



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS  
CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO

**MOISÉS DAVID DAS NEVES**

**Aprendizagem Baseada em Problemas e o  
Raciocínio Hipotético-Dedutivo no Ensino de Ciências:  
Análise do padrão de raciocínio de Lawson em  
um Curso de Férias em Castanhal (PA)**



Belém – PA  
2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS  
CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO

**MOISÉS DAVID\***

**Aprendizagem Baseada em Problemas e o  
Raciocínio Hipotético-Dedutivo no Ensino de Ciências**

Análise do padrão de raciocínio de Lawson em um Curso de Férias em Castanhal (PA)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, do IEMCI da Universidade Federal do Pará, para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas, na área de concentração: Educação em Ciências. Orientado pelo Prof. Dr. João Manoel da Silva Malheiro.

\* *Nome para citações*

Belém – PA  
2013

*Ilustração da capa: foto de réplica da estátua O Pensador, de August Rodin.*

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFPA

---

David, Moisés , 1961-

Aprendizagem baseada em problemas e o raciocínio hipotético-dedutivo no ensino de ciências: análise do padrão de raciocínio de Lawson em um curso de férias em Castanhal (PA) / Moisés David. - 2013.

Orientador: João Manoel da Silva Malheiro.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2013.

1. Ciência - estudo e ensino. 2. Aprendizagem baseada em problemas. 3. Raciocínio. 4. Hipótese. 5. Lawson, A. E. I. Título.

CDD 22. ed. 507

---

**MOISÉS DAVID DAS NEVES**

**Aprendizagem Baseada em Problemas e o  
Raciocínio Hipotético-Dedutivo no Ensino de Ciências  
Análise do padrão de raciocínio de Lawson em  
um Curso de Férias em Castanhal (PA)**

Dissertação apresentada à Comissão Julgadora do Instituto de Educação matemática e científica IEMCI, da Universidade Federal do Pará, sob orientação do Prof. Dr. João Manoel da Silva Malheiro, como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas**, na área de concentração: Educação em Ciências.

Data da avaliação: 10 de setembro de 2013

**Banca Examinadora**

Orientador (Presidente):

---

João Manoel da Silva Malheiro  
Titulação: Doutor  
Instituição: Universidade Federal do Pará

Membro externo:

---

Odete Pacubi Baierl Teixeira  
Titulação: Doutora  
Instituição: Universidade Estadual Paulista  
Guaratinguetá (SP)

Membro interno:

---

Terezinha Valim Oliver Gonçalves  
Titulação: Doutora  
Instituição: Universidade Federal do Pará

À Darlene, pelo que é e tem sido na minha vida, e por tudo o que foi durante a jornada deste mestrado.

## **AGRADECIMENTOS**

Antes e acima de tudo, agradeço a Deus, fonte de toda sabedoria e conhecimento. Sem ele, não estaria aqui, não teria começado e muito menos concluído este mestrado. De início assustadora, a licença médica me permitiu o distanciamento necessário para o trabalho amadurecer, revertendo-se em bênção.

À minha esposa Darlene, que se revelou ótima colega de estudos, sendo meu braço e mão direita, principalmente quando adoeci ao final do curso. Agradeço pelas madrugadas doadas e pelos neurônios emprestados. Este trabalho é reflexo do que somos juntos.

Ao professor João Malheiro, agradeço por acreditar que um professor focado há muito tempo somente no magistério ainda pode ser produtivo academicamente. Ele mostrou toda sua sensibilidade educacional ao me incentivar neste mestrado. Obrigado pelo apoio, a confiança e a paciência. Obrigado por segurar as rédeas no momento certo e por soltá-las também no momento certo. Pela atenção e orientação mesmo em férias e fins de semana. Obrigado por tudo, amigo.

À Secretaria de Estado de Educação do Pará, pela liberação para cursar o mestrado e pelos 25 anos me proporcionando o exercício do magistério.

Ao Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará pelo trabalho de formação continuada de professores.

Aos membros da banca examinadora, professoras Terezinha Valim e Odete Pacubi e professor Wilton Rabelo Pessoa. Suas contribuições mostraram a importância do que é qualificar um trabalho. O terceiro capítulo tem muito de suas sugestões, todas pertinentes e enriquecedoras, confirmando que a produção científica não é um trabalho individual, mas coletivo. Obrigado pela leitura atenta e pelo compromisso com a qualidade. Tive, de fato, uma banca de qualificação.

A todos os professores do programa de pós-graduação com quem convivi durante o período do curso, minha profunda gratidão. Suas vozes ainda ecoam em minha mente quando estou lendo ou escrevendo.

Aos coordenadores e colegas dos grupos de estudo e pesquisa “(Trans)Formação” e “Cultura e Subjetividade na Educação em Ciências”, do IEMCI, meu muito obrigado pelas discussões, leituras, seminários e sugestões, que também contribuíram para o encaminhamento da pesquisa e construção da dissertação. Pelo

mesmo motivo, agradeço ao coordenador e colegas do Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão “Formação de Professores de Ciências” da Faculdade de Pedagogia da UFPA em Castanhal.

Ao professor Cristovam Diniz, que me abriu as portas do Curso de Férias para fazer a constituição dos dados empíricos deste trabalho e me cedeu parte de seu tempo numa entrevista que trouxe grande contribuição à construção da dissertação. Pelo muito que aprendi com seu exemplo, mostrando que é possível o diálogo entre a “pesquisa de bancada” e o trabalho educacional.

Aos monitores e participantes do Curso Férias em Castanhal (professores e alunos da rede pública), com quem convivi por duas semanas intensas, pela colaboração decisiva, permitindo-me acompanhar suas atividades.

Aos colegas de turma do curso de mestrado, que durante os estudos e seminários, ou mesmo nas conversas informais, colaboraram com essa construção.

À professora Lúcia Melo, da Universidade Estadual do Pará (UEPA), onde fiz especialização logo antes de ingressar no mestrado, pelo incentivo em continuar na jornada acadêmica e pelas sugestões valiosas.

Às professoras e amigas Risoleta Julião (UFPA), Romélia Julião e Regina Julião (Seduc), que contribuíram como profissionais, colegas e amigas, dialogando, incentivando, sugerindo e emprestando livros.

Aos autores que li e que aparecem ao longo desta dissertação. Eles não me conhecem e não os conheço, a não ser um pouco de sua face acadêmica. Muitos ainda estão produtivos, porém muitos já passaram deixando sua marca. A todos, agradeço pelo desejo de saber mais, cujo fruto compartilharam ou compartilham com quem têm o mesmo anseio de conhecimento.

À minha mãe, irmãos e irmãs e todos os familiares da Darlene, que também são minha família, por fazerem parte da minha história e pelo apoio. Aos amigos Sideneu e Dione, pela solidariedade de sempre.

De todas as pessoas mencionadas, há um pedaço neste trabalho.

*A arte mais refinada da  
ciência é saber argumentar.*

**Pedro Demo**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	08
ABSTRACT.....	09
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE QUADROS .....	11
LISTA DE SIGLAS.....	12
INTRODUÇÃO.....	13
<b>1 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS – ABP</b>	
1.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E OPERACIONALIZAÇÃO.....	22
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E EXPANSÃO .....	28
1.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: COGNITIVISMO CONSTRUTIVISTA.....	32
1.4 SIMILARIDADE COM OUTRAS METODOLOGIAS E A QUESTÃO DO QUE É PROBLEMATIZAÇÃO .....	46
<b>2 LAWSON E O RACIOCÍNIO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO</b>	
2.1 A PREDOMINÂNCIA DO RACIOCÍNIO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO.....	50
2.2 ARGUMENTOS EM DEFESA DO MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO.....	60
2.3 O PROCESSO DA DESCOBERTA CIENTÍFICA E O PADRÃO DE .....	67
RACIOCÍNIO QUE O ACOMPANHA	
<b>3 CONCEITOS E CONTEXTOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS</b>	
3.1 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: POR QUÊ E COMO .....	76
3.2 A BUSCA DA CONCILIAÇÃO ENTRE EXPERIMENTAÇÃO E RACIOCÍNIO.....	83
3.3 ALGUMAS PROPOSTAS METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS..	91
3.4 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE BIOLOGIA.....	98
3.5 CONSTRUÇÃO E RECONSTRUÇÃO, DESCOBERTA E REDESCOBERTA.....	103
<b>4 O CURSO DE FÉRIAS</b>	
4.1 ORIGENS E PROPÓSITOS: O DESPERTAR PARA A CIÊNCIA.....	112
4.2 FORMA DE UTILIZAÇÃO DA ABP E A DINÂMICA DO CURSO.....	120
<b>5 METODOLOGIA DA PESQUISA</b>	
5.1 O CURSO EM CASTANHAL (PA) E A CONSTITUIÇÃO DOS DADOS.....	127
5.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS .....	130
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS</b>	
6.1 PROCESSOS DE PESQUISA VIVENCIADOS NO CURSO.....	134
6.2 OCORRÊNCIA DOS PASSOS E PADRÃO DE RACIOCÍNIO DE LAWSON .....	159
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	186
REFERÊNCIAS.....	195
ANEXO.....	206

## RESUMO

Com o objetivo de estudar e apontar recursos metodológicos que favoreçam o raciocínio lógico e a autonomia do aluno, esta pesquisa avalia se e como os participantes de um curso de férias desenvolvem o padrão *se / e / então / e ou mas / portanto* descrito por Anton Lawson. O autor postula que este padrão de raciocínio hipotético-dedutivo é comum na forma como a humanidade adquire conhecimento e nas pesquisas científicas. A abordagem pedagógica do curso investigado segue os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e objetiva estimular os participantes a produzirem seu próprio conhecimento a partir de problemas investigados por meio de experimentos com metodologia científica. O público do curso eram alunos do ensino médio e professores de física, química, biologia e matemática. Os seminários de socialização das atividades e resultados alcançados pelo cursistas foram videogravados, gerando os dados empíricos desta pesquisa qualitativa. A análise dos discursos revelou que o padrão de Lawson é desenvolvido, mas não de forma consciente e claramente expressa em algumas etapas. A previsão de resultados para os testes é confundida com a hipótese, confirmando uma tendência universal apontada por Lawson. À luz do cognitivismo de Piaget e Ausubel, mostra-se a importância de fazer previsões, porque estas podem acionar conhecimentos prévios, criando oportunidades para construção e/ou descoberta de novos conhecimentos. Destaca-se ainda a importância das trocas sociais à luz de Vygostky, assim como o papel do professor no processo de aprendizado ativo. Alguns professores cursistas mostraram desconforto em questionar o que parece óbvio. Já os alunos apresentaram dificuldade em formular questões-problema relacionadas ao seu cotidiano. Mas, à medida que exploravam os animais do acervo, começavam a fazer observações intrigantes e novas perguntas, sugerindo predominância de pensamentos na fase operatório-concreta e apontando para a necessidade de se desenvolver o pensamento hipotético-dedutivo. Com a evolução das atividades, perceberam-se avanços no raciocínio e argumentação dos cursistas em geral. Conclui-se que seguir padrões como o de Lawson é útil na tarefa de promover habilidades de raciocínio, na medida em que oferece uma ferramenta de observação e avaliação sobre como os alunos estão pensando, dando ao professor oportunidade de planejar ações e intervenções pedagógicas. Conclui-se também que a atividade experimental pode ser rica em situações estimuladoras do raciocínio lógico, desde que acompanhada por momentos de reflexão. Os resultados falam também a favor da Aprendizagem Baseada em Problemas como estimuladora da motivação intrínseca e de habilidades cognitivas superiores. Avalia-se que saber como buscar a resposta é mais importante do que saber a resposta, o que requer mudanças curriculares para que, de fato, desenvolver a capacidade cognitiva seja uma prioridade em relação à transferência de grande quantidade de conhecimentos teóricos.

**Palavras-chaves:** Aprendizagem Baseada em Problemas, raciocínio hipotético-dedutivo, ensino de ciências, atividades experimentais de biologia.

## ABSTRACT

Aiming to study and offer methodological tools that further the development of logical reasoning and the learner autonomy, this research assesses whether and how the participants in a summer school biology develop the pattern *If / and / then / and or but / therefore* described by Anton Lawson. The author postulates that this pattern of hypothetical-deductive reasoning is common in the way humankind acquires knowledge and scientific research. The pedagogical approach of the course where the research was conducted adopt the principles of Problem Based Learning (PBL) and aims to encourage participants to produce their own knowledge from problems investigated by experiments with scientific methodology. The audience of course were high school students and teachers of physics, chemistry, biology and mathematics. The seminars for socialization the activities and results achieved by them were videotaped. The analysis of these discourses revealed that Lawson's pattern is developed, but not consciously and not clearly expressed in a few steps. The expected results for the tests is confused with the hypothesis, confirming a universal tendency pointed out by Lawson. In light of cognitivism of Piaget and Ausubel, is shown the importance of making predictions, because these can drive prior knowledge, creating opportunities for construction and/or discovery new knowledge. Some participant teachers showed discomfort in question what seems obvious. The students showed difficulty in formulating problem issues related to their daily lives. But, as they explored the animal collection, began to make puzzling observations and new questions, suggesting predominant thoughts of concrete cognitive functioning and pointing to the need for actions to stimulate hypothetical-deductive thought. With the evolution of the activities, it was noted advances in reasoning and argumentation of participants in general. It is conclude that adopt patterns like Lawson's one is useful in the task of promoting thinking skills, as it provides a tool for observing and assessing how students are thinking, giving to the teacher an opportunity to plan pedagogical actions and interventions. It is also conclude that the experimental activity can be rich in stimulating situations of logical reasoning, since it is accompanied by moments of reflection. The results also speak in favor of the Problem-Based Learning as stimulatory of intrinsic motivation and higher cognitive skills. It is measured that to know how to seek the answer is more important than knowing the answer, which require curriculum changes in order that really teaching thinking skills is a priority in relation to the transfer of large amount of theoretical knowledge.

**Keywords:** Problem-Based Learning, hypothetical-deductive reasoning, science education, biology experimental activities.

## LISTA DE FIGURAS

Figuras 01 a 05 – Desenhos das observações de Galileu .....	51 e 52
Figura 06 – Sistema de processamento visual de Kosslyn e Koenig .....	64
Figura 07 – Senhora idosa ou jovem? .....	65
Figura 08 – A identificação de um Mellinark .....	66
Figura 09 – Passos da descoberta científica pelo método hipotético-dedutivo segundo Lawson .....	67
Figura 10 – Padrão de raciocínio que acompanha passos da pesquisa científica.....	72
Figura 11 – Estrutura do padrão de raciocínio com especificação dos resultados observados .....	73
Figura 12 – Layout de argumentos de Toulmin.....	88
Figura 13 – Comparação do Layout de Toulmin com o padrão de Lawson.....	89
Figura 14 – Exemplos de Mellinark.....	94
Figura 15 – Experimento da vela.....	96
Figura 16 – Esquema de análise para o padrão de raciocínio dos grupos.....	131
Figura 17 – Comparação do padrão de raciocínio e os passos da pesquisa científica segundo Lawson com as etapas relatadas nas socializações do Curso de Férias.....	165

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 .....	120
Comparação entre a ABP em curso de nível superior e no Curso de Férias	
Quadro 02 .....	136
Problemas elaborados e trabalhados pelos 12 grupos de participantes	
Quadro 03 .....	161
Identificação dos passos seguidos pelo grupo G1 na resolução do problema “Aprendizagem e locomoção dos camundongos sob efeito de álcool”	
Quadro 04 .....	169
Padrão de raciocínio usado pelo grupo G1 na resolução do problema “Aprendizagem e locomoção dos camundongos sob efeito de álcool”	
Quadro 05 .....	171
Identificação dos passos seguidos pelo grupo G1 na resolução do problema “Memória espacial dos camundongos”	
Quadro 06 .....	173
Padrão de raciocínio usado pelo grupo G1 na resolução do problema “Memória espacial dos camundongos”	
Quadro 07 .....	175
Identificação dos passos seguidos pelo grupo G5 na resolução do problema “O que é o sistema nervoso e onde ele se localiza?”	
Quadro 08 .....	177
Problemas dos 12 grupos de participantes, conforme o tipo de pergunta	
Quadro 09 .....	179
Padrão de raciocínio usado pelo grupo G5 na resolução do problema “O que é o sistema nervoso e onde ele se localiza?”	
Quadro 10 .....	181
Identificação dos passos seguidos pelo grupo G5 na resolução do problema “Os nervos estão ligados ao movimento?”	
Quadro 11 .....	184
Padrão de raciocínio usado pelo grupo G5 na resolução do problema “Os nervos estão ligados ao movimento?”	

## LISTA DE SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas (tradução para o PBL no Brasil)
ABRP	Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (tradução para o PBL em Portugal)
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEIND	Coordenação de Educação Escolar Indígena
CESUPA	Centro de Ensino Superior do Pará
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FAMEMA	Faculdade de Medicina de Marília
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
IEMCI	Instituto de Educação Matemática e Científica/UFPA
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
PBL	Problem-Based Learning
PISA	Programme for International Student Assessment Programa Internacional de Avaliação de Alunos
ppb	Partícula por bilhão
SEDUC	Secretaria de Estado de Educação (Pará)
TAP	Toulmin Argument Pattern Padrão de Argumento de Toulmin
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEPA	Universidade Estadual do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNICAMP	Universidade Federal de Campinas
USP	Universidade do Estado de São Paulo
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

## INTRODUÇÃO

“Pensar lógica e criticamente”. De acordo com Krasilchik (1987, p 2), este é um dos grandes objetivos do ensino de ciências, com os quais concordam boa parte dos educadores e cientistas. A autora ressalta que, embora não haja discordâncias evidentes sobre o papel das disciplinas científicas na educação dos jovens, os resultados estão longe de alcançar este objetivo primordial.

Diante deste fato, Krasilchik faz uma indagação pertinente: “Por que, na sala de aula, o ensino continua como sempre, e incoerente com as metas aceitas por consenso?” (1987, p. 2).

