquiriram, por exemplo, na física contemporânea. Nas especialidades não paradigmáticas, há o incentivo para o desenvolvimento de um amplo, senso crítico construído, sobretudo, pela leitura de livros que trazem uma pluralidade de visões ricas e diversificadas sobre o mundo e as práticas científicas nele existentes.

Dessa maneira, enquanto nas ciências paradigmáticas, se há manuais diferentes é por que expõe assuntos diferentes, nas humanidades, coexistem manuais e livros que apresentam distintos tratamentos para uma mesma problemática. Segundo Kuhn, mesmo no caso de livros que estão em concorrência para ser adotados num mesmo curso científico diferem, sobretudo, apenas no nível de apresentação e nos pormenores pedagógicos e não no conteúdo ou no conjunto das idéias. Estes permanecem invariáveis. Citando Kuhn:

“É com dificuldade que se pode imaginar um físico ou um químico afirmar que foi obrigado a começar a educação dos seus alunos de terceiro ano quase a partir de primeiros princípios porque a exposição prévia do assunto a que eles tinham sido submetidos se fizera por livros que violavam consistentemente a idéia que ele tinha da disciplina. Observações desse tipo não são, pelo contrario, pouco usuais em varias ciências sociais. Aparentemente os cientistas estão de acordo sobre o que é que cada estudante deve saber da matéria. Essa é a razão que explica por que, na preparação dum currículo pré-profissional,

eles podem usar manuais em vez duma combinação eclética de originais de investigação”. (KUHN, 1974, p.58)

Igualmente, a técnica de apresentação dos assuntos, característica dos manuais científicos não é a mesma que nos outros campos. Exceto nas introduções ocasionais que os estudantes raramente lêem, não há grande esforço nem incentivo para descrever o tipo de problemas que o profissional será chamado a resolver ou discutir, nem há espaço para a diversidade de técnicas que a experiência põs a disposição para a sua resolução.

Pelo contrário, os manuais apresentam via de regra, desde o começo, soluções concretas de problemas que a profissão aceita como modelos, e então pede aos estudantes, quer usando um lápis e papel quer servindo-se de um laboratório, que resolvam por si mesmo problemas, exclusivamente, moldados a semelhança, na substância e no método, aos que o manual já lhes deu a conhecer.

Só na instrução elementar de línguas ou no treino de um instrumento musical é tão importante e essencial à prática da repetição de exercícios. Estes são justamente os campos em que o objetivo da instrução é produzir com o máximo de rapidez, quadros mentais fortes. Em boa parte das ciências naturais, contemporâneas, o efeito dessas técnicas é exatamente o mesmo. Desta forma, a formação científica continua a ser uma iniciação a uma tradição preestabelecida de resolver problemas onde se adere a uma tradição pré-existente e segue-se, e trabalha-se em cima de seus métodos e modelos específicos.

3. EPISTEMOLOGIA, HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO

3.1 Treinamento científico e educação científica: distinção

Nesse capítulo, a princípio, vou explicitar a minha compreensão do que seja treinamento científico e do que seja educação científica definindo-os e diferenciando-lhes no contexto que elaborei nesse trabalho.

No âmbito deste trabalho, por treinamento científico entendo o ato de habituar, exercitar, dirigir, habilitar, amestrar e preparar os estudantes de ciências para os ofícios técnicos da investigação científica profissional durante a “pesquisa normal”³. No treinamento científico, portanto, não é preciso explicitar para os estudantes os fundamentos epistemológicos e as disputas conceituais nem fornecer elementos históricos, filosóficos e sociológicos que expliquem, por exemplo, como um paradigma vigente foi estabelecido dentro da disciplina na qual os iniciados estão ingressando. Nessa perspectiva, o objetivo primordial do treinar é a produção de um quadro de estímulos e respostas duradouro que capacite os futuros cientistas como detentores de uma habilidade técnica, construída sob a repetição exaustiva de resolução de determinados exercícios durante o período da sua formação básica, principalmente nos cursos de graduação. Esses exercícios são os “quebra-cabeças” previstos e fornecidos com antecedência pelo paradigma vigente e que já tratamos nas sessões anteriores. Essa espécie de formação faz dos cientistas mais aplicados, excelentes técnicos e solucionadores de quebra-

³ Desenvolvi tanto o conceito de “pesquisa normal” quanto de “quebra cabeças” no primeiro capítulo, na seção 1.3.

cabeças, porém não os educa cientificamente no sentido em que definiremos a seguir.

O conceito de educação científica, no contexto em que levei em consideração nessa pesquisa, consiste em um conjunto mais amplo do que, por exemplo, o existente na definição de treinamento científico que forneci no parágrafo anterior. Além de ser mais ampla, a definição de educação científica, engloba também em seu corpo, o conceito de treinamento científico. Em uma linguagem mais próxima das relações matemáticas poderia representar, de forma simples, que os elementos que constituem a definição de treinamento científico estariam contidos no conjunto constituído pela definição de educação científica. Entretanto, a educação científica abrange, como também transcende o significado de treinamento científico. Assim, se os elementos que definem treinamento científico são também elementos contidos na definição de educação científica, quais os outros elementos que fazem desta, uma concepção mais extensa do que a de treinamento científico? Dentro dos limites deste trabalho, tentarei responder essa questão nas linhas que se seguem.

Compreendo por educação científica um conjunto de condutas que além de dotar os futuros cientistas da destreza técnica para solucionar os quebra-cabeças da ciência normal, graduando-os como excelentes técnicos, fornece também habilidades para refletir, contrapor, objetar, argumentar, censurar, articular, discutir, expor razões, sustentar ou impugnar argumentos, deduzir, alegar, debater, perceber, conhecer as intenções e compreender o sentido de sua profissão, de sua investigação e oferece elementos sociológicos, filosóficos e históricos que caracterizam a ciência na qual está ingressando. Dessa maneira, estudantes de ciências submetidos a educação científica, possuirão

uma formação mais ampla do que os que foram subordinados somente a um esquema meramente técnico de treinamento científico. Portanto, estarão preparados para desempenhar não somente tarefas de resolução de quebra-cabeças, mas estarão aptos para lidar com episódios de natureza mais crítica e revolucionária.

Uma pergunta fundamental que envolve essa problemática é: para que atividades científicas estão sendo formados os estudantes de ciências na contemporaneidade? Esse consiste o grande desafio a ser enfrentado e resolvido pelos teóricos da área do ensino científico.

3.2 Desafios e conflitos

Pensando no esquematismo atribuído a Kuhn, a investigação profissional científica é constituída, fundamentalmente por dois períodos: o da pesquisa normal e o da ciência revolucionária. A ciência normal é o período de atividade onde as habilidades técnicas de lidar com os quebra-cabeças fornecidos pelos paradigmas são fundamentais. Já na fase revolucionária e nas crises são as habilidades reflexivas que são solicitadas com maior intensidade: “é nos períodos de crises reconhecidas que os cientistas se voltam para a análise filosófica como um meio para resolver as charadas de sua área de estudo”. (KUHN, 2001, p.119). Com isso, não estou dizendo que durante a pesquisa normal os cientistas não reflitam. Ou que durante as crises e revoluções as destrezas técnicas sejam completamente inúteis. Mas sim que: em períodos de ciência normal a investigação científica é mais centrada na resolução dos quebra-cabeças e que nos períodos mais críticos as habilidades reflexivas são mais requisitadas.

Em posse dessas informações, ou seja: conscientes de que a investigação científica exige tanto destrezas técnicas e quanto reflexivas e articulatórias é que os profissionais que lidam com o ensino de ciências devem se esforçar para elaborar uma espécie de formação científica que seja mais adequada a realidade que os cientistas encontrarão no exercício de sua profissão. Nesse contexto, abordaremos, a partir de agora, especificamente um aspecto: a aproximação da história, da filosofia e do ensino de ciências.

3.3 O retorno à filosofia: uso da argumentação em sala de aula

Muitos ensaios, pesquisas e trabalhos, como por exemplo, o escrito por Duschl intitulado “Science education and philosophy of science, twenty-five years of mutually exclusive development” (1985), revelaram que o ensino de ciências, na sua origem, desenvolveu-se dissociado da história e da filosofia da ciência. Contudo, o panorama mais recente da disciplina, demonstra que está ocorrendo uma aproximação significativa entre história, filosofia e ensino de ciências.

Tanto a prática, quanto a teoria do ensino de ciências contemporâneo estão sendo enriquecidas pelas informações colhidas na história e na filosofia da ciência. Com isso, como veremos nessa sessão, constatou-se principalmente o aumento da qualidade na área, fato que não estava sendo verificado com tanto vigor e frequência. Dados históricos, sociológicos, filosóficos estão sendo utilizados no conteúdo dado nas salas de aula proporcionando uma formação mais ampla e mais crítica para os estudantes

que estão ingressando nas disciplinas científicas. Sobre esse momento, em particular, Mathews opinou:

“A Fundação Nacional Americana de Ciências denunciou que os programas dos cursos de graduação em Ciências, Matemática e Tecnologia existentes no país tiveram seu escopo e qualidade reduzidos a tal ponto que não mais correspondem às necessidades nacionais; provocando portanto, a corrosão de uma riqueza americana sem igual (...) A história, a filosofia e a sociologia da ciência não tem todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo desse modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são receitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (MATHEWS, 1995, p.165)

Além desses aspectos, citados por Mathews, a aproximação do ensino de ciências com a Filosofia e História da ciência estão contribuindo também para a melhoria da formação dos professores auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, que proporcione uma maior compreensão da estrutura das ciências, seja no seu período de atividade normal, crítico ou revolucionário, bem como do espaço que essa estrutura ocupa no sistema intelectual relativo às ciências.

Existem muitos elementos envolvidos nessa aproximação. Porém dentre os mais importantes está a inclusão de componentes de História e de Filosofia

da ciência em vários currículos de países como os Estados Unidos da América, a Inglaterra, País de Gales. Com a mencionada inclusão nos currículos de países desenvolvidos, espera-se que aos poucos essa tendência chegue aos mais variados países e continentes sejam eles desenvolvidos ou não.

Os componentes oriundos das humanidades permitem a incorporação mais abrangente de temas de História, Filosofia e Sociologia da ciência na abordagem do programa e do ensino dos currículos científicos modificando o panorama e perspectiva da formação científica em todo o mundo. Com isso, há o princípio do reconhecimento, por parte das comunidades das ciências paradigmáticas de que a História, a Filosofia e a Sociologia da ciência são disciplinas que podem contribuir para uma compreensão mais abrangente do universo científico. São elementos adicionais que auxiliarão nessa incessante busca e tentativa de compreender cada vez mais o que é ciência.

A realização de uma primeira conferência internacional sobre História, Filosofia, Sociologia e ensino de ciências, realizada na Universidade Estadual da Flórida em novembro de 1989, nos Estados Unidos, assim como, uma série de conferências patrocinadas pela Sociedade Européia de Física sobre a história da disciplina e o seu ensino, que ocorreram em Pávia (1983), em Munique (1986), Paris (1988), e Cambridge (1990), assim como a conferência sobre História da ciência e o Ensino de ciências, ocorrida na universidade de Oxford (1987), inclusive, com o apoio da Sociedade Britânica de História e Ciência assinalam esse momento em que a História, a Sociologia, a Filosofia e o Ensino de ciências estão se aproximando.