A pergunta feita na segunda metade da década de 1980 continua ecoando até hoje. Como professor, poderia apresentar inúmeras respostas, conhecidas dos educadores que têm vivência no dia a dia das escolas: falta de prioridade e investimentos na educação, currículos inadequados, dificuldades na formação inicial e continuada de professores e de outros profissionais da educação, entre outras.

Como pesquisador, desejo trazer o debate para o campo da metodologia, sobre que meios usar para que o ensino e a aprendizagem de habilidades do “pensar lógica e criticamente” sejam efetivos em nossas escolas.

A gênese de meu interesse por este tema começa ainda na minha adolescência e juventude. Meu pai<sup>1</sup>, sendo professor de filosofia, sempre nos reunia em torno da mesa, após o jantar, para conversas sobre assuntos diversos, tais como escolhas profissionais, cursos superiores, educação, política e, principalmente, questões de cunho filosófico. Dessas últimas lembro muito bem, pois acabavam consumindo muito do nosso tempo. Como jovens, eu e meus irmãos, achávamos o papo de filosofia um “saco”.

Não podia ser diferente. Que vozes compunham nosso discurso nesse sentido? Com certeza, uma delas era a da escola positivista. Vínhamos de uma escola autoritária, conveniada com a Marinha de Guerra do Brasil. Convivemos com o discurso do proibido durante todo o ensino fundamental.

Ao entrar no ensino médio, então segundo grau, em fins dos anos 70, minha escolha foi um curso de análises clínicas laboratoriais. Nesta época, predominavam os cursos e disciplinas instrumentais ou profissionalizantes. O ensino de ciências estava esfacelado, pois o objetivo do governo militar era formar mão de obra para o

---

<sup>1</sup> *In memoriam.*

desenvolvimento, ao contrário da década anterior, quando a ênfase era na formação de futuros cientistas, em função da corrida tecnológica estimulada pela guerra fria entre Estados Unidos e a então União Soviética (KRASILCHIK, 1987).

À essa altura, comecei a encarar os diálogos pós-jantar com meu pai com novas lentes, uma mais sensível e outra mais crítica, sendo levado a enxergar todo o jogo político e econômico que imperava no país. Mesmo sem poder contra-argumentar com meus professores naquele regime, refugiava-me nas minhas reflexões e manifestações em grupos de trabalho estudantil, bem como nas apresentações de trabalhos em feiras de Ciências.

As rédeas do estado militar haviam caçado o direito à formação filosófica durante os anos 70, retomada somente no início da década de 1980 (CALLEGARI, 2007; MOTTA, 2011). Desta forma, nas “horas vagas”, meu pai podia exercer o ofício de que mais gostava, dando aulas em escolas da rede estadual. Em casa, apresentava-nos os filósofos socráticos e pós-socráticos. Dos pensamentos de Platão, lembro que ele enfatizava um em especial: que a autoridade está em quem sabe pensar. Por isso, ele não se cansava, estava sempre argumentando e esperando nosso contra-argumento, ao estilo da argumentação apresentada em *O Príncipe*, de Maquiavel: “e se isto ou aquilo acontecesse, o que poderia ser feito?”

Certamente, ele queria ensinar os filhos a pensar criticamente. Mas havia um paradoxo nessa atitude. Além de professor, ele era também policial rodoviário federal e se orgulhava das estrelas de sua farda. Nós éramos instigados a dar opiniões em questões de filosofia, mas a seguir rigorosamente sua disciplina nas situações cotidianas de nossas vidas. Sua voz jamais podia ser desafiada.

Vejo agora que este comportamento talvez refletisse seu sofrimento diante da falta de liberdade para, naquele regime, expressar suas próprias ideias. Presumivelmente, em seu íntimo, talvez ele soubesse que a retirada da filosofia dos currículos era um dos maiores crimes daquele governo, pois suas consequências seriam danosas para a sociedade, embora silenciosas. Contudo, a voz do cerceamento da liberdade era mais forte: dentro da minha casa, na escola e no país, com consequências sentidas até hoje.

Ao chegar a hora de tentar uma vaga na universidade, optei pelo curso de licenciatura em biologia, pois me sentia atraído pela atividade experimental em laboratório e também me inclinava a uma profissão relacionada à educação. Filho de professor, irmão de professora, tudo contribuía para seguir o mesmo caminho. É

certo que fui influenciado pelo ofício de meu pai e de minha irmã, mas é certo também que me apaixonara por uma profissão que poderia me permitir trabalhar com o estudo dos fenômenos da vida, com o laboratório e com o pensamento.

No entanto, o curso ainda estava preso a um currículo muito mais direcionado à área da saúde do que a da biologia, com disciplinas comuns ao curso de medicina. Mesmo com a expectativa de uma formação diferenciada, fui traído pelas minhas percepções, pois não enxergava naquele modelo o autoritarismo dominante. Não o da “farda”, mas o de uma ciência encapsulada em pacotes pedagógicos prontos, retirados de um currículo de “gavetas”, com disciplinas compartimentadas, que não mantinham relação umas com as outras. O conteúdo era livresco, quase sempre distribuído em apostilas, as aulas práticas eram desvinculadas da teoria, o professor apresentava-se como o detentor da verdade, levando, em consequência, o aluno a uma postura passiva (FREIRE, 1988).

Saí da universidade, em 1986, não apenas com um diploma de biologia, mas com um acervo de “receitas” (HODSON, 1994; FERREIRA, 1997) para repassar a meus alunos. E caí direto nas teias de um mercado ávido em absorver trabalhadores ajustados a um sistema de produção massificador (KRASILCHIK, 1987).

Parafrazeando Capra (1982), o início dos anos 90 representou para mim um “ponto de mutação”, estabelecendo um marco na minha história docente. Em 1991, fui convidado a participar de um projeto piloto da SEDUC, em parceria com a então Companhia Vale do Rio Doce<sup>2</sup>, FUNAI e comunidade *Parkatêjê*<sup>3</sup>.

O objetivo era implantar uma escola indígena diferenciada, intercultural e bilíngue, seguindo as mudanças determinadas pela Constituição de 1988, que reconheceu aos povos indígenas o direito à alteridade<sup>4</sup>. A etapa a ser implantada era de 5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries, que formavam o último ciclo do ensino fundamental àquela época.

A proposta pedagógica seguia a linha construtivista e a estratégia do *Laboratório Vivencia*<sup>5</sup>, que parte da “vizinhança do observador” para eleger um tema

---

<sup>2</sup> Hoje apenas VALE.

<sup>3</sup> Na língua indígena desta etnia, *Parkatêjê* significa “o povo de jusante”, numa referência ao local do rio Tocantins de onde eles são oriundos (FERRAZ, 1983).

<sup>4</sup> Na antropologia, o direito de “ser outro”, incluindo respeito e preservação de sua cultura.

<sup>5</sup> Estratégia fundamentada no pensamento freireano que destaca a necessidade de práticas de observação e experimentação como fundamentais no processo educativo. A ênfase está na identificação de áreas de interesse naturalmente ligadas à realidade presente e não artificialmente criadas, de onde se origina o tema gerador a ser trabalhado em todas as disciplinas (GAZZETA, 1989). Sua implementação foi feita com assessoria da antropóloga Iara Ferraz (Centro de Trabalhos Indigenistas-SP) e da matemática Marineuza Gazzeta (Unicamp).

gerador como referencial de construção do conhecimento, numa perspectiva transdisciplinar. O projeto visava resgatar e valorizar a cultura do povo *Parkatêjê*, mas sem privá-los do direito de acesso à ciência ocidental sistematizada. Como professor de ciências, trabalhei e morei durante quatro anos na aldeia Mãe Maria, que fica no município de Bom Jesus do Tocantins, sul do Pará.

Lembro de um episódio marcante, quando estávamos trabalhando o abacaxi como tema gerador. Depois de falar de sua morfologia, fisiologia e classificação, um dos alunos, o ancião indígena *Jôkôrenhum*<sup>6</sup>, me convidou para mostrar sua roça de abacaxi. Depois de andar por toda a plantação, ele me ofereceu o maior deles e, junto, um facão. Com aquele gesto, entendi que eu mesmo teria que colhê-lo para conquistar o prazer de saborear aquele presente.

Comecei a usar o facão e, a cada tentativa, conseguia apenas mais e mais machucados na mão. Então, sem “queimar etapas” daquele aprendizado, após várias tentativas frustradas, escuto do velho amigo indígena: – “professor, tente usar a lâmina do facão cortando de baixo para cima”. Sem que ele fizesse qualquer demonstração prática, consegui, com aquela sugestão, colher o abacaxi.

Que aula especial recebi naquele dia! Eu, professor de biologia, graduado por uma universidade, entendi o quanto ainda tinha que aprender sobre esta espécie de fruta. Aquele velho indígena aplicou uma pedagogia construtivista sem nunca ter lido qualquer texto sobre metodologias de ensino e de aprendizagem.

O episódio foi marcante o suficiente para promover um repensar em minha práxis. Recorrendo a um conceito presente tanto na antropologia quanto na sociologia<sup>7</sup>, posso dizer que foi neste momento que me “estranhei” como professor. No universo pedagógico, um paralelo para esse conceito de estranhamento é o que Freire (1988) chama de “ad-mirar”, o ato de olhar de fora que permite ao homem perceber novas dimensões da realidade até então não percebidas.

No exercício desse distanciamento, comecei a me perguntar: que biologia é esta que estou ensinando? Como esses povos tradicionais, até pouco tempo ágrafos, estão recebendo as informações advindas de uma ciência ocidental? Como

---

<sup>6</sup> *In memoriam*. Aluno da escola, mas também professor de cultura *Parkatêjê*, um grande colaborador e entusiasta daquela escola diferenciada.

<sup>7</sup> Para a Antropologia e outras áreas das ciências sociais, a “experiência da estranheza” é um distanciamento do fenômeno estudado, necessário para que o que é “familiar” ao pesquisador seja visto com outros olhos (VELHO, 1978).

deveria me portar para trabalhar uma educação escolar com esses indígenas sem ser etnocêntrico? Que formação de professor foi a minha, no sentido de me preparar para trabalhar com povos tradicionais da Amazônia?

Ainda segundo Freire (1988), ao distanciar-se de seu mundo vivido, problematizá-lo e “descodificá-lo” criticamente, o homem se redescobre e percebe como “está sendo” no mundo. O reconhecimento dessa condição o leva também a se reconhecer como ser inconcluso, residindo aí a historicidade do homem. Vejo agora o quanto era inacabado como professor – e o quanto ainda sou.

Com esta constatação, me rendo ao fato de que a incompletude é uma condição humana, pois o conhecimento é construção e descoberta permanentes. E acrescento três lições que, segundo Almeida (2008), Lévi-Straus (2011) colheu do que chama de a “ciência primeira”, aquela que tem por referência a dinâmica do conhecer das sociedades imersas na natureza: (1) proximidade com a natureza viva; (2) estranhamento e rigor crítico na construção do conhecimento; e (3) o pôr do sol como um modelo para o pensamento – quando se pensa que o conhecimento foi plenamente alcançado, lá se vai ele, como o espetáculo do sol poente, para depois nascer de novo e de novo. É a transitoriedade do conhecimento, que é provisório, falível e corrigível, como dizia Popper (2007).

Ao fazer análise desta experiência com o povo *Parkatêjê*, vejo como antídoto para o etnocentrismo pedagógico a importância de reconhecer que há muito mais saberes do que aqueles com os quais nós lidamos (ALMEIDA, 2010; DEMO, 2010). Neste ponto, recorro a outro pensamento de Lévi-Strauss (2011): o de que a objetividade não é uma exclusividade do pensamento científico. Segundo o antropólogo e filósofo francês, há uma unidade no pensamento humano, observada pela universalização das propriedades cognitivas expressas nas operações de distinguir, opor, relacionar, hierarquizar e aferir sentido às coisas do mundo, em qualquer sociedade, independente da variação e diversidade de suas elaborações simbólicas.

Em 1995, a equipe de professores da escola *Parkatêjê* foi remanejada pela SEDUC para fazer a implantação da Seção de Educação Escolar Indígena – hoje CEIND, responsável pelos projetos de escolas regulares em terras indígenas paraenses e na formação de professores índios para atuar nessa rede de ensino. Nesse período, voltei a dar aulas também na rede regular em Belém, tanto no ensino fundamental quanto no médio.

A experiência com formação de professores índios mantinha-me motivado a buscar formas de promover aprendizado significativo dos conteúdos de ciências também para meus alunos não índios, na expectativa de não reproduzir o modelo de ensino propedêutico em que fui formado (KRASILCHIK, 1987).

Uma das estratégias que usava era aproximar ao máximo o conteúdo escolar da realidade deles, usando linguagem e exemplos de seu cotidiano. Além disso, costumava elaborar exercícios em que os conceitos estudados aparecessem de forma indireta ou diferente da apresentada no livro-texto, estimulando o raciocínio lógico. Às vezes, eram exemplos bem prosaicos, apelando para o bom humor.

Apesar dos alunos gostarem desse estilo de aula, a maioria, porém, reclamava da mesma abordagem nas provas, ainda que fizesse isso de forma pontual. Ouvi muitas vezes a pergunta: “professor, por que o senhor não faz questões como estão no livro?” Cheguei a ser “denunciado” à coordenação de uma escola por uma mãe que dizia que eu cobrava na prova coisas que não tinha “dado”. É muito triste ver esse apego a um modelo conteudista, baseado na reprodução de informações do livro-texto e na memorização. Daí o meu interesse por métodos didáticos que estimulem o raciocínio lógico e a aprendizagem não mecânica.

Ao deixar a CEIND, em 2007, fui convidado a coordenar as atividades de biologia no laboratório multidisciplinar de uma escola de ensino médio da rede estadual em Belém. O trabalho incluía preparar roteiros experimentais e acompanhar sua execução por parte de outros colegas com suas turmas. Fiquei entusiasmado com a possibilidade de encontrar uma alternativa ao modelo de aula baseado na simples transferência de conteúdo.

Entretanto, olhando para a minha formação lá atrás, vejo que pouca coisa mudou. A experimentação ainda é realizada pela experimentação. Ou seja, os alunos são atraídos pelo espetáculo experimental, sobretudo os que ainda estão no ensino fundamental; o protocolo dá pouco espaço à reflexão do aluno; ainda existe um muro separando o conteúdo visto em sala de aula e a prática no laboratório (HODSON, 1994).

Percebi que, apesar de reconhecerem a importância do laboratório e cobrarem mais investimentos nele, muitos professores e alunos enxergam as aulas práticas como obstáculo ao cumprimento do conteúdo programático, principalmente aqueles das últimas séries do ensino médio, que estão na corrida preparatória para o vestibular.

Analisando esta realidade, algumas indagações me assomam: o paradoxo “o laboratório é importante, mas atrapalha o conteúdo” seria um reflexo de o ensino experimental ser visto apenas como uma alternativa mais atrativa e “moderna” da aula meramente expositiva? Como fazer para que a atividade laboratorial não seja apenas um instrumento a mais na transmissão de conteúdos prontos, mas um recurso útil para conduzir alunos e professores pela vereda da reflexão que leva à construção do conhecimento próprio?

Conhecer o Curso de Férias “Forma, Função e Estilo de Vida dos Animais”, que trabalha com o ensino experimental de biologia usando a metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP (ROSÁRIO, 2005; MALHEIRO, 2005, 2009), motivou-me a fazer esta pesquisa. Meu interesse inicial foi estudar alternativas para o ensino experimental de ciências, em especial de biologia.

Mas o que exatamente investigar na metodologia praticada no Curso de Férias? Malheiro (2005) já havia identificado a boa receptividade de alunos e professores à ABP como alternativa metodológica para o ensino experimental de ciências, concluindo que sua aplicação em nossas escolas exigiria capacitação em larga escala e investimentos em infraestrutura. Rosário (2005) apontou que a ABP pode contribuir para formar professores reflexivos e que estes, mesmo diante das limitações de infraestrutura, podem adotá-la em suas aulas, sobretudo nos níveis médio e superior.

A luz que me mostrou o caminho a seguir veio após ler Malheiro (2009), Malheiro e Teixeira (2009), Locatelli (2006), Locatelli e Carvalho (2007), através dos quais conheci o trabalho do pesquisador e educador americano Anton Lawson.

Lawson (2002, 2004) postula que há um padrão de raciocínio comum para a forma como a humanidade adquire conhecimento – o hipotético-dedutivo – e que este pode acompanhar os passos de toda descoberta científica. O padrão descrito por ele tem a seguinte estrutura: *se / e / então / e ou mas / portanto*. Cada um desses elementos linguísticos corresponde a passos do processo de fazer ciência. O “se” refere-se à hipótese; o “e”, ao teste planejado; o “então”, ao resultado esperado; o “e ou mas” corresponde ao resultado observado e o “portanto”, à conclusão (LAWSON, 2002, 2004).

A obra de Lawson me atraiu para uma linha de investigação que me permitiria estudar não apenas a metodologia do ensino experimental em ciências, mas principalmente trazer a pesquisa para um campo de questionamento que me é

instigante: como enfrentar as dificuldades dos alunos em construir raciocínios lógicos a partir de contextos ou problemas reais, autênticos, de situações não apresentadas no livro didático?

A partir daí, delimito a questão-problema que norteia este trabalho: verificar como os participantes do Curso de Férias raciocinam ao resolver problemas de biologia em um contexto onde se utiliza a ABP com ênfase na investigação experimental. O problema foi sintetizado na seguinte questão de pesquisa:

***“Se/como o padrão de raciocínio descrito por Lawson é desenvolvido pelos participantes do Curso de Férias?”***

A investigação foi feita com base nos dados empíricos constituídos durante o Curso de Férias realizado em Castanhal (PA), em fevereiro de 2011, tendo entre os participantes professores e alunos da rede pública de ensino.

Para dar conta dos pressupostos envolvidos, organizei esta dissertação em seis capítulos: os três primeiros constituem os referenciais teóricos que a fundamentam e os demais abordam o objeto de pesquisa propriamente dito.