As referidas conferências e encontros geraram uma produção intelectual considerável. Foram apresentados, em tal oportunidade, perto de trezentos

estudos acadêmicos sobre a relevância da reaproximação e muito material didático embasados filosófica e historicamente. Somado a isso, a Fundação Nacional Americana de Ciência já deu início a dois programas que objetivam a promoção do engajamento de HFS (história, filosofia e sociologia) ao ensino de ciências nos cursos de primeiro e segundo grau nos Estados Unidos proporcionando também aos estudantes secundaristas a oportunidade de interagirem em um universo de compreensão científica mais crítico e com maior qualidade, não restringindo assim, esses ganhos somente aos que participam de uma formação universitária.

Alguns programas americanos de formação de professores de ciências tornaram-se obrigatórios e o estado da Flórida vinculou a concessão de licença para o ensino de ciências à conclusão de um curso em história, filosofia e sociologia. Todo esse quadro assinala a mudança de mentalidade do que se pretende em relação a formação de novos profissionais da área de ciências. Não se deseja apenas investigadores bem treinados, com técnica apurada e que sejam capazes de decorar fórmulas como se essas fossem simples receitas. Objetiva-se, também, simultaneamente, a formação de profissionais capazes de refletir e usar de senso crítico no grande esforço de compreensão do mundo e da prática científica. Na opinião de Mathews:

“Os que defendem HFS tanto no ensino de ciências como no treinamento de professores, de uma certa forma, advogam em favor de uma abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico, o que não deixa de ser um redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências. Para usar a terminologia adotada pelo Currículo Nacional Britânico, os alunos de primeiro e segundo grau devem

aprender não somente o conteúdo das ciências atuais mas também algo acerca da natureza da ciência. Os argumentos a favor da reaproximação repetem, de varias maneiras, os primeiros apelos feitos por Mach no final do século e endossados por tantos outros como Nunn, Conant, Holton, Robinson, Schwab, Martin e Wagenstein. Tais apelos podem ser encontrados em inúmeros relatórios britânicos e americanos” (MATHEWS, 1995, p.166)

O novo Currículo Nacional Britânico de Ciências e o Projeto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS) demonstra claramente as conseqüências positivas da reaproximação tanto nos programas como nas salas de aula. Na introdução à sessão de HFS do curso (que consiste de cerca de 5% do programa total), por exemplo, o Conselho Britânico de Currículo Nacional declara que a compreensão das mudanças do conhecimento e pensamento científico e como a natureza desse pensamento conhecimento e sua utilização são afetados pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais em cujo seio se desenvolvem, por parte dos estudantes é um ponto que deve ser levado em consideração dentro do processo de aprendizagem. Assim essa compreensão torna-se parte essencial do processo de aprendizado em ciências.

No exemplo norte americano, a Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS) lançou em 1985, um amplo estudo a fim de revisar integralmente o ensino de ciências nas escolas. Esse estudo foi denominado de projeto 2061. Em 1989, após quatro anos de debates e considerações, suas recomendações foram publicadas num relatório intitulado ciências para todos os americanos. O projeto 2061, apesar de não ter levado em conta as deliberações do Conselho Britânico de Currículo Nacional, demonstra para com

elas uma certa convergência de idéias em relação à necessidade de que os cursos de ciências sejam mais contextualizados, mais históricos e mais filosóficos ou reflexivos permitindo que os estudantes desenvolvam um olhar mais crítico a respeito da realidade e problemas que os cercam. Este relatório foi composto de doze capítulos onde foram apresentadas as recomendações do Conselho nacional de Educação em Ciências e Tecnologia para o ensino de Ciências nos cursos de primeiro e segundo graus.

O primeiro capítulo tratou sobre a natureza da ciência e incluiu discussões acerca da objetividade e mutabilidade das ciências, as possibilidades de se distinguir entre ciência e pseudociência, provas científicas e suas relações com a justificativa da teoria, método científico, explicação e predição, ética, política social e organização social da ciência. Pretende-se que esses temas sejam desenvolvidos e discutidos nos cursos científicos. O capítulo dez, do referido relatório traz argumentos que justificam as razões para que se incluam algum conhecimento histórico no ensino de ciências, sobretudo no que diz respeito ao fornecimento de exemplos concretos que justifiquem o funcionamento dos empreendimentos científicos. Citando Mathews:

“A introdução ao capítulo dez (perspectivas históricas) afirma que há duas razões principais para que se inclua algum conhecimento sobre história dentre as recomendações. Uma delas é o fato de que generalizações sobre o funcionamento dos empreendimentos científicos não tem sentido se não forem fornecidos exemplos concretos. A segunda razão é o fato de que alguns episódios na história das buscas científicas são bastante significativos para a nossa herança cultural; por exemplo, o papel de Galileu na mudança de percepção de nossa posição no universo. O relatório reserva uma página e meia ao episódio de Galileu que retirou a Terra do centro do universo. A descrição empresta ao episódio

um tratamento sensível e instrutivo das evidências astronômicas, do papel da percepção sensorial, dos modelos matemáticos, do realismo e do instrumentalismo, da metafísica, da tecnologia, da retórica e da teologia. Outros episódios históricos recebem tratamento similar.” (MATHEWS, 1995, p.166)

Nem a proposta de currículo britânica nem a americana, prevê que se substitua a retórica das conclusões sobre ciência pela retórica das conclusões sobre HFS. Não se deseja que as crianças sejam capazes de resolver problemas como a controvérsia entre realismo e instrumentalismo, também não se tenciona que elas sejam submetidas a uma memorização, por exemplo, sobre as quinze razões pelas quais as conclusões de Galileu eram corretas e as dos cardeais não eram.

Ao contrário, espera-se sim que elas considerem o fato de que há perguntas a serem feitas e que comecem a refletir não somente sobre as respostas para essas perguntas, mas sobretudo, sobre quais respostas válidas e que tipos de evidências poderiam sustentar essas respostas. Argumentação aqui significa, sobretudo a aplicação do diálogo filosófico dialético, como ponto de partida para a compreensão do conteúdo trabalhado nas salas de aula a fim de possibilitar aos próprios estudantes a habilidade articulatória e reflexiva para que eles próprios sejam capazes de fornecer bases e provas para as premissas elaboradas pelos mesmos tanto no período de aprendizado como, também, na fase de investigação profissional.