No capítulo 1, Aprendizagem Baseada em Problemas, começo situando o que é a ABP, como esta surgiu e por que tem se expandido no mundo e no Brasil. Apresento os seus fundamentos teóricos, alicerçados no cognitivismo construtivista, com destaque para as contribuições de Piaget, Vygotsky e Ausubel.

No capítulo 2, Lawson e o Raciocínio Hipotético-Dedutivo, apresento o postulado do autor sobre a predominância desse tipo de raciocínio nas nossas atividades cotidianas e no trabalho dos cientistas, o padrão *se / e / então / e ou mas / portanto* e as implicações deste para o ensino de ciências.

No capítulo 3, Conceitos e Contextos no Ensino de Ciências, abordo questões teóricas que estão na órbita dos dois temas centrais (ABP e o padrão de Lawson), sendo importantes para entender o contexto da pesquisa e justificar sua relevância.

No capítulo 4, o Curso de Férias, apresento o objeto e *lócus* da pesquisa. Além de contextualizar sua história e objetivos, mostro como a ABP é aplicada no curso, com ênfase na atividade experimental como fonte de investigação para construção do conhecimento.

No capítulo 5, exponho a Metodologia de Pesquisa, destacando que a constituição dos dados empíricos foi feita por meio do registro das socializações<sup>8</sup> de todos os grupos participantes, além do acompanhamento de um grupo de professores e outro de alunos. Apresento ainda a fundamentação teórica para a análise dos dados.

No capítulo 6, a Análise e Discussão dos Dados é feita à luz do referencial teórico. Para responder à questão-problema, analiso inicialmente o contexto do curso, os processos de pesquisa vivenciados pelos participantes, de modo a identificar os fatores que influenciam na construção de seus raciocínios. Em seguida, apresento e discuto os dados específicos referentes ao padrão de raciocínio *se / e / então / e ou mas / portanto*, respondendo à pergunta levantada.

Por fim, resumo as conclusões a que esta pesquisa me permitiu chegar.

---

<sup>8</sup> Seminários realizados no segundo dia e no encerramento do curso, onde os participantes relatam todas as atividades desenvolvidas, a começar pela definição do problema e como o resolveram.

## 11 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS – ABP

Conhecer a Aprendizagem Baseada em Problemas, abordagem usada no Curso de Férias, é o primeiro passo para entender o contexto desta pesquisa.

Neste capítulo, explico o que é e como funciona a ABP, por que ela tem se expandido pelo mundo e estabeleço algumas diferenças e comparações com outras metodologias que também são orientadas por problemas.

Por fim, apresento os fundamentos teóricos da aprendizagem autônoma e ativa, principais características da ABP, que se utiliza, na construção do conhecimento, de problemas do cotidiano do aluno ou de sua futura profissão, além do trabalho em grupo.

### 1.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E OPERACIONALIZAÇÃO

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é a versão em português para o *Problem-Based Learning*, o PBL, sigla através da qual foi inicialmente difundida no Brasil. Segundo Berbel (1998), uma variedade de termos foi usada para defini-la: técnica de ensino, método de ensino, metodologia, pedagogia, proposta pedagógica, proposta curricular, estratégia de ensino, currículo PBL, procedimento metodológico. A autora preferiu a definição “proposta curricular”. Schmidt (1993), porém, diz que se trata de uma “abordagem de ensino e aprendizagem”.

As principais características da ABP podem ser assim resumidas: o ensino é centrado no aluno, que trabalha em pequenos grupos, sob a orientação de um tutor, que é um facilitador ou guia do processo. Um problema dá início ao estudo de um tema, com liberdade para o aluno gerir seu aprendizado, num processo cooperativo e interdisciplinar (SCHMIDT, 1983, 1993; BERBEL, 1998; DECKER e BOUHUIJS, 2009; DEELMAN e HOEBERIGS, 2009; e KOMATSU *et al*, 2003).

Mas que tipo de problema a ABP utiliza como instrumento propulsor de aprendizado? Não se trata do mesmo conceito como é entendido na abordagem tradicional de ensino e aprendizagem. De acordo com Leite e Esteves (2005), no contexto tradicional, problema se resume a exercícios propostos após a apresentação da teoria com o objetivo de verificar o nível de compreensão e memorização dos conteúdos por parte dos alunos. *A priori*, não há obstáculos para sua resolução, porque o aluno já sabe onde encontrar a resposta, que é única.

Leite e Esteves (2005) destacam ainda que, numa metodologia orientada por problemas, a teoria só é estudada depois que um problema é identificado ou apresentado. As autoras relatam que o entendimento é de que, assim como na vida real, o problema vem em primeiro lugar, depois é que é feito o estudo para a sua solução. À medida que o resolvem, os alunos vão adquirindo uma compreensão dos princípios científicos subjacentes.

Nesse contexto, problema corresponde a uma dificuldade que desafia nos alunos a capacidade de solução. A resposta é desconhecida do aprendiz, que precisará fazer pesquisas para encontrá-la: a solução pode ser mais de uma ou nem existir. Os problemas podem ser resolúveis após pesquisa teórica em meios diversos, mas há casos que pedem a utilização de atividades laboratoriais, trabalhos de campo, entrevistas, entre outras (LEITE e ESTEVES, 2005).

Enquanto um problema com a função de exercício baseia-se na repetição e serve para desenvolver competências de baixo nível cognitivo, os problemas considerados verdadeiros ou didáticos exigem diversificação de habilidades, desenvolvendo competências de elevado nível cognitivo (*ibidem*).

O impacto é sentido não só na construção de conhecimentos, mas também na aquisição de habilidades e atitudes (RIBEIRO e MIZUKAMI, 2004; MORAES e MANZINI, 2006). De acordo com Ribeiro e Mizukami (*idem*), o processo para o alcance de resultados nessas três áreas é mais importante do que a solução do problema em si.

Leite e Esteves (2005) relatam opiniões de que a ABP é uma das opções educacionais com maior potencialidade surgida nos últimos tempos – já se vão mais de 40 anos desde sua primeira sistematização. Ribeiro (2008) destaca que, apesar das vantagens demonstradas em ampla literatura, a ABP não deve ser vista como uma receita pronta a ser implantada indiscriminadamente.

Desde que surgiu, a metodologia vem sofrendo adaptações, conforme variam o contexto e objetivos educacionais. No modelo original da faculdade de medicina da Universidade McMaster (Canadá), a “espinha dorsal” do currículo é formada por uma sequência de problemas, que vão aumentando em complexidade e interdisciplinaridade a cada ano do curso, espelhando as situações da prática profissional (RIBEIRO, 2008). Neste contexto, a ABP é a metodologia norteadora do projeto curricular do curso em que é adotada, envolvendo um amplo planejamento e engajamento de toda a instituição. Uma comissão é responsável em elaborar materiais onde os problemas aparecerão de forma implícita, remetendo para os

temas de conhecimento previstos no currículo. Os temas são divididos em módulos sequenciais por afinidade, permitindo a exploração integrada de conteúdos de diferentes disciplinas (BERBEL, 1998; KOMATSU *et al*, 2003; DECKER e BOUHUIJS, 2009; UEL, 2012).

Existe um modelo híbrido de ABP, relatado em cursos de arquitetura e engenharia, que inclui tanto aprendizagem ativa quanto passiva. O núcleo central do currículo é montado com problemas/projetos a serem trabalhados por grupos de alunos acompanhados por tutores. Este núcleo é subsidiado por módulos ou matérias que podem durar um bimestre, um semestre ou um ano, cabendo aos docentes escolher a metodologia para ensinar seus conteúdos (RIBEIRO, 2008).

Outra modalidade de uso da ABP é o modelo parcial, em que a metodologia é empregada em um ou mais componentes (disciplinas) do currículo convencional (*ibidem*). Ribeiro e Mizukami (2004) citam relatos oriundos de outros países de utilização bem-sucedida da ABP em disciplinas isoladas ou somente em partes delas para se trabalhar um conteúdo específico.

Em qualquer dos casos, a base de funcionamento da ABP são os grupos tutoriais, assim chamados por causa da dinâmica de estudo em sistema de tutoria, que envolve um tutor<sup>9</sup> (papel atribuído ao professor) e seus tutorandos, com média de 8 a 10 alunos por grupo. Há um tutor para cada módulo temático, que acompanha os grupos na resolução do conjunto de problemas propostos para aquela unidade. Cada tema/problema apresentado é resolvido na sessão tutorial, que dura uma semana e inclui duas reuniões do grupo, no início e ao final do ciclo (KOMATSU *et al*, 2003; UEL, 2012).

Após o tutor apresentar o material referente ao tema/problema, o que pode ser através de textos escritos, vídeos e outros recursos, as etapas seguintes têm, em média, sete passos, variando pouco de uma instituição para outra. Resumo a seguir esses passos a partir de informações fornecidas por Schmidt (1983), Komatsu *et al* (2003), Decker e Bouhuijs (2009), Deelman e Hoeberigs (2009), Iochida (2001) e UEL (2012).

---

<sup>9</sup> Segundo Bellodi (2003), o termo tutor guarda uma relação com Mentor, personagem da Odisseia, de Homero, amigo fiel do rei Ulisses. Quando este partiu para a guerra de Tróia, incumbiu Mentor de cuidar do seu filho Telêmaco e da sua esposa Penélope. O mesmo acabou exercendo forte influência na formação do caráter, valores e sabedoria do rapaz.

Os sete passos da sessão tutorial são os seguintes:

1. *Esclarecimento de termos desconhecidos* – Os membros do grupo devem identificar e esclarecer entre si palavras, expressões e termos técnicos que desconheçam, enfim, qualquer coisa que não entendam no material que apresenta o tema/problema. Se todos concordarem que o significado foi esclarecido, seguem para o próximo passo. Senão, devem anotar o termo para incluí-lo entre os objetivos de aprendizado.
2. *Identificação do problema proposto* – Após análise atenta e criteriosa, o grupo deve identificar qual é ou quais são os problemas que o material traz. Esta é uma atribuição exclusiva dos alunos, resultando do processo de discussão em grupo: eles elegem os problemas a serem investigados e resolvidos. Quando o enunciado é bem formulado, leva o grupo direto ao(s) problema(s) do tema de estudo proposto no currículo. Isso depende mais do planejamento do material do que da condução ou interferência do tutor.
3. *Formulação de hipóteses* – O grupo começa a formular hipóteses explicativas e a fazer considerações sobre como solucionar o problema. Esta é a fase em que os alunos trazem para a discussão seus conhecimentos prévios, desenvolvendo habilidades de pensamento reflexivo. Usando a técnica do *brainstorming*<sup>10</sup>, vão se lembrando de coisas que já viram ou ouviram. Pode ser qualquer experiência ou informação, cada um tendo liberdade de expressar seu entendimento atual sobre o problema. O diálogo visando à troca de impressões e conjecturas se dá na relação aluno-aluno.
4. *Resumo das hipóteses* – Depois da “tempestade de ideias”, é preciso objetivar e resumir a discussão, relembrando os problemas listados, as hipóteses levantadas e as considerações pró e contra cada uma delas, com a eleição das mais plausíveis.
5. *Formulação dos objetivos de aprendizado* – Após a definição da ou das hipóteses mais prováveis, os alunos devem identificar os aspectos necessários para a solução do problema e quais os conhecimentos que não dispõem e precisam adquirir, formulando seus objetivos de estudo. O ideal é ser específico. Mesmo que alguém ache determinado ponto importante, o grupo deve decidir coletivamente o que é mais relevante. Também nesta fase, dependendo de como

---

<sup>10</sup> Conhecido também como tempestade ou chuva de ideias, na tradução do inglês para a língua portuguesa. O objetivo do *brainstorming* é liberar a mente para a geração de múltiplos pensamentos, sem restrição. Mesmo aqueles considerados mais absurdos são permitidos, sem julgamentos prévios ou censura. O importante é haver um clima de liberdade, confiança e respeito (OLIVEIRA, 1999).

o problema foi formulado, os alunos serão conduzidos a eleger objetivos de aprendizado semelhantes aos previstos no planejamento curricular. A primeira reunião da sessão tutorial termina com a definição das metas de estudo.

6. *Busca de informações em estudo individual* – Após essa definição, os alunos seguirão para estudos individuais. Neste momento, o grupo recebe do tutor uma lista de fontes disponibilizadas pela própria instituição, como livros da biblioteca, base de dados em sistema de internet, programas interativos multimídia, periódicos (revistas e jornais científicos), vídeos, slides e outros. Os alunos poderão também recorrer a fontes extras na internet, fazer experimentos laboratoriais, ouvir a opinião de professores especialistas e fazer entrevistas com profissionais ou pessoas da comunidade. Além de manter grupos de consultoria, a instituição também organiza palestras quando necessário. Essa etapa proporciona não apenas o levantamento de dados para solução do problema, mas também o desenvolvimento de habilidades para o aprendizado autogerido.
7. *Integração das informações e solução do problema* – Na reunião seguinte, os alunos socializam e integram os resultados de seus estudos. Com base nas informações e evidências levantadas e comparação com os conhecimentos prévios, o grupo tem agora condições de solucionar o problema. É a aplicação imediata da informação adquirida. Se houver necessidade, podem ser feitas incursões complementares. O papel de sistematizar o conhecimento cabe ao aluno, uma habilidade fundamental a ser desenvolvida para a vida e a prática profissional. Exercitando as habilidades do pensamento crítico, os alunos são motivados a rever e analisar o registro das hipóteses iniciais e o caminho percorrido até a solução do problema que originou o processo de aprendizagem. E a avaliar “o quê” e “como” aprenderam durante a busca da solução. Podem ser feitos testes de compreensão do conteúdo adquirido por meio da aplicação em outra situação ou problema análogo. A sessão tutorial finaliza com a autoavaliação, a avaliação dos pares, do tutor e da sessão em si.

Vendo como a ABP se processa na prática, é possível perceber que a Aprendizagem Baseada em Problemas exige mudança radical nos papéis tanto do professor quanto do aluno. Ao desempenhar o papel de tutor, o professor deixa de ser o transmissor da informação e passa a ser um estimulador e parceiro dos estudantes na construção do conhecimento, assessorando e participando em cada etapa.

Cabe ao tutor conduzir o grupo com habilidade para que os alunos tirem o máximo proveito da sessão e avancem na construção do conhecimento. Nos momentos de insegurança e dúvidas do grupo, deve apontar caminhos e aprofundar as discussões; instigar e provocar, resistindo à tentação de oferecer respostas. Por isso precisa dominar o assunto e os objetivos a serem alcançados. Deve ajustar a direção das atividades e promover a objetividade caso os estudantes se desviem do foco principal. É também sua tarefa avaliar os estudantes do ponto de vista cognitivo e comportamental. (DECKER e BOUHUIJS, 2009; KOMATSU *et al*, 2003; MORAES e MANZINI, 2006; RIBEIRO, 2008; UEL, 2012).

Dentre os membros do grupo, são eleitos um coordenador e um secretário ou relator, em sistema de rodízio ao longo do ano, para que todos exercitem essas habilidades. A função do coordenador é liderar o grupo em todo o processo, manter a dinâmica, estimular a participação do grupo e controlar o tempo. Já o relator deve registrar as discussões e sugestões, ajudar o grupo a ordenar seu raciocínio, registrar as fontes de pesquisa usadas e as conclusões do estudo (KOMATSU *et al*, 2003; UEL, 2012).

Em todo o processo, o aluno é estimulado a sair da passividade a que estava acostumado na escola tradicional e a descobrir as vantagens da aprendizagem ativa. Espera-se que ele participe das discussões, contribuindo com seu conhecimento prévio e experiências, pesquisando e trazendo para as sessões tutoriais informações e novos conhecimentos adquiridos, indicando os mais relevantes para a solução do problema. (DECKER e BOUHUIJS, 2009; KOMATSU *et al*, 2003; MORAES e MANZINI, 2006; RIBEIRO, 2008; UEL, 2012).

Nem sempre a mudança é fácil e tem a adesão de todos os universitários. Segundo Ribeiro (2008, p. 28), “a aprendizagem ativa pode causar ressentimento em alunos escolarizados em ambientes educacionais tradicionais e provocar resistência naqueles que são vencedores nos mesmos”. Além disso, pode ser mais difícil para alunos introvertidos ou individualistas e requer mais tempo tanto do aluno quanto do professor. Este pode enfrentar algum desconforto diante de questionamentos abertos e sentir dificuldade em avaliar individualmente os componentes do grupo. Outra queixa é a difícil equação entre aprofundamento X abrangência de conteúdos.

Ribeiro (*idem*) destaca que um dos pontos mais controversos da ABP refere-se à construção de conceitos. Os alunos alcançam um bom entendimento funcional, mas nem sempre sabem nomear entidades ontológicas e epistemológicas. O desempenho conceitual deles é igual ou pior que os de estudantes de currículos

convencionais, embora se questione que esse tipo de teste costuma ser padronizado, podendo favorecer os alunos treinados na memorização de conceitos.

Mas pesquisas têm demonstrado que o esforço de mudança vale a pena, mesmo com os limites identificados. Além de um ensino mais prazeroso e motivador, a principal conquista para o aluno é uma atitude questionadora e crítica, além de uma postura de estudo e aprimoramento permanentes, fundamental na sociedade do conhecimento globalizado (SCHMIDT, 1993; RIBEIRO e MIZUKAMI, 2004; MORAES e MANZINI, 2006; RIBEIRO, 2008).

## 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E EXPANSÃO

A Aprendizagem Baseada em Problemas, o *Problem-Based Learning* (PBL), nasceu juntamente com a reforma curricular da faculdade de medicina da Universidade McMaster, em Hamilton, província de Ontário, Canadá. O projeto de mudança começou em 1966 e a primeira turma admitida com o novo currículo foi a de 1969 (LEE e KWAN, 1997).

A mudança iniciada na McMaster buscava romper com os padrões tradicionais de ensino médico e desejava formar profissionais com conhecimentos mais sólidos e aprofundados, além de mais próximos do cotidiano dos pacientes. O objetivo era oferecer aos formandos uma visão integrada das dimensões biológicas, psicológicas e sociais do paciente e oferecer resultados mais efetivos para a sociedade (DECKER e BOUHUIJS, 2009; BRANDA, 2009).

De acordo com Decker e Bouhuijs (2009), a Aprendizagem Baseada em Problemas surgiu de modo bastante pragmático, sem embasamento teórico de nenhuma psicologia educacional ou ciência cognitiva – pelo menos não de forma sistematizada, deduz-se. Eles informam que seus fundadores partiram apenas das experiências e crenças pessoais e do anseio de romper com o sistema tradicional e conservador de ensino.

Schmidt (1993) conta que os pioneiros foram influenciados pelo método do estudo de caso desenvolvido na Faculdade de Direito de Havard nos anos de 1920, como instrumento para um aprendizado atrativo. Entre esses pioneiros, ele destaca o neurologista Howard Barrows, que se tornou o principal proponente da nova abordagem. Outros nomes citados são John Evans, Bill Spaulding, Bill Walsh, Jim Anderson, Fraser Mustard e Vic Neulfeld.

Segundo Branda (2009, p. 208-209), “o grupo [...] buscava mudanças [...], mas o fazia sem muita certeza de quais seriam elas. Guiou-se pelo que intuitivamente considerava uma metodologia adequada para o aprendizado efetivo”.

O autor informa que, quando ficou um ano como consultor da Universidade de Maastricht, na Holanda, para colaborar na concepção e implantação de um projeto de PBL na escola de medicina daquela instituição, descobriu na antiga biblioteca local as obras de Comenius (1592-1670), constatando que este filósofo medieval foi pioneiro na aplicação de metodologia baseada em problemas, uma vez que usava grupo de imagens como núcleos geradores para o aprendizado do latim. Além disso, o autor acrescenta um pensamento de Comenius que evidencia uma conexão com a aprendizagem autodirigida: “os professores devem se preocupar em ensinar menos; e os alunos, em aprender mais” (BRANDA, 2009, p. 215).

Ele destaca ainda que o conceito de aprendizagem autodirigida já aparecia também nos *Anacleto*s de Confúcio (500 a.C.) pois este só ajudava seus discípulos a obter respostas para perguntas depois que já haviam esgotado suas tentativas.

Foi em 1976, após sete anos de maturação da nova proposta, que o modelo da McMaster foi levado para a Universidade de Maastricht, na Holanda, então Universidade Pública de Limburgo. A cidade venceu um concurso nacional para criação de mais uma faculdade de medicina, por causa do projeto inovador e porque a região precisava de incentivo (DEELMAN e HOEBERIGS, 2009).

A partir dessas duas escolas de medicina, McMaster e Maastricht, o PBL se expandiu para escolas de medicina de outros países, como a Universidade de Aalborg na Dinamarca, a Universidade de Linköping na Suécia, e a Escola de Enfermagem Vall d’Hebron em Barcelona-Espanha (ARAÚJO e SASTRE, 2009).

Nas duas últimas décadas do século XX, a nova metodologia foi se espalhando pelo mundo, chegando ao ponto de, na Austrália, ser adotada por nove das dez escolas de medicina do país (LIMA, KOMATSU e PADILHA, 2003). Nos Estados Unidos, as universidades de Harvard, Albuquerque e Hawai estão entre as escolas médicas que passaram a adotá-la em seus currículos (UEL, 2012).

Além da América do Norte e Europa, a Aprendizagem Baseada em Problemas alcançou outros continentes. Por recomendação das Sociedades das Escolas Médicas, o PBL foi levado para países da África, Ásia e América Latina. A metodologia chegou ao Brasil 30 anos depois de sua criação, sendo adotada primeiramente pela Faculdade de Medicina de Marília (FAMEMA), em 1997, e pelo curso de Medicina da Universidade Estadual de Londrina (UEL), em 1998 (BERBEL, 1998; MORAES e MANZINI, 2006).

O PBL se expandiu da área da saúde, como medicina, enfermagem, fisioterapia e odontologia, para outros domínios, fenômeno registrado também aqui

no Brasil, como na Engenharia de Produção (MARTINS, 2002; RIBEIRO e MIZUKAMI, 2004; RIBEIRO, 2008), na Construção Civil (NEVES, 2006), no Direito (CARLINI, 2006), na Matemática (SILVA e DEJUSTE, 2009) e nos cursos da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP Leste (ARAÚJO e ARANTES, 2009), só para citar algumas experiências.

Segundo Diniz (entrevista 2006)<sup>11</sup>, o fato da metodologia se espalhar para diversas áreas do conhecimento, deve-se aos resultados alcançados: “o impacto é extraordinário porque os alunos não recebem uma resposta pronta, um versinho para decorar e responder no dia da prova. Eles fazem uma pergunta, um problema que têm que resolver, contribuindo para um aprendizado duradouro”.

Daí porque a ABP também foi adotada no Curso de Férias, projeto criado pelo professor Leopoldo de Meis na UFRJ e estendido a outras universidades, incluindo a UFPA. Por aqui, há o registro de uso isolado de ABP em disciplinas dos cursos de medicina, educação física e fisioterapia da UFPA, no estudo de assuntos específicos, como na área de neurofisiologia (entrevista, 2012)<sup>12</sup>. O Centro de Ensino Superior do Pará – CESUPA, por sua vez, adota oficialmente o PBL em módulos temáticos do seu currículo<sup>13</sup>.

Segundo Rué (2009), a expansão da ABP no ensino superior, em todo o mundo, explica-se pelo fato de que estão ganhando importância as abordagens baseadas na autonomia da aprendizagem. E que este fato está ocorrendo como forma de se enfrentar a explosão do conhecimento favorecida pelas novas mídias, em especial as tecnologias digitais ligadas à internet. Ele destaca que a transição da *sociedade industrial* para a *sociedade do conhecimento* criou a necessidade de uma nova metodologia para transferir conhecimentos e formar cidadãos autorreflexivos.

Diversos relatórios mundiais sinalizam esta mudança, como a Carta de Bolonha, assinada pela União Europeia em março de 2000, que estabelece como meta principal desenvolver o potencial de autoaprendizagem dos alunos, a competência de aprender a aprender, uma habilidade imprescindível nesses novos tempos de informações excessivas e disponibilizadas numa velocidade cada vez mais rápida (RUÉ, 2009; ARAÚJO e SASTRE, 2009).

O fato de ter acesso a diferentes fontes de informação, aprender à distância, estudar em casa, fora da sala de aula ou seguir processos de autoinstrução e outros não são suficientes para o desenvolvimento da autonomia pessoal e intelectual do

---

<sup>11</sup> Cristovam Diniz. Entrevista videogravada concedida a João Malheiro, como subsídio para sua tese de doutorado. Oriximiná (PA), julho de 2006.

<sup>12</sup> Cristovam Diniz. Entrevista videogravada concedida a Moisés David. Belém (PA), fevereiro de 2012. Usada como subsídio para a constituição do referencial teórico desta dissertação.

<sup>13</sup> Informação disponível no site da instituição: <<http://www.cesupa.br/Graduacao/Biologicas/med.asp>> Acesso em: 15 jan. 2013.

aluno. Daí a importância das universidades e escolas se reinventarem para atender a essas novas exigências das sociedades, da cultura e da ciência (RUÉ, 2009).

Se esta mudança é necessária no ensino superior, faz-se também urgente no ensino básico. Segundo Andrade (2007), não há registros no Brasil de uso da ABP nos níveis fundamental e médio, mas encontram-se casos no exterior, sobretudo nos Estados Unidos.

Andrade (2007) relata que os casos em que a ABP aparece sendo usada no ensino médio brasileiro é como proposta para aproximar o conhecimento científico do cotidiano de alunos de populações carentes (caso do Curso de Férias) e em proposta de simulação de carreiras profissionais, visando preparar os alunos para o mercado de trabalho. Também não encontramos outros registros além dos citados e da própria experiência piloto de Andrade.

Ao pesquisar os limites e possibilidades de aplicação da ABP com alunos de 3º ano do ensino médio, a partir de aulas piloto envolvendo problemas de zoologia, Andrade (*idem*) apontou a vantagem da metodologia para trabalhar conteúdos de forma contextualizada e desenvolver habilidades de resolução de problemas e interação entre os alunos. Um dos limites identificados por ela é o currículo centrado numa grande quantidade de conteúdos teóricos que precisam ser cumpridos, e a falta de compreensão por parte dos principais envolvidos no processo educacional sobre a importância de mudar o jeito tradicional de ensinar e aprender.

Malheiro (2005) e Rosário (2005)<sup>14</sup> também investigaram a possibilidade de aplicação da ABP no ensino médio, em atividades de biologia, com pesquisas desenvolvidas no âmbito do Curso de Férias no Pará. O primeiro considerou a opinião de estudantes e professores cursistas, mostrando que a ABP foi bem aceita por ambos, como possibilidade de mudar as aulas de ciências e biologia. Contudo, diz que sua disseminação exigiria capacitação em larga escala, envolvendo as universidades, valorização do professor, gestão e liderança para iniciar o processo de mudança e melhor infraestrutura das escolas para experimentação.

Rosário (2005), por sua vez, focalizou a formação de professores de ciências, concluindo que a ABP pode contribuir para formar professores reflexivos, assim como promover maior envolvimento e motivação destes e dos alunos com o processo educacional. Apesar das restrições atuais de infraestrutura, ela acredita na possibilidade de utilização imediata da ABP também no ensino médio, assim como sua ampliação no ensino superior, com adaptações à realidade local.

---

<sup>14</sup> Ambas as pesquisas realizadas na primeira edição do curso, ocorrido em Belém.

Em Portugal, onde a ABP recebeu o acrônimo de ABRP, em função do *Problem-Based Learning* ter sido traduzido como Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas, há o registro de larga expansão no ensino universitário e a introdução no básico e secundário, que correspondem ao fundamental e médio no Brasil (LEITE e ESTEVES, 2005).

Leite e Afonso (2001) elaboraram uma proposta de ABRP para esses níveis, baseada em quatro etapas, ao que chamaram de sequência tetrafásica. A primeira etapa começa com a apresentação pelo professor de um “contexto problemático” capaz de gerar múltiplos problemas. Na fase seguinte, os alunos devem formular questões em três categorias: “O que já sei/já me é familiar?”, “O que não sei/não compreendo/nunca ouvi falar?”, “O que gostaria de saber/aprofundar sobre este assunto?” Os alunos discutem com o professor quais as questões mais relevantes.

Na terceira etapa, eles se dividem em grupo e planejam como resolver o(s) problema(s) escolhido(s), respondendo também a três questões: “O que é que eu já sei sobre este problema ou sobre esta questão?”, “O que é que eu necessito saber para resolver eficazmente este problema ou questão?”, “A que fontes de informação devo recorrer?”. Depois, traçam estratégias e vão a campo em busca do conhecimento que precisam para solucionar o problema. As fontes são as sugeridas e organizadas pelo professor e as de iniciativa própria. Esta etapa é repetida de acordo com o número de problemas a resolver.

A etapa final é a síntese dos conhecimentos obtidos e/ou desenvolvidos e avaliação de todo o processo, tanto a eficácia da aprendizagem, quanto a contribuição da atividade para o desenvolvimento dos alunos como cidadãos e membros de uma sociedade em permanente transformação. Eles são estimulados a responder a questões como: “O que é que eu aprendi de novo?” e “O que ficou por esclarecer?” (*ibidem*).

A priori, me parece uma proposta prática, que pode viabilizar o uso da ABP no ensino básico de forma mais sistemática.

### 1.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: COGNITIVISMO CONSTRUTIVISTA

Apesar da ausência de sistematização de bases teóricas fundamentando a origem da ABP, sua adoção extensiva vem motivando estudos para conectá-la com diversas abordagens educacionais, de acordo com Decker e Bouhuijs (2009).

Os autores apontam que na Aprendizagem Baseada em Problemas os alunos são direcionados para objetivos educacionais que enfatizam, notadamente, o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores como as resumidas a seguir:

1. Capacidade de solucionar questões da vida real utilizando habilidades mentais superiores, como pensamento crítico e tomada de decisões;
2. Aquisição de ampla base de conhecimentos integrados, que possam ser acessados e aplicados em diferentes situações;
3. Capacidade de identificar o que precisa aprender, saber localizar e utilizar informações e conhecimentos úteis na resolução de problemas;
4. Atitudes e habilidades necessárias para o trabalho em equipe;
5. Formação do hábito permanente de abordar um problema com iniciativa e diligência, mantendo a propensão para a aquisição dos conhecimentos e habilidades necessários para sua resolução;
6. Hábito da autorreflexão e autoavaliação, permitindo considerar seus pontos fortes e suas fraquezas, bem como o estabelecimento de metas.

Mas qual o arcabouço teórico que justifica e orienta esses objetivos?

Os fundamentos para a aprendizagem ativa e orientada por problemas são apontados, sobretudo, nas teorias de John Dewey, Jerome Bruner, Jean Piaget, David Ausubel, Lev Vygostky e Paulo Freire (SCHMIDT, 1993; DOCHY *et al*, 2003; PENAFORTE, 2001; HARLAND, 2003; KOMATSU *et al*, 2003; CARON, 2004; CYRINO e TORALES-PEREIRA, 2004; CHEN, FENG e CHIOU, 2009; GENTIL, 2009).

Berbel (1998) aponta que a ABP tem como fonte de inspiração os princípios da escola ativa e do método científico. Vale lembrar que, segundo Gadotti (2006), o movimento por uma escola ativa, surgido em fins do século XIX e início do XX, inspirou e consolidou o movimento da Escola Nova, que se propagou por quase todo o mundo, representando um considerável avanço na história das ideias e práticas pedagógicas. Entre seus expoentes mais destacados estão John Dewey (1859-1952) e Jean Piaget (1896-1980). Paulo Freire (1921-1997) também herdou muitas conquistas da Escola Nova, embora tenha lhe criticado o liberalismo trazido da economia e o fato de menosprezar a dimensão política da educação.

Os princípios da aprendizagem ativa defendidos por Dewey, seguido pelos trabalhos de Piaget e Bruner iniciaram o que Schmidt (1993) chama de uma revolução cognitiva na psicologia. De acordo com ele, ao longo da história, as teorias psicológicas de ensino e aprendizagem tem andado lado a lado com a

filosofia da ciência a respeito da natureza do conhecimento, pendendo ora para o racionalismo ora para o empirismo<sup>15</sup>.

Schmidt (1993) e Penaforte (2001) ressaltam que Dewey enfatiza o uso de problemas como partida para o aprendizado, a importância de se aprender interagindo com eventos da vida real, o aprender fazendo. É o valor da experiência, da atividade prática, que Gentil (2009) destaca como uma das dimensões principais da ABP, ao valorizar experiências concretas e problematizadoras.

Bruner, por sua vez, defende que o estudante é um solucionador de problemas se colocado frente a “situações discrepantes” e que aprende pela descoberta, entendida aqui como a percepção de similaridades e relações diante da exploração de conteúdos alternativos. É dele também a concepção de currículo em espiral, em que as mesmas ideias, os mesmos tópicos devem aparecer em complexidade crescente nos diferentes níveis de ensino (KRASILCHIK, 2011).

Ribeiro (2008) sintetiza que a ABP se apoia nas pesquisas em ciência cognitiva, que mostram que a aprendizagem não é um processo de recepção passiva e acumulação de informações, mas sim de construção de conhecimentos; que esta é aprimorada pela interação social e facilitada quando os alunos são expostos a situações da vida real.

De acordo com Mizukami (2011), a abordagem cognitivista inclui os psicólogos e pesquisadores que tratam dos chamados processos centrais do indivíduo, como organização do conhecimento, processamento de informações, estilos de pensamento e comportamento relativo à tomada de decisões.

Analisando o cognitivismo na área educacional, Mizukami (2011) diz que o fenômeno educativo, por sua própria natureza, é multidimensional e não há uma única teoria que o explique exhaustivamente, pois nele estão presentes tanto a dimensão cognitiva, quanto humana, técnica, emocional, sociopolítica e cultural.

A autora classifica, porém, as teorias de ensino e de aprendizagem em cinco abordagens, conforme o primado que dão ao sujeito, ao objeto ou à relação entre sujeito-objeto, sendo elas: (1) tradicional e (2) comportamentalista, com ênfase no

---

<sup>15</sup> No racionalismo, a razão é considerada o fundamento de todo o conhecimento, ela é capaz de conhecer o real e chegar à verdade sobre a natureza das coisas; para o empirismo, todo conhecimento deriva, direta ou indiretamente, da experiência sensível, das percepções (JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006).

objeto de estudo; (3) humanista, com ênfase no sujeito; (4) cognitivista e (5) sociocultural, com ênfase na relação sujeito-objeto.

Além de predominantemente interacionistas, dando oportunidade para que o pêndulo (me aproprio aqui da metáfora de Schmidt) entre o racionalismo e o empirismo fique mais ou menos no meio, as abordagens cognitivista e sociocultural são também construtivistas, pois consideram o conhecimento como construção, seja individual ou coletiva (VALADARES, 2011).

Para Piaget, o fundador da epistemologia genética, as estruturas mentais ou estruturas orgânicas que constituem a inteligência não são inatas nem determinadas pelo meio. São, na verdade, produto de uma interação entre sujeito e objeto, construção resultante da capacidade do indivíduo de responder às perturbações que o atingem, pois todo organismo procura manter um estado de equilíbrio com seu ambiente (PIAGET 2010a; MIZUKAMI, 2011).

O que pode acontecer, por exemplo, com uma planta de região quente que é levada para uma região fria? Depois de algum tempo, em vez de morrer, pode diminuir e engrossar suas folhas para resistir ao frio. Quem realiza a mudança, a planta ou o ambiente? A própria planta se autorregula, o ambiente apenas constituiu o contexto para a mudança (PIAGET, 1972, *apud* CARON, 2004).

A mesma autorregulação ocorre nos seres humanos de forma mais sofisticada. Quando uma informação nova não se encaixa aos esquemas mentais preexistentes (conceitos), surge um desequilíbrio. O equilíbrio é restaurado quando há uma adaptação biológica da estrutura cognitiva, o que pode ocorrer por meio de assimilação ou acomodação (PIAGET 2010a; MIZUKAMI, 2011).