Segundo C. Perelman em *Retóricas* (1999, p. 52-53), o diálogo filosófico por excelência é dialético. Nele a concordância de interlocutores serve de ponto de partida para a argumentação e representa uma adesão às

proposições levantadas. O ponto inicial de uma argumentação dialética não consiste em proposições necessárias válidas em todas as partes ou circunstâncias, mas sobretudo, em proposições efetivamente aceitas em determinado meio e que, em outros meios, com contextos históricos e sociais distintos, poderiam não usufruir da aceitação geral. Desse modo o método dialético leva em consideração o aspecto social, histórico, imperfeito e inacabado que envolve a construção do conhecimento.

A argumentação em sala de aula tem sido estudada sob diferentes enfoques, compreendendo, por um lado, o estudo do discurso do professor e por outro, o acompanhamento da construção de argumentos pelos alunos. No segundo caso, vários aspectos têm sido considerados, entre eles, as condições favoráveis à criação de um ambiente estimulante ao desenvolvimento da argumentação, através da identificação de características das atividades de ensino envolvidas, e o estudo das interações professor – estudante:

“...a argumentação geralmente é reconhecida sob três formas: analítica, dialética e retórica, sendo que as duas primeiras são baseadas na apresentação de evidências, enquanto a última sustenta-se na utilização de técnicas discursivas para a persuasão de uma platéia a partir dos conhecimentos apresentados pela mesma. No contexto da aula de Ciências, consideramos importante o desenvolvimento da argumentação baseada na apresentação de evidências, já que estas são tipicamente valiosas para a comunidade científica. É preciso observar que diferentes comunidades apresentam diferentes formas de argumentos e que, portanto, o contexto em que um argumento é empregado é fundamental para seu julgamento. Driver et al. (1999) apontam algumas formas de argumentos tipicamente importantes para a comunidade científica: o desenvolvimento de simplificações; a postulação de teorias explicativas causais, que gerem novas previsões, e a apresentação de evidências a partir de observações ou experimentações. Por este motivo acreditamos que a argumentação dos alunos deva ser estudada tanto do ponto de

vista estrutural, através da identificação de componentes presentes nos enunciados isolados, quanto do ponto de vista da interação entre os locutores, observando a presença de diferentes idéias e a busca de sínteses na enunciação como um todo.” (CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, 2000, p.2)

Por outro lado, a forma com que o professor intervém nas discussões dos alunos é fundamental seja qual for o objetivo almejado na realização de uma atividade. É necessário que as discussões sejam conduzidas sem a perda do rumo estabelecido, não basta deixar que os alunos falem livremente, é preciso encontrar um equilíbrio entre a livre apresentação de idéias e a atenção às questões já discutidas. Para tanto a presença do professor é fundamental, solicitando esclarecimentos quando necessário, relacionando falas de diferentes alunos e resgatando conceitos esquecidos.

Um instrumento relevante a ser utilizado no trabalho que envolve a argumentação são os textos escolhidos para os debates. A busca criteriosa e seletiva do referido material são importantes para que a qualidade dos resultados seja obtida de maneira satisfatória. Nesse contexto o trabalho de argumentação baseados em textos pode transmitir significados e mesmo gerar novas significações:

“... um texto, escrito ou falado, pode ter duas funções: transmitir significados ou gerar novos. A função de transmissão implica na existência de um código comum entre transmissor e receptor, qualquer diferença de interpretação pode resultar numa falha no sistema de comunicação. No contexto escolar esta função é muito comum, há vários momentos em que o professor faz explicações, porém também pode ocorrer em alguns diálogos. Um padrão discursivo muito comum na sala de aula é o IRF (...) o professor

inicia o diálogo (...), os alunos respondem (...) e o primeiro dá um *feedback* (...). Quando o professor faz perguntas aos alunos exigindo fidelidade a significados já compartilhados pela classe, ou seja, perguntas com respostas bem definidas, este padrão é denominado avaliativo. A função de transmissão ou de reforço de um texto também pode ser associada a um "discurso de autoridade" (...) apesar de toda enunciação apresentar uma *intertextualidade*, caracterizada pelas diversas significações (...) já atribuídas, através de outras enunciações, a seu tema, num "discurso de autoridade" somente a voz do locutor aparece explicitamente. Neste caso, (...) é exigida uma fidelidade aos significados apresentados pelo locutor, sendo proibida a apropriação livre das palavras." (CAPECCHI, CARVALHO, 2000, p.2)

Quando a função do texto é a geração de significados, a diversidade de interpretações para o tema em questão é bem vinda. Os diálogos entre locutor e interlocutor, assim como entre o locutor e os diversos significados já atribuídos ao tema de sua enunciação são explícitos. A participação ativa dos interlocutores é valorizada pelo locutor, deixando transparecer em sua fala múltiplas vozes. Isto pode ser identificado, por exemplo, quando o locutor utiliza-se de algum significado ou modo de articular idéias já utilizado pelo interlocutor para enriquecer seu enunciado. Este tipo de enunciado é internamente persuasivo, já que coloca um grande peso na voz do ouvinte. A utilização de textos visando a geração de novos significados é elucidativa, ou seja, o professor inicia o diálogo, o aluno responde e, ao invés de avaliar a resposta do aluno, o professor procura estimulá-lo a acrescentar novas idéias à discussão, o que pode ser feito através de uma nova pergunta. Nesse sentido, há na fala do professor uma alternância entre um discurso persuasivo e um discurso de autoridade durante uma aula visando mudança conceitual. Esta alternância mostrou-se importante para auxiliar os alunos na identificação e superação de conflitos cognitivos.

Tanto a aproximação da história, filosofia e sociologia do ensino de ciências e a utilização da argumentação em sala de aula durante a formação científica podem contribuir para que, por exemplo, a imagem do cientista normal teorizada por T. S. Kuhn, um profissional técnico treinado para responder a estímulos e respostas, seja substituída pela imagem de profissionais mais críticos, capazes de refletir e articular não apenas em períodos revolucionários, mas também nos períodos de atividade normal das especialidades que atuam. Dessa forma, passaríamos do treinamento científico para a educação científica caracterizada por uma visão mais ampla e contextualizada do universo científico.

3.4 Kuhn e a educação para o diálogo

No final da segunda metade do século XX e início do século XXI, muito se escreveu sobre as noções kuhnianas de paradigma, incomensurabilidade e revolução científica. Como exemplo desses escritos, podemos citar o volume nove da revista *Science and Education*, lançado em 2000 e dedicado especialmente a Thomas S. Kuhn.

No referido volume que tem como título *Thomas Kuhn and science education* encontramos, inclusive, um artigo do próprio Kuhn denominado de “*On learning Physics*”, comentado nas sessões iniciais desse trabalho, onde o autor escreve sobre as mudanças fundamentais que envolvem leis ou teorias científicas e sobre como é assimilado o conhecimento em uma sala de aula de uma disciplina como a Física.

Além deste, há outras abordagens como, por exemplo, “*From Conant's education strategy to Kuhn's research strategy*” elaborada por Fuller, onde o mesmo discorre, dentre outras sobre a reflexão de Kuhn, a respeito de incomensurabilidade e o efeito que esta produziu nas comunidades de historiadores e antropólogos, em relação às tentativas de compreensão entre culturas onde os padrões de pensamento são radicalmente diferentes entre si. Nesse aspecto Fuller tentou trabalhar em relação à comunidades não científicas a noção de incomensurabilidade e a tentativa de tradução entre culturas humanas dessemelhantes e não especificamente em comunidades científicas. Assim, a incomensurabilidade abordada por Kuhn e a trabalhada por Fuller em seu artigo se dão em contextos diferentes. Enquanto Fuller aplica o conceito de incomensurabilidade entre culturas humanas distintas, para Kuhn a incomensurabilidade ocorre precisamente no meio científico e entre cientistas. Na ótica de Kuhn, a incomensurabilidade é oriunda da diferença entre paradigmas, dessemelhantes entre si e que produzem nos investigadores modos de ver o mundo e de praticar a ciência que não possuem unidade de medida comum e que não podem ser traduzidas de maneira plena pelos investigadores de determinada disciplina.

Também no mesmo artigo, Fuller apresenta e comenta a noção kuhniana de paradigma, o consenso, produzido pelo mesmo em uma comunidade científica, as concepções de ciência normal, quebra-cabeças e em especial o surgimento de anomalias no ambiente de trabalho científico proporcionando crises e revoluções científicas no mesmo contexto apresentado por Kuhn em sua obra.

A análise realizada por Kuhn, demonstrou que é justamente durante as crises e revoluções, quando são confrontados com anomalias, que a inabilidade reflexiva dos cientistas torna-se mais evidente. Vejamos alguns motivos: verificamos, nos capítulos anteriores que o treinamento científico, que é direcionado para a resolução de quebra-cabeças, é um empreendimento bem sucedido em ampliar continuamente o alcance e a precisão do paradigma comunitário. Entretanto, vimos também que o referido treinamento não se propõe a descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria. Porém, apesar disso, fenômenos, novidades e descobertas são periodicamente produzidas durante a pesquisa científica.

No decorrer da pesquisa normal, fase da pesquisa onde os paradigmas estão estáveis e funcionam perfeitamente, os cientistas se deparam, por vezes, não com os quebra-cabeças com os quais foram habituados a resolver, mas com problemas de outra espécie distinta dos exemplares. Tais problemas foram classificados como contra-exemplares ou anomalias. Na maior parte das vezes, as referidas anomalias podem ser postas de lado sem prejudicar, fundamentalmente, o andamento da pesquisa normal. Todavia, diante de determinados contra-exemplos, esta conduta adotada pelos investigadores não pode ser realizada e a atenção dos melhores cientistas é então atraída pela constatação de que a natureza violou gravemente as expectativas paradigmáticas que governam a pesquisa normal. Segue-se daí que para uma anomalia provocar uma crise, deve ser algo mais do que uma simples anomalia. Ela deve colocar claramente em questão as generalizações explícitas e fundamentais impostas pelo paradigma comunitário. Quando uma anomalia parece ser algo mais do que um novo quebra-cabeça da pesquisa

normal, é um forte sinal de que se iniciou a transição para a crise e para a ciência revolucionária. A própria anomalia passa a ser mais comumente reconhecida como tal pelos cientistas e um número cada vez maior de cientistas eminentes do setor passa a dedicar-lhe uma maior atenção. É o momento onde, os cientistas, realizam uma exploração ampla da área onde a anomalia ocorreu.

Kuhn (2001, p.107) diferenciou esta espécie de anomalia nomeando-a através do termo “anomalia grave”. Assim, nas ciências, há duas espécies de anomalias: as comuns que não ameaçam os princípios paradigmáticos que governam a comunidade e portanto, podem ser ignoradas. A segunda espécie é a que afeta de maneira essencial as diretrizes do paradigma vigente e por isso, não podem ser deixadas de lado pelos cientistas. Nesta visão, as anomalias graves representam a transgressão das expectativas paradigmáticas e são uma espécie de problema que os estudantes não foram treinados para resolver. Ou seja: nem a anomalia, nem os seus resultados foram previstos pelo paradigma comunitário. Nesse sentido, as anomalias desta natureza representam não a regra, mas a exceção que exige respostas críticas e articuladas de um grupo de cientistas. Tarefas para os quais não foram preparados durante o treinamento estritamente técnico sob o qual foram formados. Ou seja: o treinamento não teve como objetivo trazer ao estudante novas espécies de fenômenos, nem estimular a invenção de novas teorias. Em vez disso, os treinou para resolver apenas aqueles fenômenos e teorias previamente oferecidos pelo paradigma vigente.