Na assimilação, a realidade do mundo exterior é incorporada aos esquemas já existentes, por meio de similaridades e analogias; na acomodação, a estrutura cognitiva é modificada por influência do mundo externo, ou seja, através das experiências, criando novos esquemas mentais. Piaget (2010a) considera que assimilação e acomodação são mecanismos indissociáveis, sendo que o primeiro está ligado aos processos dedutivos, enquanto o segundo aos empíricos, como se lê a seguir:

[...] à medida que a assimilação combina melhor com a acomodação, a primeira se reduz à atividade dedutiva em si mesma, a segunda à experimentação, e a união das duas transforma-se nessa relação indissociável entre a dedução e a experiência, relação que caracteriza a razão (PIAGET, 2010a, p. 143).

Nessa troca do organismo com o meio, assimilação e acomodação representam um processo em busca de constante equilíbrio, a adaptação progressiva. Diante de experiências não assimiláveis, desequilibradoras, a mente procura mecanismos para se reestruturar, modificando-se (acomodação). As experiências acomodadas dão origem a um novo estado de equilíbrio e esquemas mentais. Este processo é chamado de equilibração majorante, o ponto principal da teoria piagetiana. Para ele, a ação humana consiste nesse movimento contínuo e perpétuo de reajustamento ou equilibração (PIAGET, 2010a, 2010b; MIZUKAMI, 2011).

Piaget (2010b) classificou o desenvolvimento humano em fases ou períodos: sensório-motor, período em que a criança baseia-se exclusivamente nas percepções sensoriais e nos esquemas motores; fase pré-operatória, quando ela começa a trabalhar com símbolos e representações; fase operatório-concreta, quando já é capaz de lidar com a reversibilidade e com a lógica, mas ainda depende da percepção do mundo e de operar com objetos concretos; e a fase do operatório formal, que geralmente se inicia aos 11 ou 12 anos, e registra a passagem do pensamento concreto para o formal, ou hipotético-dedutivo.

O pensamento está vinculado ao surgimento da linguagem e resulta da interiorização da palavra, tendo como base o sistema de signos. A primeira forma de pensar é por incorporação ou assimilação. A segunda é o pensamento adaptado aos outros e ao real, que prepara o caminho para o pensamento lógico. Até cerca de sete anos, a criança permanece pré-lógica e suplementa a lógica, ainda incipiente, pelo mecanismo da intuição, uma das formas de operação do pensamento. Depois dos sete anos, surgem as operações lógicas concretas, mediadas pelo objeto. No início da adolescência, vem a mudança libertadora: a passagem do pensamento concreto para o formal, que não depende mais apenas da observação do real e alcança o plano das construções abstratas, das ideias gerais (PIAGET, 2010b).

Segundo Piaget (2010b), o pensamento formal é hipotético-dedutivo porque é capaz de deduzir conclusões de puras hipóteses e não somente através de uma observação real. Ele exemplifica: “Edith tem os cabelos mais escuros que Lili. Edith é mais clara que Suzana. Qual das três tem os cabelos mais escuros?” São três personagens fictícias, apenas hipótese para o pensamento. As crianças na fase operatório-concreta só conseguem responder a esta pergunta se virem as personagens. Na fase operatório-formal, a resposta é possível partindo apenas do enunciado verbal.

Mas quantos adultos, diante do exercício proposto, não precisariam pegar um papel e desenhar as três personagens para poder responder à questão? De acordo com Parra (1983), pesquisas na década de 1970 mostraram que apenas 50% dos adultos submetidos a testes parecidos demonstraram o raciocínio formal. O percentual entre adolescentes e jovens girava entre 15% e 20%.

Diante de constatações como essa, o próprio Piaget ampliou seus estudos e verificou que, num contexto em que o sujeito não tem experiência prévia ou que não corresponde às suas aptidões ou interesses, ele pode utilizar um raciocínio característico de uma fase anterior do desenvolvimento cognitivo, como o das operações concretas. Se a tarefa estiver dentro do seu domínio particular, mais facilmente o sujeito expressará o pensamento hipotético-dedutivo (PIAGET, 1972, *apud* CARON, 2004).

Para Piaget, a inteligência é o mecanismo de fazer relações e combinações. Este processo é o que caracteriza a aprendizagem e a aquisição de conhecimento: aprender implica em assimilar e acomodar o objeto a esquemas mentais. Por isso a aprendizagem verdadeira só se dá através do exercício operacional da inteligência, só acontece quando o aluno elabora e amplia seu conhecimento, modificando suas estruturas cognitivas pela acomodação (MIZUKAMI, 2011).

Baseada nessa perspectiva construtivista, a autora define que uma abordagem cognitivista piagetiana do processo de ensino e de aprendizagem tem as seguintes características:

1. As fases do desenvolvimento do aluno devem ser respeitadas, a função da educação é ajudar no seu desenvolvimento cognitivo, oferecendo situações desafiadoras e que promovam desequilíbrios para que o aluno viva intensamente cada etapa;
2. O aluno deve ter liberdade de ação e um papel essencialmente ativo, com atividades de observar, experimentar, comparar, relacionar, analisar, justapor, compor, levantar hipóteses, argumentar, entre outras;
3. O ensino deve ser baseado no ensaio e erro, na pesquisa, na investigação, na solução de problemas, e não em fórmulas e definições.
4. A pesquisa por parte do aluno deve ter um papel primordial, porque é através da investigação que se formam novas operações mentais. As experiências não devem ser feitas na frente do aluno, mas sim por ele;
5. Ao professor cabe oferecer problemas aos alunos, sem ensinar-lhe as soluções. Seu papel é, essencialmente, o de um orientador;

6. O objetivo da educação nesta abordagem não se constitui, portanto, na transmissão de informações, modelos, verdades etc., mas sim em que o aluno aprenda, por si próprio, a descobrir essas verdades.
7. A avaliação implica em verificar se o aluno já adquiriu noções, conservações, se realizou operações, relações etc. O conhecimento não é mensurável.

Caron (2004) aponta como o construtivismo piagetiano se vincula, na prática, com a ABP. O principal fator de convergência é que o problema provoca no aluno um estado de desequilíbrio, levando à necessidade de novas construções e organizações adaptativas em busca da equilibração. Outro ponto é a ênfase colocada na ação do sujeito sobre o real, em que o objeto do conhecimento é apresentado de forma contextualizada e o sujeito vai interagindo com ele.

Komatsu *et al* (2003) também destacam que na ABP é preciso proporcionar aos alunos experiências que produzam um desequilíbrio no seu conjunto de conceitos preexistentes e uma modificação desses esquemas mentais: revisão, (re)construção, enriquecimento. Eles dizem que o problema pode ser imaginário ou representar uma situação real, simulada ou não, porém desperta mais o interesse dos alunos quando estes não têm uma explicação imediata. Ou seja, há o desafio provocado pela situação desequilibradora.

E quanto mais as atividades estiverem relacionadas à futura prática profissional (no caso do ensino superior), maior será a motivação dos estudantes e a funcionalidade dos conteúdos. Por isso, o problema deve ser extraído da realidade com a qual o aluno vai trabalhar (KOMATSU *et al*, 2003).

Existe também outra vantagem de o problema ser vinculado ao futuro profissional do aluno. Segundo Schmid (1993), pesquisas demonstram que o conhecimento é mais facilmente recuperado quando a situação em que vai ser aplicado é semelhante àquela em que foi aprendido.

Outro ponto de convergência entre a ABP e o construtivismo piagetiano, de acordo com Caron (2004), é o fundamento para o estudo em pequenos grupos, em função dos efeitos da interação social entre os alunos.

Neste aspecto, La Taille (1992) argumenta que as críticas a Piaget por “desprezar” o papel dos fatores sociais em sua teoria são injustas. Ele reconhece que foram poucas as balizas do pesquisador suíço nesta área, mas que são de suma importância, como esta: que a inteligência humana se desenvolve somente em função das interações sociais entre indivíduos, em geral bastante negligenciadas,

posição que consta de um de seus principais livros – *Biologia e Conhecimento* –, segundo destaca La Taille (1992).

O autor acrescenta que, para Piaget, a qualidade da troca intelectual entre indivíduos é o critério que define seu desenvolvimento social. O grau ótimo se dá quando a troca atinge também o equilíbrio. Mas nem toda relação interindividual madura apresenta um pensamento coerente e objetivo. Piaget descreve dois tipos de relação social: a coação e a cooperação (*ibidem*).

Na coação, intervém um elemento de autoridade ou prestígio. O convencimento não se dá por provas e argumentos, mas porque a fonte é vista como digna de confiança ou como detentora de poder. O indivíduo “coagido” tem pouca participação racional na produção, conservação e divulgação das ideias. Ele ensina aos outros da mesma forma “coercitiva” como aprendeu. As trocas sociais ficam empobrecidas e os indivíduos tendem a se isolar no seu ponto de vista, o que representa um freio ao desenvolvimento da inteligência. As relações de cooperação, por sua vez, possibilitam esse desenvolvimento. Há discussão, troca dos pontos de vista, controle mútuo dos argumentos e das provas. Há possibilidades de se chegar a verdades e não manter somente dogmas, como na coação (*ibidem*).

Ainda de acordo com La Taille (*idem*), Piaget não aborda a influência dos fatores culturais na interação social, o que certamente limita sua teoria. Seu foco tem mais uma perspectiva ética, com os conceitos de coação e cooperação. O desenvolvimento cognitivo é condição necessária, mas não suficiente para o pleno exercício da cooperação, porque esta pode ou não interessar ao sujeito.

Freire (1988) também enfatizou a importância de se romper com os “argumentos de autoridade”. Segundo ele, ninguém educa ninguém, assim como ninguém se educa sozinho: os homens se educam em comunhão, mediados pelo mundo. Da mesma forma, ninguém liberta ninguém e ninguém se liberta sozinho.

Mas qual o efeito das interações sociais sobre o nosso cérebro? Este foi o campo de estudo do mais influente teórico do construtivismo sociocultural: Lev Vygotsky (1896-1934). Seu postulado contempla a dupla natureza do homem, visto como ser biológico que só se desenvolve no seio de um grupo cultural. Em Vygotsky, as funções psicológicas superiores são construídas ao longo da história social. Ao nascer, o indivíduo traz consigo uma estrutura básica, reflexo da história evolutiva da espécie, mas esta se transforma na sua relação com o mundo. O homem só é o que é (ser humano) em função das relações com o outro social (OLIVEIRA, 1992).

A relação do indivíduo com o mundo é mediada pelos instrumentos e símbolos desenvolvidos culturalmente. A ideia de mediação é central na obra de Vygotsky: o sujeito não tem acesso direto aos objetos, mas a recortes do real operados pelos sistemas simbólicos de que dispõe. Neste aspecto, dois fatores se destacam: a capacidade de lidar com representações que substituem o real, possibilitando fazer relações mentais na ausência dos referentes concretos; e a origem social dos sistemas simbólicos (OLIVEIRA, 1992).

É a cultura que fornece o universo de significações usado para construir uma ordenação e interpretação do mundo real. Esta é uma construção de fora para dentro do sujeito, num processo de internalização onde a linguagem tem papel fundamental. Ela é o sistema simbólico fundamental, porque simplifica e generaliza a experiência, ordenando as instâncias do mundo em categorias conceituais (*ibidem*).

De acordo com Oliveira (1992), Vygotsky distingue duas categorias de conceitos: os “cotidianos” ou “espontâneos”, desenvolvidos no decorrer da atividade prática da criança e de suas interações sociais imediatas; e os conceitos “científicos”, aqueles construídos por meio do ensino formal.

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos é ascendente, formando-se primeiro a noção básica – louro e moreno, por exemplo, depois a noção de etnia –; já o desenvolvimento dos conceitos científicos é descendente: primeiro forma-se uma noção abstrata, que vai sendo familiarizada, aproximada. É preciso que um conceito espontâneo tenha atingido determinado nível para que um conceito científico correlato seja assimilado (*ibidem*).

Sobre a formação dos conceitos, Rego (2011) destaca um ponto fundamental: para Vygotsky, é impossível e infrutífero o ensino direto de conceitos, o máximo que se consegue é um verbalismo vazio, como a fala de um papagaio.

Um dos aspectos da teoria de Vygotsky mais conhecidos é o da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). De acordo com Rego (2011), ele identifica dois níveis de desenvolvimento: o nível ou zona de desenvolvimento real ou efetivo, referindo-se às conquistas que o sujeito já tem, habilidades que já domina, aquilo que é capaz de fazer sozinho; e o nível de desenvolvimento proximal ou potencial, referindo-se àquilo que a pessoa também é capaz de fazer, porém com a ajuda de alguém mais experiente do seu grupo cultural (pais, professor, criança mais velha).

Em resumo, a ZDP corresponde à distância entre o que já se sabe e o que se está apto a aprender. Segundo Vygotsky, tanto nas escolas quanto na vida real, as avaliações costumam se dar apenas no nível da zona do conhecimento efetivo, sendo retrospectiva e limitada ao saber consolidado. Já a avaliação feita no nível da

ZDP é mais representativa do desenvolvimento do indivíduo, pois é prospectiva, enxerga brotos ou flores em vias de desabrochar. Antes se concentra neles do que nos frutos prontos (REGO, 2011).

Ainda segundo Rego (*idem*), a implicação da ZDP para a educação é que o bom ensino é aquele que se antecipa ao desenvolvimento, que se dirige às funções psicológicas que estão em vias de se completarem. A autora ressalta que Vygotsky deixa claro que se o meio não desafia, exige e estimula o intelecto, esse processo poderá se atrasar ou mesmo não se completar e o aluno não alcançará estágios mais elevados de raciocínio.

Aqui, vejo um paralelo com a teoria da equilibração de Piaget, pois se uma informação nova também não incomoda, ou melhor, não provoca um desequilíbrio, não conduzirá o indivíduo na jornada em busca de mecanismo para a equilibração e a consequente acomodação, formando novos esquemas mentais.

Na ABP, o problema cumpre esta função de desafio e desequilíbrio. Outra implicação da ZDP para a educação é a importância da atuação de pessoas mais experientes no desenvolvimento individual do aluno, o que na Aprendizagem Baseada em Problemas fica bem evidente, segundo Gentil (2009), com o sistema de tutoria e trabalho em grupos.

Vygotsky ressaltou a importância da escola e do professor nessa tarefa de apoiar o aluno. Segundo Fino (2001), ele usou a metáfora do *scaffolding* (andaime em inglês) para ilustrar o papel do professor ou tutor como agente metacognitivo. O andaime dá suporte a um edifício em construção e vai sendo retirado à medida que se passa para outros estágios da obra, até não ser mais necessário. Papel semelhante deve ter o agente metacognitivo.

À luz da teoria de Vygotsky, metacognição é a consciência dos próprios processos de aprendizagem, a avaliação da internalização de conceitos e do próprio pensamento. É chamada também de autorregulação. Esta é precedida por uma regulação exterior. Primeiramente, o aprendiz é guiado e à medida que vai interiorizando conhecimentos e habilidades, assume cada vez mais responsabilidade cognitiva sobre a gestão da atividade até ficar autorregulado. Além do professor ou tutor, esta função pode ser desempenhada também por uma colega, dentro de suas possibilidades, claro. Daí a importância do relacionamento com os pares para o processo de aprendizagem (FINO, 2001).

Harland (2003) destaca três estratégias presentes na ABP que são baseadas na Zona de Desenvolvimento Proximal: ênfase no diagnóstico do processo de ensino e aprendizagem, criação e manutenção de ambientes

educacionais com atividades “autênticas”, ou seja baseadas em situações reais, e o uso de monitores para ajudar a desenvolver a autonomia dos alunos. Chen, Feng e Chiou (2009) relatam também experiência bem-sucedida de PBL com monitores executando a proposta do *scaffolding*.

A interação social nos grupos é um dos pontos mais destacados como benéficos na operacionalização da ABP. De acordo com Komatsu *et al* (2003, p. 7), o grupo tutorial “é um fórum onde os recursos dos membros do grupo são mais efetivos do que a somatória das atividades individuais”. Segundo estes autores, além de preparar o aluno para desempenhar suas atividades futuras, já que o trabalho em equipe é realidade em diferentes áreas profissionais, os pequenos agrupamentos funcionam também como laboratório sobre interação humana, desenvolvendo nos participantes competências de comunicação e relacionamento interpessoal, incluindo habilidades de receber e fazer críticas, saber ouvir, oferecer análises e contribuições produtivas.

Schmidt (1993) aponta que outra vantagem do estudo em equipe é a de promover a motivação. De acordo com ele, a motivação para estudar pode ser de duas ordens: intrínseca, também chamada de curiosidade epistemológica, um desejo de conhecimento que o aluno traz internamente; e a extrínseca, que é influenciada por outros fatores, como passar de ano ou arranjar um bom emprego. A motivação intrínseca é associada, em pesquisas, com o prolongamento voluntário do tempo de estudo e, principalmente, com a melhora do processo cognitivo. Ele cita estudos que comprovam que participar de debates em grupo e ser confrontado com outras perspectivas promove a curiosidade epistemológica.

Neste aspecto, os estudos sobre a ABP reconhecem também a contribuição de David Ausubel (1918-2008) para a importância do trabalho em grupo na construção do conhecimento, na medida em que a produção coletiva proporciona aprendizagem significativa.

Ao permitir que a soma das contribuições individuais seja explorada em toda a sua potencialidade, a técnica do *brainstorming* usada na sessão tutorial favorece vínculos com conceitos já conhecidos do aluno (KOMATSU *et al*, 2003; DEELMAN e HOEBERIGS, 2009; IOCHIDA, 2001).

Assim, ficam evidenciados os aspectos da teoria cognitiva de aprendizagem significativa de Ausubel: “a aprendizagem significativa refere-se ao sentido [significado] que o estudante atribui aos novos conteúdos e à forma como esse material se relaciona com os conhecimentos prévios e pode contribuir para o crescimento pessoal e profissional do educando” (KOMATSU *et al*. p. 7).

Segundo os autores, a utilização de problemas, simulados ou não, pode promover aprendizagem significativa, desde que os pré-requisitos de motivação do estudante, utilização de conhecimento prévio, produção de desequilíbrio/novo equilíbrio e funcionalidade do conteúdo sejam respeitados.

Em Ausubel, a aprendizagem ocorre quando há ampliação da estrutura cognitiva, através da incorporação de novas ideias, o que pode acontecer de maneira significativa ou mecânica. O termo significativa refere-se ao fato de uma nova informação (conceito, ideia, proposição) adquirir significados para o aprendiz através da vinculação com conhecimentos prévios existentes na sua estrutura cognitiva. Esta é entendida como o conteúdo total, a organização e inter-relação das ideias do indivíduo, onde estão também os conceitos, proposições, crenças, valores (MOREIRA<sup>16</sup>, 2005, 2006).

Para que a significação ocorra, o conceito ou ideia prévia precisa ser especificamente “relevante”, ter algum vínculo com a nova informação. Ausubel chamou de “subsunçor” todo conceito, ideia ou proposição prévia capaz de servir de ancoradouro para a nova informação. Moreira (2006) esclarece que a palavra subsunçor não existe em português, é uma tentativa de traduzir a palavra inglesa *subsumer*<sup>17</sup>.

Não basta, porém, apenas existir o subsunçor. A aprendizagem significativa só acontece se a informação nova se relacionar com este de forma não arbitrária – isto é, numa relação lógica e explícita entre a nova ideia e a anterior –, e de maneira substantiva (não literal), em que o sujeito terá condições de explicá-la com suas próprias palavras (MOREIRA, 2006).

Em contraposição, aprendizagem mecânica (automática ou memorialística) é quando novas informações são incorporadas sem ligação com subsunçores, de forma arbitrária e literal, de pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação (MOREIRA, 2006).

Por isso, Ausubel definiu que o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é justamente aquilo que o aprendiz já sabe, sendo fundamental fazer

---

<sup>16</sup> Estudioso e divulgador da Teoria da Aprendizagem Significativa no Brasil, Marco Antônio Moreira foi orientando de Doutorado de Novak (co-autor de obras com Ausubel) na Universidade de Cornell, em 1977, com tese sobre o efeito da abordagem ausubeliana no currículo de um curso introdutório de eletromagnetismo.

<sup>17</sup> *Subsumer* é o substantivo correspondente ao verbo *subsume*, que, segundo o dicionário Oxford (2000), significa “*includ something in a particular group and not consider it separately*”. Em português, o verbo correspondente é subsumir e o ato de subsumir é a subsunção (Houais, 2009).

este diagnóstico e considerá-lo para que o processo de ensino e aprendizagem seja realmente significativo (MOREIRA, 2006).

Souza (2011) mostra exemplos práticos da importância do conhecimento prévio para a aplicação da ABP. Seu estudo foi feito na aprendizagem de algoritmos e conteúdos computacionais, com alunos universitários no primeiro ano.

Quando o aprendiz não tem subsunçores a respeito de determinado assunto, Ausubel sugere o uso de organizadores prévios, materiais introdutórios que devem ter um nível mais alto de abstração, com mais generalidade e inclusividade do que o tema a ser estudado. A principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que precisa aprender, oferecendo ligações cognitivas para desenvolver subsunçores ausentes e formar o ancoradouro necessário ao novo conhecimento. Não se trata de uma introdução ou visão geral sobre o assunto. Pode ser uma demonstração, um debate, um filme ou vídeo, assim como textos escritos (MOREIRA, *op. cit.*).

Moreira (2005) ressalta que ancoragem é um termo útil, mas não reflete a dinâmica do processo, pois há uma interação entre o conceito novo e o antigo: ambos se modificam e o conhecimento é construído. Este processo é chamado de diferenciação progressiva.

Há situações, porém, em que a modificação decorre da relação não entre um conceito novo e um antigo, mas entre dois conceitos já existentes, processo chamado de reconciliação integrativa. Por exemplo: a soma dos conceitos *bio* e *logos*, resultando na ideia de biologia. Toda reconciliação integrativa resulta também em diferenciação progressiva (mudança), já que surge um novo conceito (*idem*).

Como a estrutura cognitiva tende a organizar-se em níveis hierárquicos de abstração, generalidade e inclusividade de seus conteúdos, os significados para uma nova informação podem nascer por subordinação ou superordenação de subsunçores. Segundo Moreira (1997), este fato aproxima as teorias de Ausubel e Piaget: dar significados por subordinação ou por superordenação assemelha-se ao processo de assimilação e acomodação.

A subordinação pode ser derivativa, ocorrendo quando a nova informação é apenas corroborante ou diretamente derivável de algum conceito já existente, com inclusividade. Este caso corresponderia à assimilação piagetiana (*idem*).

Quando a nova informação é uma extensão, elaboração ou modificação do conhecimento prévio, enriquecendo a estrutura cognitiva, tem-se subordinação

correlativa. Em um nível mais elevado e menos comum, pode acontecer de a nova informação, em vez de ser subordinável aos subsunçores, ter a capacidade de subordiná-los, somá-los numa reconciliação integradora de dados aparentemente conflitivos, ocorrendo aí a superordenação. Estas duas situações corresponderiam à acomodação piagetiana (MOREIRA 1997).

A comparação vai além: assim como não há aprendizagem significativa quando o conteúdo não é potencialmente significativo (não encontra subsunçores onde se ancorar), também não ocorre acomodação (ampliação do conhecimento) quando o desequilíbrio cognitivo gerado pela experiência é tão grande que não é assimilável. Nos dois casos, a mente permanece como estava (*ibidem*)

Acrescento um paralelo também com a teoria de Vygotsky: trabalhar além do limite da Zona de Desenvolvimento Proximal seria do mesmo modo infrutífero.

Com esta analogia, Moreira (1997) buscou demonstrar que o conceito de aprendizagem significativa é suprateórico, sendo compatível com a teoria piagetiana e outras teorias construtivistas.

O próprio Piaget se definiu como construtivista ao final de sua carreira (DRIVER *et al*, 1999). Já a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel foi apresentada como tal por Joseph Novak, que criou o conceito de construtivismo humano. Ele criou também uma estratégia potencialmente facilitadora da aprendizagem significativa, chamada de mapa conceitual<sup>18</sup> (MOREIRA, 2005).

Por conta desta contribuição, Moreira pensa que o mais justo seria creditar a teoria da aprendizagem significativa a Ausubel e Novak (CARDOSO, 2003).

Além da dimensão significativa ou mecânica, que se refere à forma como o aluno aprende, a teoria ausubeliana apresenta também os conceitos de aprendizagem por recepção ou descoberta, referindo-se à forma como o aluno é confrontado com o objeto de conhecimento (MOREIRA, 2006; VALADARES, 2011).

Na forma receptiva, o conteúdo é apresentado em sua forma final, como aparece nos livros e outras fontes; já na aprendizagem por descoberta, este deve

---

<sup>18</sup> Mapa conceitual é um diagrama feito para indicar relações significativas entre conceitos. Pode ser usado em uma única aula, em uma unidade de estudo ou mesmo para expor o conteúdo de um curso inteiro. Apesar de ser um diagrama com setas ligando os conceitos, estas não indicam hierarquia organizacional ou de poder, nem implicam em sequência, temporalidade ou direcionalidade. Pode indicar apenas uma hierarquia conceitual, no que o mapa difere da rede semântica, pois esta não tem a mesma hierarquia e nem sempre é formada só de conceitos. Na linha que liga um conceito a outro, é escrita uma ou mais palavras-chave indicando a natureza do vínculo entre eles (MOREIRA, 2005).

ser descoberto pelo aprendiz, através da construção de significados por meio de atividades diversas, como o trabalho escolar de laboratório. A descoberta pode ser orientada pelo professor, guiada por outros meios ou feita de forma autônoma, como as pesquisas científicas e as criações artísticas (MOREIRA, 2006; CARDOSO, 2003; VALADARES, 2011).

Qual das duas formas é mais indicada, por recepção ou descoberta? A escolha depende do conteúdo a ser aprendido/ensinado. Segundo Moreira (2006), Ausubel não nega o valor de uma ou de outra, mas entende que há espaço para as duas modalidades. O método por descoberta pode ser especialmente indicado à aprendizagem de certos conceitos científicos, já para a aquisição de grandes corpos de conhecimento é inviável e mesmo desnecessário.

Moreira (2006) destaca, porém, que tanto numa situação quanto na outra, a aprendizagem pode ser significativa ou mecânica. Uma aula expositiva que segue um mapa conceitual pode ser plenamente significativa, já uma experiência de laboratório que segue um protocolo com resultado previamente determinado pode não ter nenhum significado duradouro para o aluno.

#### 1.4 SIMILARIDADE COM OUTRAS METODOLOGIAS E A QUESTÃO DO QUE É PROBLEMATIZAÇÃO

A ampla expansão da ABP e a tentativa de adotá-la nos mais diferentes contextos educacionais fez surgir certa ambiguidade conceitual diante da existência de diferentes formatos e de outras metodologias similares (LEITE e ESTEVES, 2005; RIBEIRO, 2008).

Alguns exemplos de metodologias parecidas com a ABP, ou até mesmo consideradas ABP, são a aprendizagem baseada em casos, que inclui o estudo a partir de situações reais mais complexas, podendo envolver vários problemas (UEL, 2012); e a aprendizagem baseada em projetos, do inglês *project-based learning* (LEITE e ESTEVES, 2005).

Em função dessas similaridades e das variações que têm surgido na adoção da Aprendizagem Baseada em Problemas, gerando controvérsias ao se classificar como ABP os formatos que se distanciam muito do modelo original de MacMaster, Ribeiro (2008) buscou oferecer alguns pré-requisitos para ajudar nessa definição. O

autor enumera algumas características que devem estar presentes num formato que se considera como ABP ou PBL:

1. um problema da vida real sempre precede a discussão da teoria;
2. existe um processo formal de solução de problemas;
3. os alunos trabalham em grupos em busca desta solução;
4. o estudo é autônomo e autorregulado pelo aluno [centralizado no aluno];
5. o processo favorece a integração de conhecimentos.

No Brasil, a ABP chegou a ser confundida com a Metodologia da Problematização e ainda o é. Esta foi adotada por Berbel (1998) e aplicada inicialmente em 1995 em módulos dos cursos de Enfermagem da Universidade Estadual de Londrina (UEL). A Metodologia da Problematização foca em problemas da realidade social, sendo indicada pela autora para estudos de temas ligados à vida em sociedade. De inspiração freireana e baseada no Arco de Magueres e no esquema de Bordenave e Pereira<sup>19</sup>, leva os alunos a exercitarem a cadeia dialética de ação-reflexão-ação.

A primeira etapa nesta metodologia é a observação concreta da realidade a ser estudada, que deve ser dirigida por um tema geral para não se dispersar e fugir do foco. As dificuldades, carências, discrepâncias e outras observações serão transformadas em problemas, “ou seja, serão problematizadas”. A segunda etapa começa com a reflexão sobre os possíveis determinantes maiores do problema, aprofundando o estudo para pontos-chaves (BERBEL, *op. cit.*, p. 142). A seguir vem a etapa da teorização, da investigação propriamente dita nas mais diferentes fontes: a busca de informações necessárias para oferecer uma solução ao problema. Só depois da análise e sistematização das informações é que vem a etapa de formulação de hipóteses, “como fruto da compreensão profunda que se obteve sobre o problema, investigando-o de todos os ângulos possíveis” (*ibidem*, p. 144). Por fim, a quinta e última etapa é a aplicação à realidade, com as decisões tomadas

---

<sup>19</sup> Trabalhando no Serviço de Extensão Rural do Estado de São Paulo, Charlez Magueres desenvolveu, na década de 70, um método para motivar os trabalhadores rurais a introduzir novas técnicas agrícolas. Consistia na observação da realidade, construção de uma maquete, discussão sobre a maquete, execução na maquete e depois a execução efetiva. O diagrama das etapas forma um U invertido, onde no ponto mais alto está a discussão sobre a maquete. Juan Diaz Bordenave aplicou o método do arco no Instituto Superior de Relações Públicas do Paraguai (DECKER e BOUHUIJS, 2009). O esquema de Bordenave e Pereira consta de cinco etapas que se desenvolvem a partir da realidade ou um recorte da realidade: observação da realidade; pontos-chave; teorização; hipóteses de solução e aplicação à realidade (prática) (BERBEL, 1998).

sendo executadas ou encaminhadas a quem pode executá-las. “Do meio observaram os problemas e para o meio levarão uma resposta de seus estudos, visando transformá-lo em algum grau” (BERBEL, 1998, p. 144).

Há semelhanças, mas sobressaem-se as diferenças entre ABP e Metodologia da Problematização, com destaque para o fato de que na primeira a hipótese vem antes da busca de conhecimento, servindo-lhe de guia, enquanto que na segunda a hipótese de solução para o problema vem depois, é consequência do que se estudou. Enquanto na ABP, o fim é o desenvolvimento integral do aluno, na Metodologia da Problematização, soma-se a este objetivo o propósito mais amplo de mudança concreta da realidade social, com intervenção imediata nesta.

Diante disso, cabe então perguntar: o que é problematização? Existe problematização na ABP?

O conceito de Berbel (*idem*) para problematização é baseado na pedagogia de Freire (1988), para quem problematizar é perceber e analisar criticamente a realidade que nos cerca, numa postura que implica em ação e reflexão dos homens sobre o mundo para transformá-lo.

Em Freire (*idem*), a problematização decorre ou depende do ato de “admirar”, enxergar novas dimensões da realidade até então não percebidas, o mesmo que “estranhamento” na antropologia e sociologia. Na prática problematizadora, desenvolve-se o poder de captação e compreensão do mundo, visto não mais como uma realidade estática, mas como uma realidade em transformação, em processo.

Na didática do ensino de ciências, problematizar uma situação é identificar problemas, simplificá-los na forma de pergunta objetiva, fazer conjecturas, estabelecer relações entre conceitos e formular hipóteses (GIL-PEREZ *et al*, 1990, apud LOPES e COSTA, 1996).

É sobretudo desta última maneira que ocorre problematização na ABP, no sentido de se elaborar perguntas fundamentais à construção do conhecimento. É feita a partir de um contexto apresentado em materiais específicos, onde os problemas que se deseja que o aluno trabalhe estão implícitos (caso da ABP praticada no ensino superior visando atender a tópicos específicos de um currículo) ou a partir de materiais e discussões que permitem problematizações livres e baseadas em observações próprias (caso das propostas para o ensino básico).

Quanto à problematização como olhar crítico à realidade, em certa medida a ABP também proporciona este exercício. Ao deixar a postura de que o professor é aquele que educa e o aluno, aquele que é educado, a ABP se afasta da educação bancária denunciada por Freire (1988) – alunos vistos como depósitos vazios a serem preenchidos – e se aproxima da educação problematizadora, que vê o aluno como sujeito cognoscente, com capacidade para conhecer, para construir o conhecimento e não apenas recebê-lo pronto e acabado, sem questionamentos.

Por outro lado, a dimensão política da problematização freireana pode ficar de lado, se o professor abdicar ou negligenciar o seu papel de orientador do aprendizado reflexivo. Krasilchik (2000, p. 88) alerta que esse fenômeno tem sido cada vez mais frequente: embalado pelo refrão “o aluno constroi seu conhecimento”, o professor se exime da responsabilidade de guiá-lo, papel fundamental segundo Vygostky. Nesse caso, diz ela, “o laboratório e as aulas práticas podem até ser divertidas, mas não levam à formulação ou reformulação de conceitos” (*ibidem*).

Sendo uma proposta construtivista, com ênfase no aprendizado ativo e autônomo, vejo que a ABP não está imune a esse risco, podendo acontecer apenas uma mudança na fonte de conhecimento pronto e acabado: em vez de ser o professor, esta fonte passa a ser diretamente o livro, a internet e outras, sem que o aluno faça reflexões sobre os vieses da informação obtida. A autonomia na aprendizagem não pode se resumir a saber onde buscar o conhecimento, mas principalmente saber fazer as perguntas certas, saber avaliar o conteúdo que se tem em mãos, saber confrontá-lo e questioná-lo.

A necessidade de formar cidadãos autorreflexivos deve ser a principal motivação para a adoção de metodologias problematizadoras, como bem salientou Rué (2009), além de cidadãos capazes de intervir em sua realidade de forma crítica, como era o ideal de Freire (1988).

Com esta compreensão sobre a ABP e seus fundamentos teóricos, abordo a seguir as ideias de Anton Lawson sobre raciocínio hipotético-dedutivo, apresentando assim os dois eixos centrais desta pesquisa.

## 2 LAWSON E O RACIOCÍNIO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

Neste capítulo, faço uma revisão em artigos de Lawson sobre o raciocínio hipotético-dedutivo. Apresento os argumentos epistemológicos e cognitivos com os quais o autor defende que a essência do método científico é hipotético-dedutiva. Essência esta que seria subjacente a todos os modos de se fazer ciência.

Ainda que seus estudos refiram-se às ciências da natureza e da vida, fica implícita a ideia de que o raciocínio hipotético-dedutivo guiaria o fazer científico em todas as áreas do conhecimento.

Apresento também o modelo lógico-linguístico *se / e / então / e ou mas / portanto* proposto por Lawson para caracterizar o padrão de raciocínio que ele acredita acompanhar os passos de toda descoberta científica.

### 2.1 A PREDOMINÂNCIA DO RACIOCÍNIO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

Há 40 anos fazendo investigações científicas nos campos da ciência cognitiva e educação, o biólogo, zoólogo e professor americano Anton Eric Lawson<sup>20</sup> apresenta como seu principal postulado a defesa de que o raciocínio humano, em geral, opera de modo hipotético-dedutivo ou hipotético-preditivo. E que, se assim é em situações do cotidiano, o mesmo deve ser válido para os processos de descoberta científica.