No período de atividade crítica, os cientistas se voltam necessariamente para a reflexão como um meio para resolver os novos enigmas que surgiram

na sua área de estudo. Em geral, Kuhn assinala que os cientistas não precisaram nem desejaram ser filósofos. Porém, em uma crise, será necessário expor o antigo paradigma, de tal forma que a raiz da crise seja isolada com uma clareza impossível, por exemplo, de obter-se somente no laboratório. Em tais circunstâncias a necessidade de discutir, argumentar e articular as regras paradigmáticas torna-se forçosa.

Surgem então, entre os cientistas, dificuldades para argumentar, debater e articular tais princípios, em decorrência da forma tácita através da qual foram transmitidos os fundamentos da sua ciência durante o treinamento científico. De acordo com Chalmers (1993), por causa da maneira pela qual são treinados os cientistas normais típicos não estarão cientes da natureza precisa do paradigma em que trabalham e não serão capazes de articulá-la.

No período de treinamento científico, os cientistas não tiveram acesso, explicitamente, ao conjunto dos fundamentos e de regras do paradigma que governa a sua ciência. Ao invés disto, assimilou estes elementos implicitamente por intermédio de exercícios-chaves seja nos livros ou nos laboratórios. Com a intensificação e a repetição desta prática, o futuro investigador adquiriu, mediante uso, a habilidade de resolver problemas por percepção de similitudes, que perdurará após a formação profissional.

Entretanto, apesar de utilizar tacitamente princípios e fundamentos paradigmáticos para solucionar problemas, na investigação profissional, ele não conheceu explicitamente esses elementos durante o período de sua formação científica. Ou seja: ele não teve acesso direto ao que conheceu. Para Kuhn, o cientista adquiriu conhecimento, baseado em exemplares partilhados

por sua comunidade, onde desenvolveu a capacidade de reconhecer que uma situação dada se assemelha com situações anteriormente encontradas.

Na medida em que os cientistas pertencem ao mesmo grupo e, portanto, compartilham da mesma educação, a língua, a experiência e a cultura, suas sensações diante dos mesmos estímulos, são frequentemente as mesmas. Desta forma, prevalece no grupo, a plenitude de comunicação e o caráter coletivo de suas respostas comportamentais diante dos estímulos do meio ambiente. Em uma comunidade desenvolvida, cientistas, na maior parte das vezes, vêem as coisas e processam os estímulos de uma maneira quase sempre igual. Desta forma, o trajeto dos estímulos às sensações será, frequentemente, o mesmo para cientistas que foram igualmente treinados. O treinamento fundamentado no contato, do estudante, com exemplares previamente conhecidos pela comunidade é uma das técnicas fundamentais da pedagogia científica para que membros de uma comunidade aprendam a ver as mesmas coisas quando colocados diante dos mesmos estímulos:

“...uma das técnicas fundamentais pelas quais os membros de um grupo (trata-se de toda cultura ou de um subgrupo de especialistas que atua no seu interior) aprendem a ver as mesmas coisas quando confrontados com os mesmos estímulos consiste na apresentação de exemplos de situações que seus predecessores no grupo já aprenderam a ver como semelhantes entre si ou diferentes de outros gêneros de situações.” (KUHN, p. 239, 2001)

Essas situações semelhantes entre si podem ser classificadas como apresentações sensoriais sucessivas do mesmo indivíduo, como por exemplo,

no caso de uma mãe que é finalmente reconhecida à primeira vista como ela mesma e como diferente do pai ou da irmã por seu filho. Ou então, por meio de apresentações de membros de famílias naturais, digamos, cisnes de um lado e gansos de outro. Ou ainda, por membros de grupos mais especializados, como nos exemplos de situações de tipo newtoniano, isto é, situações que tem em comum o fato de estarem submetidas a uma versão da forma simbólica $f = ma$ e que são diferentes daquelas situações às quais se aplicam, por exemplo, os esboços de leis da Ótica. O reconhecimento de mesmas situações a partir do contato exaustivo de exemplares é um processo involuntário e específico sobre o qual o estudante ou cientista não tem controle. Sendo assim, não é adequado concebê-lo como algo que poderíamos dirigir simplesmente através da aplicação de princípios ou critérios.

Dizer, por exemplo, que membros de diferentes grupos de ciências podem ter percepções dessemelhantes quando confrontados com os mesmos estímulos não implica afirmar que poderiam experimentar as mesmas sensações. Kuhn assinala que o processo neurológico no qual cientistas transformam estímulos em sensações foi transmitido pela educação de uma maneira forma tácita e específica que somente os familiarizados com determinadas situações podem experimentar mesmas sensações quando confrontados com situações particulares. Citando Kuhn:

“A visão de pequenas gotas d’água ou de uma agulha contra uma escala numérica é uma experiência perceptiva primitiva para qualquer um que não esteja familiarizado com as câmaras barométricas e amperímetros. Sendo assim, a observação cuidadosa, a análise e a interpretação (ou ainda a intervenção de uma autoridade externa) são exigidas, antes que se possa chegar a conclusões sobre os elétrons e as correntes. Mas a posição

daquele que conhece esses instrumentos e teve muitas experiências de seu uso é bastante diferente. Existem diferenças correspondentes na maneira com que ele processa estímulos que lhe chegam dos instrumentos. Ao olhar o vapor de sua respiração numa manhã fria de inverno, sua sensação talvez seja a mesma do leigo; mas ao olhar uma câmara barométrica ele não vê (aqui literalmente) gotas d'água, mas as trajetórias dos elétrons, das partículas alfa e por assim por diante. Essas trajetórias são, se quiserem critérios que ele interpreta como índices da presença das partículas correspondentes, mas esse trajeto não só é mais curto, como é diferente daquele feito pelo homem que interpreta as pequenas gotas d'água.." (KUHN, p. 242, 2001)

Deste modo, o que a percepção deixa para a interpretação completar depende drasticamente da natureza e da extensão da formação e da experiência prévias. Dessa maneira, percebemos que a espécie e qualidade da educação científica a qual são submetidos os estudantes determinarão os limites do horizonte perceptivo e interpretativo dos mesmos, durante a posterior investigação profissional que efetivarão.

Nesse sentido, com sua obra, Thomas Kuhn pode despertar a atenção dos teóricos mais atentos sobre a necessidade de tornar a formação científica mais adequada à realidade profissional. Ou seja: os profissionais que lidam com o ensino de ciências, não devem proporcionar aos estudantes apenas uma formação científica estritamente técnica mas deveriam complementá-la com uma boa dose de senso crítico proveniente, sobretudo, do exercício e desenvolvimento da reflexão e dialética nas salas de aula.

CONCLUSÃO

Afinal, para qual ciência estão sendo formados os estudantes de ciências? A formação científica, descrita por Kuhn em sua obra, nos apresenta desde cedo uma formação demarcada e estruturada fortemente em um paradigma. O fato de ensino institucional ser fixado por um paradigma, faz com que os estudantes adquiram o conhecimento mais recente de sua especialidade mas não lidem, por exemplo, com os contextos históricos, sociológicos e filosóficos no qual este paradigma adquiriu seu status. Assim, nesse tipo de formação, os estudantes conhecerão o que é o mundo e a prática científica quase que exclusivamente, sob a perspectiva do último paradigma em vigor. Portanto há um abismo que separa os estudantes da História, Filosofia e Sociologia de sua disciplina.

Além desse aspecto essa formação científica, dota os estudantes de excelentes habilidades técnicas em resolver problemas previstos e fornecidos pelo paradigma vigente, entretanto, não os capacita para lidar com outras espécies de problemas, nem com outros tipos de soluções dessemelhantes a estas. Ou seja: outras possibilidades de resoluções não são levadas ao conhecimento dos alunos.

Entretanto, na análise de Kuhn, a atividade científica transcende os limites proporcionados pelos paradigmas e não se resume apenas na resolução técnica de quebra-cabeças. Na atividade científica, há também os problemas que exigem maior capacidade dialética e articulatória e estas questões não são previstas nem fornecidas previamente por nenhum paradigma científico. Para lidar com elas seriam necessárias habilidades

argumentativas, dialéticas que trabalhassem com outras possibilidades de soluções dessemelhantes das paradigmáticas.

Desse modo, se a formação, nas comunidades regidas por paradigmas, não está graduando estudantes para outros tipos de questões e problemas que fazem parte da atividade científica, nem está dotando os alunos de outras habilidades distintas das técnicas, ela não está sendo adequada à realidade existente na investigação profissional desses grupos.

Se há consciência que durante a atividade científica, cientistas enfrentarão questões distintas de quebra-cabeças e terão necessidade de argumentar, de fazer uso da dialética, de lidar com outras possibilidades diferentes das já conhecidas e mesmo assim prioriza-se uma graduação universitária técnica, a mesma não pode ser definida corretamente como educação científica adequada, mas se aproxima mais de uma espécie de treinamento para profissionalizar os estudantes na tarefa de resolver tão somente quebra-cabeças.

Mas se os estudantes de ciências não estão sendo educados, mas sim treinados, como prepará-los de uma maneira mais adequada que leve em consideração mais aspectos e os prepare melhor para todo o contexto que envolve a pesquisa científica? No passado, os cientistas eram denominados de filósofos naturais. Entretanto, com a especialização e profissionalização da ciência, perdeu-se consideravelmente um maior contato com a Filosofia e suas conseqüências como, por exemplo, a formação de um senso crítico e dialético mais apurado. Se na investigação profissional das ciências os pesquisadores terão que exercitar a articulação, a dialética, a capacidade argumentativa, deve-se retomar o contato com elementos filosóficos que os auxiliem a

construir e consolidar estas habilidades. Daí a necessidade da inclusão da argumentação e o exercício regular da dialética também no processo de formação científica das ciências contemporâneas.

Na sala de aula isso poderia ser concretizado da seguinte maneira: os professores que atuam no ensino de ciências⁴ estariam contribuindo para uma educação científica e não para um mero treinamento técnico se, por exemplo, apresentassem os problemas de suas disciplinas em forma de perguntas claras, onde o estudante de ciências compreendesse que haveria a seguir, a procura por parte do grupo de determinada resposta.

Suponhamos que, por exemplo, há uma opinião ou resposta dominante sobre determinado assunto científico e se deseja demonstrar, durante uma aula, que tal opinião é justificável. A apresentação, aos alunos, em defesa de uma resposta específica poderia ser demonstrada em diversas etapas o que evitaria a forma automática e instantânea de se resolver problemas que ainda predomina nas salas de aula de muitas ciências exatas.

Nesse processo em uma primeira etapa, o professor deverá admitir que uma série de diferentes sugestões merecem ser consideradas como soluções potenciais para o problema levantado. Para Stephen Toumin (2001, p. 24), *falar de uma específica sugestão como uma possibilidade é admitir que ela merece ser considerada*. Nesse contexto, tomar algo como possibilidade, implica, sobretudo, passar determinado tempo com um indício seja para defendê-lo seja para atacá-lo. Uma vez que alunos e professor começam a considerar as

⁴ A meu ver, esse esforço não deve envolver apenas a educação nas graduações, mestrados e doutorados. Mas deve envolver também os profissionais que atuam desde o ensino médio, onde disciplinas como Física e Química são vistas pela primeira vez.

sugestões e possibilidades levantadas, na exposição, encontrarão alegações candidatas à solução que são singularmente boas. Nesse estágio já percebem que a informação que possuem à disposição já aponta, para determinada solução específica e que, para estas situações, há termos característicos para indicar que aquela é a solução que buscada dentre as várias possibilidades cogitadas.