Contrapondo-se ao indutivismo, ele reforça a corrente de pensadores que historicamente defendem a produção do conhecimento científico como um empreendimento hipotético-dedutivo. Além de seguir as ideias piagetianas, a obra de Lawson mostra influências de Karl Popper (1902-1994), que lançou as bases do método hipotético-dedutivo, segundo Marconi e Lakatos (2011).

À medida que o autor avançava em suas pesquisas sobre padrões de raciocínio e aquisição de conceitos científicos, acumulando evidências de que o modo como a humanidade adquire conhecimento é hipotético-dedutivo – através da

---

<sup>20</sup> Lawson é graduado em biologia e zoologia e PhD em Ciências e Educação pela Universidade de Oklahoma (EUA). Professor e pesquisador da Faculdade de Ciências da Vida da Universidade do Estado do Arizona desde 1977. Por suas contribuições e liderança na pesquisa em ensino de ciências, em 1986, recebeu o Prêmio NARST – Associação Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (EUA). Um ano antes da morte de Piaget, foi escolhido para fazer a palestra memorial em sua honra na convenção anual da NARST. Seu artigo *“Incentivando a transição do funcionamento cognitivo concreto para o formal”* foi considerado um dos 13 mais influentes em 40 anos de história do Journal of Research in Science Teaching. O trabalho foi publicado em 1976 e republicado em 2003. Informações disponíveis em: <http://www.public.asu.edu/~anton1/> e <http://sols.asu.edu/people/anton-e-lawson>. Acesso em: 09 abr. 2012.

geração e o teste de ideias explicativas que, quando lançadas na forma de um argumento verbal assume o padrão **se / então / portanto** –, ele ficava cada vez mais persuadido de que a essência do método científico “parece” ser hipotético-dedutiva (LAWSON, 1994, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005; LAWSON *et al.*, 2000)<sup>21</sup>.

Segundo Lawson (2002), mesmo que haja diferentes métodos, sua pesquisa sugere que o raciocínio hipotético-dedutivo está em muitas, se não em todas as descobertas científicas. Por isso, ele ousou perguntar: “restaria-nos, então, apenas a ciência hipotético-dedutiva como único método de fazer ciência? Poderia o raciocínio hipotético-dedutivo estar no trabalho de todas as importantes descobertas científicas?” (LAWSON, 2002, p. 19 e 20, *tradução minha*<sup>22</sup>).

Para defender sua tese, o autor analisou investigações científicas históricas, fazendo uma escolha emblemática ao destacar Galileu Galilei (1564-1642) como a figura central desta pesquisa. Além de ser considerado um dos fundadores da ciência moderna, Galileu forma, ao lado de Nicolau Copérnico (1473-1543) e Isaac Newton (1642-1727), a tríade da grande virada entre o método aristotélico e o método empírico (CHASSOT, 1994).

Lawson (2002) baseou-se no relatório *Mensageiro Sideral*, de 1610, onde Galileu conta como o aperfeiçoamento do seu telescópio refrator o levou a descobrir as luas de Júpiter. Lawson considera o relatório notável pela riqueza de detalhes, incluindo as figuras apresentadas abaixo<sup>23</sup>, o que lhe permitiu fazer inferências a respeito de como Galileu pode ter pensado durante aquelas noites em que ficou observando três corpos celestes em torno de Júpiter. Os objetos chamaram sua atenção por serem diferentes das demais estrelas: eram mais brilhantes e formavam uma linha reta, afastados um dos outros em intervalos iguais.

Na primeira noite, 7 de janeiro, Galileu observou que duas estrelas estavam a leste de Júpiter e uma a oeste, na seguinte disposição:

Figura 01: Desenho de Galileu para suas observações na noite do dia 07/01/1610

(leste) \* \* O \* (oeste)

Fonte: Adaptado de Lawson (2002)

Na noite seguinte, 8 de janeiro, Galileu observou que a posição já era outra, todas as supostas estrelas estavam a oeste do planeta, como demonstrado a seguir:

<sup>21</sup> Os trabalhos citados são os que consultei para esta dissertação, pois Lawson tem mais de 250 artigos publicados em áreas diversas da pesquisa cognitiva, educacional e o ensino de ciências.

<sup>22</sup> [...] *are we then left with hypothetico-deductive science as the only method of doing science? Could hypothetico-deductive reasoning be at work in all important scientific discoveries?*

<sup>23</sup> Os asteriscos representam os corpos celestes identificados inicialmente por Galileu como estrelas e o círculo representa o planeta Júpiter.

Figura 02: Desenho de Galileu para suas observações na noite do dia 08/01/1610

**(leste)**    **O**    \*    \*    \*    **(oeste)**

Fonte: Adaptado de Lawson (2002)

Sua primeira reação foi pensar que Júpiter pudesse ter se movimentado, em comportamento diferente do descrito pelos astrônomos. Sua curiosidade teve que ser contida na noite do dia 9 porque o céu estava coberto de nuvens. Analisando o relato, Lawson supõe que a expectativa de Galileu seria visualizar uma disposição em que Júpiter continuasse a se deslocar para o lado leste, caso o cálculo dos astrônomos estivesse errado a respeito de sua rotina de deslocamento. A observação poderia ter sido, então, registrada desta maneira:

Figura 03: Desenho de Lawson para o que Galileu possivelmente esperava visualizar na noite do dia 9

**(leste)**    **O**                    \*    \*    \*    **(oeste)**

Fonte: Adaptado de Lawson (2002)

Lawson admite que não dá para ter certeza de que foi exatamente isso que Galileu pensou, mas considerando a linha de raciocínio que ele vinha desenvolvendo, é possível pensar que sim.

Na noite do dia 10, porém, Galileu observou uma configuração que não coincidiu com a hipótese do erro dos astrônomos sobre o deslocamento de Júpiter. O que ele observou e o deixou mais intrigado foi a nova posição de Júpiter (agora a oeste) e só duas estrelas aparecendo, desta forma:

Figura 04: Desenho de Galileu para suas observações na noite do dia 10/01/1610

**(leste)**                    \*    \*    **O**    **(oeste)**

Fonte: Adaptado de Lawson (2002)

Sua conclusão foi de que a terceira estrela estava sendo escondida pelo planeta. Galileu relata que a partir daí tinha certeza que não era Júpiter quem se movimentava, mas sim as estrelas. Na noite do dia 11 ele ficou ansioso para testar a sua hipótese e viu o seguinte:

Figura 05: Desenho de Galileu para suas observações na noite do dia 11/01/1610

**(leste)**                    \*    \*                    **O**    **(oeste)**

Fonte: Adaptado de Lawson (2002)

Lawson (2002) informa que Galileu conta no relatório que neste momento não teve mais dúvidas: assim como os planetas Vênus e Mercúrio giravam em torno do sol e a lua em torno da Terra, havia estrelas se movimentando ao redor de Júpiter. Ele continuou a observar nas noites seguintes e descobriu que na verdade eram quatro corpos celestes orbitando Júpiter.

Com base nesse relato detalhado e usando recursos linguísticos e da lógica, Lawson reproduziu as etapas do raciocínio que Galileu pode ter formulado durante essa descoberta (LAWSON, 2002, 2004). Três ciclos de raciocínio são demonstrados, a partir das três hipóteses provavelmente consideradas por Galileu, conforme apresentado a seguir<sup>24</sup>.

Ciclo 1: raciocínio considerando a hipótese das estrelas fixas:

**Se...** os três objetos luminosos e intrigantes que eu (Galileu) observei pela primeira vez perto de Júpiter são estrelas fixas (hipótese),

**e...** suas posições e brilho forem comparadas à de outras estrelas (teste imaginado),

**então...** as variações na posição e brilho desses objetos devem ser aleatórias (resultado esperado).

**Mas...** os três objetos estão dispostos em uma linha reta e são mais brilhantes do que outras estrelas (resultado observado).

**Portanto...** a hipótese das estrelas fixas não é sustentada (conclusão).

Ciclo 2: raciocínio considerando a hipótese do erro dos astrônomos:

**Se...** os astrônomos cometeram um erro (hipótese)

**e...** eu observo na noite seguinte (teste planejado),

**Então...** Júpiter deveria continuar se movendo a leste em relação à posição das estrelas e estes objetos deveriam aparecer assim: [mais afastados de Júpiter no sentido oeste] (resultado esperado).

---

<sup>24</sup> Os ciclos 1 e 3 foram reproduzidos do artigo "*T. rex, the Crater of Doom and the Nature of Scientific Discovery*" – "T. rex, a Cratera do Extermínio, e a natureza da descoberta científica", tradução minha (LAWSON, 2004) –, onde o autor repete o raciocínio de Galileu de forma mais sintética. Optei por esta versão porque ele usa o adjetivo intrigante, fundamental no seu conceito de processo da descoberta científica, o que abordo no subcapítulo 2.3. O ciclo 2 é do artigo "*What Does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process of Scientific Discovery?*" – O que a descoberta das luas de Júpiter de Galileu tem a nos dizer sobre o processo da descoberta científica? Tradução minha (LAWSON, 2002).

**Mas...** os objetos não apareceram desta forma, em vez disso eles aparecem assim: [dois a leste de Júpiter e o terceiro parece estar escondido atrás do planeta] (resultado observado).

**Portanto...** a hipótese do erro dos astrônomos não é sustentada (conclusão).

Ciclo 3: raciocínio considerando a hipótese das estrelas fixas:

**Se...** os três intrigantes objetos brilhosos são luas que orbitam Júpiter (hipótese)

**e...** ao observar os objetos durante as noites seguintes (teste imaginado),

**então...** em algumas noites eles devem aparecer para o leste de Júpiter e em outras devem aparecer a oeste. Além disso, eles devem aparecer sempre ao longo de uma linha reta em ambos os lados de Júpiter (resultado esperado).

**E...** nas noites que se seguiram, foi precisamente assim que os objetos apareceram (resultados observados).

**Portanto...** a hipótese das luas orbitando Júpiter é sustentada (conclusão).

No mesmo artigo, Lawson (2002) apresenta uma série de outras descobertas científicas históricas, recriando o ciclo de raciocínio hipotético-dedutivo que cada pesquisador pode ter seguido, conforme o modelo usado para o pensamento de Galileu. As demais pesquisas analisadas foram as seguintes:

- Marcello Malpighi: identificação do curso do sangue no corpo (1661);
- John Dalton: matéria formada por átomos indivisíveis (1810);
- Charles Lyell: causa da atual diversidade de espécies (1854);
- Gregor Mendel: transmissão das características genéticas de pais para filhos (1866);
- Ernest Rutherford: identificação do núcleo atômico (1907).

Lawson investigou também um caso mais recente, baseado no livro *T. rex e a Cratera do Extermínio*<sup>25</sup>, de Walter Alvarez, de 1997. O livro apresenta, cronologicamente, os vários passos que o pesquisador e sua equipe seguiram, em quase 20 anos, para explicar a extinção dos dinossauros, fornecendo excelente oportunidade de analisar o padrão de pensamento científico a partir de uma fonte mais detalhada. Para cada etapa da descoberta de Alvarez e sua equipe, Lawson modelou um ciclo de raciocínio (LAWSON, 2004).

---

<sup>25</sup> Tradução minha para *T. rex and the Crater of Doom*

O primeiro começa com a pergunta sobre o que teria causado a deformação nas montanhas Apeninos. Na época, Alvarez era geólogo de uma companhia petrolífera na Líbia e Itália e se interessava pela geologia da região. Ele e o colega Bill Lowrie imaginaram que a deformação poderia ter sido resultado de um movimento de rotação na placa continental italiana. A hipótese poderia ser testada a partir da análise dos grãos magnéticos das rochas minerais, que registram o sentido original da placa, funcionando como “bússolas fósseis”. Eles encontraram alguns pontos indicando que houve rotação, mas não puderam mapear este movimento por causa de ruptura nos leitos locais. Este primeiro aspecto da pesquisa Lawson modelou da seguinte maneira:

Ciclo de raciocínio 1: o que causou a deformação dos Apeninos italianos?

**Se...** a rotação da crosta terrestre causou a deformação dos Apeninos,

**e...** rochas contendo grãos de minerais magnéticos são coletadas a partir de vários locais nos Apeninos,

**então...** uma rotação progressiva dos grãos magnéticos deve ser encontrada, com a “bússola fóssil” dos mais velhos virada mais para longe do norte do que a dos mais jovens.

**Mas...** apesar de Alvarez e Lowrie descobrirem “bússolas fósseis” geralmente apontando a noroeste, interrupções nos leitos locais impossibilitaram separar esses movimentos locais da rotação da placa.

**Portanto...** não se pode dizer se a rotação da crosta terrestre causou, de fato, a deformação dos Apeninos.

Entretanto, enquanto buscavam reversões magnéticas em outras camadas, Alvarez e o colega fizeram uma observação intrigante: descobriram que foraminíferos<sup>26</sup> que apareciam de forma abundante nos leitos superiores das camadas geológicas do Cretáceo, como grandes grãos de areia, desapareciam de forma abrupta nas primeiras camadas do Terciário, restando alguns pequeninos como se fossem sobreviventes, sugerindo uma rápida extinção.

O repentino desaparecimento de foraminíferos na fronteira KT (fronteira entre o Cretáceo e o Terciário) contradizia a doutrina de que as mudanças geológicas e biológicas ocorrem gradual e lentamente, levando Alvarez a se perguntar: o que teria causado o quase sumiço dos foraminíferos na fronteira KT e por que tão abruptamente?

---

<sup>26</sup> Organismos protistas, sobretudo marinhos, que vivem em conchas únicas ou de várias camadas.

Uma possível explicação para este fato surgiu quando eles observaram uma camada de argila de mais ou menos um centímetro com menos fósseis nessa fronteira. Em conversa informal com outro geólogo, Alvarez ficou sabendo que a datação daquele leito geológico correspondia com o período de desaparecimento dos dinossauros. Uma luz se acendeu na sua mente: ele viu que tinha algo na fronteira KT que poderia ser de grande relevância científica para explicar a extinção dessas criaturas gigantes e decidiu mergulhar nesta pesquisa. O ano era 1976.

Alvarez começou a procurar uma causa catastrófica para o desaparecimento de espécies na fronteira KT. Ele não sabia, porém, como testar essa hipótese e recebeu uma dica de seu pai – Luiz Alvarez, ganhador de um prêmio Nobel em Física. Considerando que os meteoros normalmente deixam cair uma pequena fração de pó de irídio sobre a Terra, ao medir a quantidade desse elemento químico na camada de argila encontrada na fronteira KT, seria possível determinar o tempo que esta levou para ser formada, se foi de maneira lenta ou repentina: quanto maior a quantidade, maior seria o tempo de deposição. Para a hipótese deste leito ter se formado rapidamente, o esperado seria encontrar uma média de 0,1 ppb de irídio, mas Alvarez encontrou uma concentração de 9 ppb. A descoberta foi feita num sítio próximo à cidade italiana de Gubbio, em 1978.

Com base nessas informações, Lawson (2004) modelou o raciocínio hipotético-dedutivo da equipe da seguinte maneira:

Ciclo 2: Um evento catastrófico extinguiu espécies na fronteira KT?

**Se...** a extinção de muitas espécies de foraminíferos, e possivelmente também dos dinossauros, foi causada por um evento catastrófico,

**e...** medirmos a quantidade de irídio na camada de argila localizada na fronteira KT de Gubbio,

**então...** uma quantidade relativamente pequena de irídio deve estar presente, isto é, cerca de 0,1 ppb.

**Mas...** um enorme valor, de 9 ppb, foi detectado.

**Portanto...** a extinção de muitas espécies de foraminíferos, e possivelmente dos dinossauros, não foi causada por um evento catastrófico; ou talvez o evento catastrófico em si tenha depositado a quantidade extraordinariamente grande de irídio.

Só havia um outro sítio de fronteira KT conhecido até então, localizado em Stevns Klint, na Dinamarca. Alvarez e sua equipe quiseram saber se este sítio

também teria a mesma quantidade incomum de irídio, o que indicaria a possibilidade de um fenômeno global. Para esta nova etapa da pesquisa, Lawson (2004) modelou o seguinte raciocínio:

Ciclo 3: Alta taxa de irídio também é encontrada em outro sítio?

**Se...** a quantidade excepcionalmente grande de irídio na camada de argila do Gubbio (Itália) foi causada por um evento catastrófico global,

**e...** medirmos a quantidade de irídio em outra camada de argila da fronteira KT, em Stevns Klint (Dinamarca),

**então** ... um nível anormalmente elevado de irídio também deve ser encontrado nesta camada.

**E...** a camada KT de Stevns Klint continha uma quantidade excepcionalmente grande de irídio.

**Portanto...** a hipótese de um evento catastrófico global foi apoiada.

O passo seguinte era descobrir que evento poderia ter depositado essas altas taxas de irídio na camada de argila da fronteira KT desses sítios tão distantes um do outro. Uma hipótese levantada por outros pesquisadores, era a explosão estelar de uma supernova. Novamente a assessoria do físico Luiz Alvarez foi fundamental para determinar um tipo de experimento que pudesse testar essa suposição. De acordo com os conhecimentos físicos, um fenômeno desse tipo causaria depósito de plutônio-244 nas áreas investigadas. Esta pesquisa foi feita e Lawson (*idem*) também modelou um ciclo de raciocínio para a mesma:

Ciclo 4: Uma supernova causou as altas taxas de irídio?

**Se...** uma supernova provocou os níveis excepcionalmente elevados de irídio,

**e...** medirmos as camada da fronteira KT conhecidas,

**então...** deveremos encontrar plutônio-244 nessas camadas.

**Mas...** o plutônio-244 não foi detectado.

**Portanto...** a hipótese de uma supernova não foi sustentada.

A equipe prosseguiu em busca de respostas para a presença daquele irídio e se concentrou na possibilidade do impacto de um meteoro. Alvarez sabia, através de informações fornecidas por pesquisas espaciais, que as grandes crateras que cobrem a nossa lua e outros planetas ocorreram por causa do impacto de asteróides e cometas. Aí estava um excelente ponto de investigação. Mas, na Terra, não havia

nenhuma cratera de proporções que indicassem tal fenômeno. Daí surgiu a hipótese de que este impacto poderia ter ocorrido no mar e uma boa evidência disso seria o registro de ocorrência de um grande tsunami.