Em tal circunstância do processo conclui-se que só há uma decisão a tomar. Porém, é preciso que fique claro para os estudantes, que nem sempre poderão levar nossos argumentos a esse final ideal, onde a solução buscada é encontrada após longo processo dialético. É necessário que os alunos compreendam que poderá acontecer que em determinado problema, mesmo depois de considerar os aspectos de cuja relevância estejam cientes, ainda assim não seja possível estabelecer, de modo inequívoco, a solução a ser aceita. Assim, ensina-se que há tipos de situações onde determinada resposta é a correta, desde que passemos a ter certeza de que não se aplicam, àquele caso específico, determinadas circunstâncias extraordinárias ou excepcionais.

Portanto, concluo que se deve evitar, durante o processo de educação científica, métodos de ensino automáticos, instantâneos de resolução de problemas. E deve-se buscar, mesmo em questões óbvias, uma via onde a argumentação e a capacidade dialética seja exercitada. Quando assim for, estaremos vivenciando um processo pedagógico onde o treinamento científico dará lugar a educação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KUHN, T. S. On learning physics, in *Thomas Kuhn and science education. Science & education*, Pittsburgh, Pensilvânia, n.9: p.11-19, January,2000.
2. KUHN, T. S. A função do dogma na investigação científica. Deus, J. D. de (org). *A crítica da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.
3. KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 2001.
4. KUHN, T. S. A revolução copernicana. Lisboa: Edições 70, 1990.
5. KUHN, T. S. A tensão essencial. Lisboa: Edições 70, 1977.
6. KUHN, T. S.. Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa?, in *Lakatos, I. e Musgrave, A. (orgs). A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix/EDUSP, p. 5-32, 1979.
7. KUHN, T. S. La tension essentielle. Paris: Gallimard, 1990.
8. KUHN, T. S. Reflexões sobre os meus críticos, in *Lakatos, I. e Musgrave, A. (orgs). A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix/EDUSP, p. 285-343, 1979.
9. KUHN, T. S. The structure of scientific revolutions. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1996.
10. KUHN, T. S. The road since structure: philosophical essays, 1970-1993, witch an autobiographical interview. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2002.
11. CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação na aula de ciências a partir de uma atividade de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, volume 5, número 3, dezembro de 2000.
12. CHALMERS, A. O que é ciência afinal? São Paulo: Brasiliense. 1993.
13. COHEN, I.B. Revolution in science. Cambridge: Harvard University Press,1985.
14. DUSCHL, R. A.: Science education & philosophy of science, twenty-five years of mutually exclusive development. *School science and mathematics*, 1985.
15. EPSTEIN, Isaac. Revoluções científicas. São Paulo: Ática. 1998.

16. FORMAN, 1983, A Cultura de Weimar, a Causalidade e a Teoria Quântica, 1918-1927, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência, suplemento 2, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência*, Unicamp, Campinas.
17. FOUREZ, G. (2003). Crise no Ensino de Ciências? Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.8, n.2, 2003.
18. FULLER, S. From Conant's Education Strategy to Kuhn's Research Strategy. In *Thomas Kuhn and science education. Science & education*, Pittsburgh, Pennsylvania, n.9: p.11-19, January,2000.
19. FREIRE, O., CARVALHO, R. Uma breve História da Física Moderna. Editora FTD. 1997.
20. GALILEI, G. A mensagem das estrelas. Trad., introd. e notas de C.Z. Camenietzki. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins; Salamandra, 1987. nota 16
21. GRECA, I. M. ; SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em Ciências: o caso da Física e da Química. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 10, n. 1, 2005.
22. HARRISON, A. e TREAGUST, D. Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, vol. 84, 2000.
23. HECHT, E. Óptica, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1999.
24. MASTERMAN, M. A natureza de um paradigma, in *Lakatos, I. e Musgrave, A. (orgs). A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix/EDUSP, p. 72-108, 1979
25. MATHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação, in *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.
26. MICHAUD, M. Biographie universelle ancienne et modern. Paris; C. Desplaces,1854.
27. MORAES, Maria Cândida. O paradigma educacional emergente. 9.ed. Campinas: Papirus, 2003.
28. OSADA, Jun'ichi. Evolução das idéias da Física. São Paulo, Edgard Blucher, Edusp, 1969.

29. PÉREZ, D. et al. Para uma Imagem Não-deformada do Trabalho Científico. *Ciência & Educação* 7(2):125-153. 2000.
30. PERELMAN, C. Retóricas. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
31. POPPER, K. A Ciência normal e seus perigos, in Lakatos, I. e Musgrave, A. (orgs). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix/EDUSP, p. 63-72, 1979
32. ROSSI, P. A ciência e a filosofia dos modernos: aspectos da Revolução Científica. São Paulo, Editora da Universidade Estadual Paulista, 1992.
33. SCHULTZ, D. P., SCHULTZ, S. E. História da psicologia moderna. São Paulo: Cultrix, 1981
34. SOUTO, Cláudio, SOUTO, Solange. A Explicação Sociológica. Uma introdução à Sociologia. São Paulo, EPU, 1985.
35. Toulmin, Stephen, Os usos do argumento. Martins Fontes, 2001.
36. WILLIAMS, L. Pearce. Ciência normal, revoluções científicas e a história da ciência. In: LAKATOS, Imre; MUSGRAVE, Alan (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo : Cultrix, 1979.