Alvarez sabia também que todo tsunami arrasta materiais e os deposita em pontos afastados de seu epicentro e divulgou a sua tese. Então, depósitos de tsunamis passaram a ser objeto de investigação em sítios de fronteira KT por todo o mundo, atraindo a atenção de vários pesquisadores. Mais de 100 desses sítios foram descobertos e estudados. Finalmente, em 1988, um grande depósito de tsunami foi encontrado numa camada próxima ao rio Brazos, no Texas. Para esta fase, Lawson (2004) formulou o seguinte modelo de raciocínio:

Ciclo 5: As altas taxas de irídio foram causadas por um meteoro?

**Se** ... os níveis anormalmente elevados de irídio foram causados pelo impacto de um meteoro dentro ou próximo de um oceano,

**e**... várias camadas de fronteira KT em todo o mundo são examinadas,

**então**... uma ou mais dessas camadas devem conter depósitos de tsunami.

**E**... foi encontrado um depósito de tsunami na camada da fronteira KT no rio Brazos (Texas-EUA).

**Portanto**... a hipótese de um impacto oceânico causado por meteoro foi sustentada.

O novo passo era descobrir a origem do impacto que provocou este tsunami. Alan Hildebrand, estudante de pós-graduação, apresentou a tese de que o impacto deveria ter ocorrido próximo ao Texas, porque do contrário a massa de terra do golfo do México teria bloqueado um tsunami vindo de mais longe.

Soube-se que, em 1981, geólogos mexicanos de exploração petrolífera já haviam encontrado algo que indicava uma grande cratera na península de Yucatan, porém a descoberta não havia sido publicada em nenhum periódico científico. O impacto teria sido causado pelo meteoro Chicxulub, mas a cratera estava então profundamente enterrada e fora de alcance, impossibilitando a obtenção de amostras de seu núcleo para possível datação.

Uma forma de testar se a cratera do Chicxulub causou mesmo um tsunami era encontrar, em sítios de fronteira KT mais próximos do local do impacto, outros depósitos de materiais arrastados pela onda gigantesca. As buscas levaram à

descoberta esperada em 1991, no nordeste do México, em Arroyo el Mimbral. O ciclo de raciocínio proposto por Lawson (2004) ficou assim:

Ciclo 6: O impacto do meteoro Chicxulub causou um tsunami?

**Se...** um tsunami foi provocado pelo impacto do meteoro Chicxulub,  
**e...** a fronteira KT em Arroyo el Mimbral, no nordeste do México, perto da cratera de Chicxulub, for examinada,

**então...** esta camada deve conter um depósito de tsunami.

**E...** um depósito de tsunami, com cerca de três metros de espessura, foi encontrado precisamente nesta fronteira KT de Arroyo el Mimbral.

**Portanto...** a hipótese do tsunami provocado pelo meteoro do Chicxulub foi apoiada.

Outra boa notícia veio logo a seguir. No final daquele ano (1991), os geólogos mexicanos trouxeram a público caixas armazenadas das amostras do núcleo original da cratera do Chicxulub. Elas não só continham fusão de rocha, como a análise radiométrica determinou uma idade semelhante a das rochas fundidas na fronteira KT. O raciocínio foi apresentado por Lawson (*idem*) da seguinte forma:

Ciclo 7: A datação do núcleo da cratera de Chicxulub é a mesma do depósito de tsunami na fronteira KT de Arroyo el Mimbral?

**Se...** um tsunami foi provocado pelo impacto do meteoro de Chicxulub,  
**e...** amostras do núcleo da cratera de Chicxulub são examinados para observar fusão de rocha,

**então...** essas amostras devem conter fragmentos de rocha fundida com a mesma idade das rochas fundidas na fronteira KT.

**E...** as amostras do núcleo continham rochas fundidas com a mesma idade.

**Portanto...** a hipótese de que o meteoro de Chicxulub provocou aquele depósito de tsunami na fronteira KT foi corroborada.

Durante as buscas em Arroyo el Mimbral, Alvarez encontrou também bolhas de gás em rochas na camada geológica da fronteira KT. A suposição era que elas poderiam ter surgido após o resfriamento das rochas derretidas com o impacto do meteoro. Os geólogos mexicanos já tinham visto bolhas semelhantes em muitos locais, mas não sabiam como elas tinham se formado.

Agora, com uma ideia do que e onde procurar, Alvarez e sua equipe localizaram rapidamente nove camadas de fronteira KT, no nordeste do México, contendo pedras com as pequenas bolhas de gás e depósitos de tsunami. Eram evidências suficientes de que o fenômeno soterrou inúmeras criaturas, incluindo os minúsculos foraminíferos e, muito provavelmente, os dinossauros. Para esta última etapa da pesquisa, Lawson (2004) modelou o seguinte raciocínio:

Ciclo 8: As rochas com bolhas de gás são evidências do impacto do meteoro Chicxulub?

**Se...** pequenas bolhas de gás se formaram quando as rochas derretidas resfriaram, **e...** outras camadas na fronteira KT no nordeste do México são examinadas, **então...** essas camadas devem conter tanto depósitos de tsunami quanto rochas com pequenas bolhas de gás.

**E...** nove camadas na fronteira KT foram encontradas, cada uma contendo depósitos de tsunami e rochas com minúsculas bolhas de gás.

**Portanto...** a hipótese do derretimento e resfriamento das rochas após o impacto do meteoro foi apoiada.

## 2.2 ARGUMENTOS EM DEFESA DO MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

O artigo no qual Lawson (2002) sugere que o método hipotético-dedutivo “parece ser” o predominante em descobertas científicas gerou algumas polêmicas acaloradas, como o debate que se seguiu com Douglas Allchin<sup>27</sup>.

Allchin (2003) usou a expressão “Lawson’s Shoehorn”<sup>28</sup> ou “calçadeira de Lawson”<sup>29</sup> no intuito de afirmar que este teria “forçado a barra” para encaixar uma interpretação onde não caberia. Na opinião de Allchin, preconceitos filosóficos teriam feito com que Lawson distorcesse fatos da história da ciência para fundamentar seu ponto de vista e tentar fazer do raciocínio hipotético-dedutivo um algoritmo universal.

Entre os argumentos de Allchin (2003), está o fato de que o relatório de Galileu, como todo relatório de pesquisa, seria mais um texto persuasivo do que

<sup>27</sup> PhD em Fundamentos Conceituais da Ciência, professor de bioética na Cornell Universidade e de história da ciência na Universidade de Minnesota, Allchin trabalha com história e natureza da ciência. Fonte: <http://www1.umn.edu/ships/evolutionofmorality/allchin.htm>. Acesso: 17 mar. 2012.

<sup>28</sup> De acordo com o dicionário Oxford (2000), *shoehorn* é tanto substantivo (calçadeira) quanto verbo (neste caso, sem tradução direta em português): *to succeed in putting sth into a small space or a place where it does not fit very easily*.

<sup>29</sup> Por ser uma expressão idiomática, a tradução literal “calçadeira” não reflete em português o real significado do que o termo quer dizer. A melhor correspondência é com “forçamento de barra”.

uma narrativa fiel dos fatos, privilegiando o contexto da justificação, e que as habilidades retóricas de Galileu estariam amplamente documentadas. Já no caso de Mendel, o botânico investigava a natureza da hibridação em ervilhas e não estaria sendo guiado por nenhuma hipótese específica. Pelo contrário, aparentemente seguia um padrão de busca cega e seus relatos indicam uma análise aritmética simples e indução enumerativa.

Lawson respondeu à crítica de Allchin, primeiramente, apresentando argumentos cognitivos (LAWSON, 2003) e depois buscando investigar uma pesquisa mais recente, documentada com riqueza de detalhes e que contivesse também o contexto da descoberta: no caso, a pesquisa de Alvarez sobre a extinção dos dinossauros, demonstrada no tópico anterior (LAWSON, 2004).

Depois de construir ciclos de raciocínio para cada etapa da pesquisa de Alvarez e sua equipe, Lawson (*idem*) concluiu que eles fizeram inúmeras observações intrigantes seguidas de perguntas causais, formulação de hipóteses, planejamento de meios para testá-las e recolher evidências, o que lhes permitiu tirar conclusões. Segundo o autor, há indícios suficientes para dizer que o método hipotético-dedutivo guiou a pesquisa em questão.

Lawson (*idem*) argumentou também que Mendel só descobriu algo novo no seu trabalho com hibridação de ervilhas, porque algo lhe chamou a atenção, causando um desequilíbrio nos seus esquemas mentais. Foi uma observação intrigante que não poderia ser reduzida a uma simples questão de análise aritmética e indução enumerativa.

Ele lembra que o exemplo clássico da indução enumerativa é o do cisne branco: a observação inicial de um cisne branco, seguida da observação de outro, depois mais outro e assim por diante, leva o observador a concluir que todos os cisnes são brancos. E que mesmo Francis Bacon (1561-1626), o pai da ciência indutiva, rejeitou a utilidade da indução enumerativa por considerá-la infantil e de conclusões precárias (*ibidem*).

O autor concorda, entretanto, que o raciocínio indutivo desempenha um papel no que os cientistas fazem, na medida em que a observação de associações, padrões e regularidades forma expectativas ou conceitos sobre a maneira como o mundo está organizado. Mas destaca que a indução deve ser vista como um processo no qual a verdade das premissas fornece alguma evidência, mas não a conclusão (*ibidem*).

Lawson (2004) recorre a Popper para dizer que a inferência com base em muitas observações é um mito, não sendo nem fato psicológico nem da vida cotidiana, menos ainda do procedimento científico: a observação é sempre seletiva, precisa de um objeto escolhido, uma tarefa definida, um interesse, um ponto de vista, um problema. Por isso a ciência avança com conjecturas, muitas vezes depois de única observação.

Ele cita um exemplo da pesquisa de Alvarez: a descoberta de alta concentração de irídio numa camada da fronteira KT na Itália e depois na Dinamarca, os únicos conhecidos à época da pesquisa, o levou não à busca de outros sítios para chegar a uma generalização, mas sim o estimulou a fazer uma pergunta causal (por que ocorre nesses locais alta concentração de irídio?) e a formular hipóteses, buscando meios de testá-las (*ibidem*).

O autor ressalta que fazer observação é fundamental, pois sem ela o processo não teria início e, portanto, não haveria ciência. Mas nem toda observação resulta em pesquisa científica. E argumenta que a geração de hipóteses é o que caracteriza a descoberta científica: o ato da explicação é o aspecto chave que separa a ciência de outros empreendimentos humanos. A meteorologista na estação de televisão local, por exemplo, que observa os sistemas de monitoramento e descreve o clima, não é uma cientista. “Para a ciência, é preciso propor possíveis explicações para essas observações e testá-las. E para isso, você precisa do raciocínio hipotético-dedutivo”<sup>30</sup> (LAWSON, 2003, p. 336).

Lawson (*idem*) acrescenta que até mesmo um esquilo cego pode fortuitamente encontrar uma noz. Em outras palavras, se uma pessoa não sabe o que está procurando, raramente encontrará o que procura; se não raciocinar hipotético-dedutivamente, não vai saber o que "descobriu" ainda que o tenha "descoberto”.

Ele apresenta um exemplo simples, imaginando alguém que decide se transformar em cientista de uma hora para outra e resolve fazer investigações nos objetos encontrados no seu quarto, medindo, pesando, explorando texturas etc. Esta pessoa pode passar o resto da vida envolvida neste trabalho, mas, sem um foco específico, não achará algo realmente novo. A observação e coleta de dados, na ausência de uma hipótese, tem pouco ou nenhum valor científico (LAWSON, 2002).

---

<sup>30</sup> Tradução minha para: “For science, one needs to propose and test possible explanations for those observations. And for this, you need hypothetic-deductive reasoning”.

Diante da argumentação que a geração de hipóteses e a possibilidade de testá-la é o que, de fato, conduzirá a novas descobertas, Lawson (2004) afirma que é fundamental para quem faz ciência saber de onde estas vêm, como surgem ou nascem na mente do pesquisador.

De acordo com o autor (LAWSON, 2000, 2004, 2005), hipotetizar é um processo de raciocínio por analogia ou transferência analógica. Uma ideia é “emprestada” de um contexto previamente conhecido e transportada para um contexto atual, num processo de correspondência pela similaridade percebida entre as duas situações.

No caso da descoberta das luas de Júpiter por Galileu, o contexto previamente conhecido por ele era o seguinte: as estrelas são fixas, imóveis, porque fazem parte de uma esfera externa celestial (a crença de então, a partir do pensamento aristotélico); há alguns objetos que estão em órbita do sol, os planetas Terra, Vênus e Júpiter; há também corpos celestes orbitando alguns desses planetas, como a nossa lua. Então, é bastante provável que Galileu, por analogia, tenha pensado o seguinte: se existe um objeto em órbita da Terra, por que não também em torno de Júpiter? (LAWSON, 2002).

Já na pesquisa de Alvarez, a hipótese do impacto de um meteoro para explicar o irídio acima da média na fronteira KT foi tomada emprestada do fato de haver crateras existentes na superfície da lua e de outros planetas causadas por impactos de asteróides e cometas, sugerindo que era possível encontrar algo semelhante também na Terra, ainda que oculto pelos oceanos.

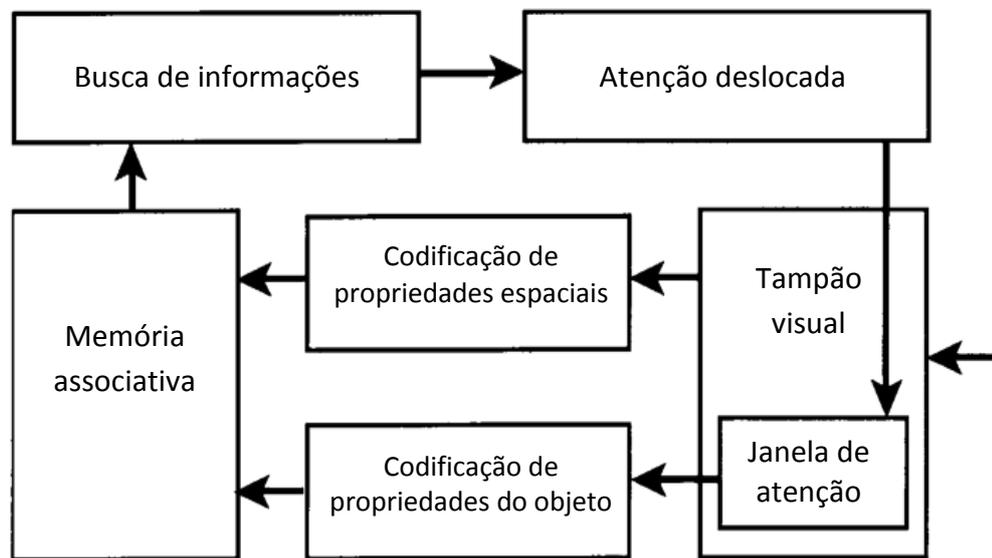
Para sustentar que a formulação de hipóteses é a principal característica da atividade científica, Lawson (2002) apresenta algumas teorias cognitivas, entre elas a teoria piagetiana do equilíbrio entre os processos de assimilação e acomodação.

Para ele, o caso de Galileu é bem ilustrativo: suas observações iniciais foram imediatamente assimiladas por seu esquema de estrelas fixas; mas, logo em seguida, houve um desequilíbrio quando isso não se confirmou. Depois de rejeitar a ideia do erro dos astrônomos, ele propôs uma nova explicação – a hipótese de luas orbitando Júpiter, sustentada pelas evidências. Com essa constatação, ele pôde acomodar novos esquemas na sua estrutura cognitiva. Todas as observações foram assimiladas e o equilíbrio foi restaurado (LAWSON, 2002).

Outras teorias cognitivas citadas tratam da atividade neurológica. Uma delas é a do processamento *top-down*, de Kosslyn e Koenig (1995, apud LAWSON, 2002, 2003). De acordo com essa teoria, ao tentar reconhecer um objeto, o cérebro primeiramente faz uma busca de informações relevantes na memória associativa (hipótese inicial). Se não encontrar, segue para a busca de dados mais específicos em torno do objeto<sup>31</sup> (hipóteses alternativas).

O processo de reconhecimento visual envolve seis áreas do cérebro (figura abaixo) e é a localização destas áreas que justifica a expressão *top-down*.

Figura 06 – Sistema de processamento visual de Kosslyn e Koenig



Fonte: Traduzido de Lawson (2002)

Os autores acreditam que o processamento *top-down* se aplica não somente ao caso de reconhecimento de informações visuais, mas também para outros tipos de informação. Isso significa que não olhamos ao nosso redor de forma aleatória quando estamos procurando resposta para uma pergunta. As informações armazenadas na estrutura cognitiva são usadas para fazer uma suposição a respeito do que estamos buscando.

Para exemplificar, Lawson (2003) apresenta a figura a seguir.

<sup>31</sup> A atenção é deslocada para outro ponto do objeto e ocorre novo input (entrada) de informação, que vai para o tampão visual, zona que faz a intermediação entre os dois lados de um conflito visual. Em seguida, a informação (ou padrão de atividade elétrica) é processada de forma mais pormenorizada numa subárea chamada janela de atenção. Daí, ela segue para outros dois pontos: um que constroi as propriedades espaciais, tais como tamanho e localização; e outro que responde pelas propriedades dos objetos, tais como forma, cor e textura. Essa nova codificação é comparada com os padrões armazenados na memória. Se a correspondência for boa, o objeto é identificado.

Figura 07 – Senhora idosa ou jovem?



Fonte: Desenho de Boring (1930) apresentado por Lawson (2003).

O principal ponto da teoria do processamento *top-down* é que a memória associativa é usada para fornecer uma suposição para o que se está observando e esta ideia vai guiar o processo de codificação. O cérebro parte para uma busca ativa por informação que sustente a hipótese. Se, no caso da figura, a suposição for de uma senhora idosa, a pessoa pode encontrar a linha curva do nariz e do queixo afilado e o objeto é reconhecido.

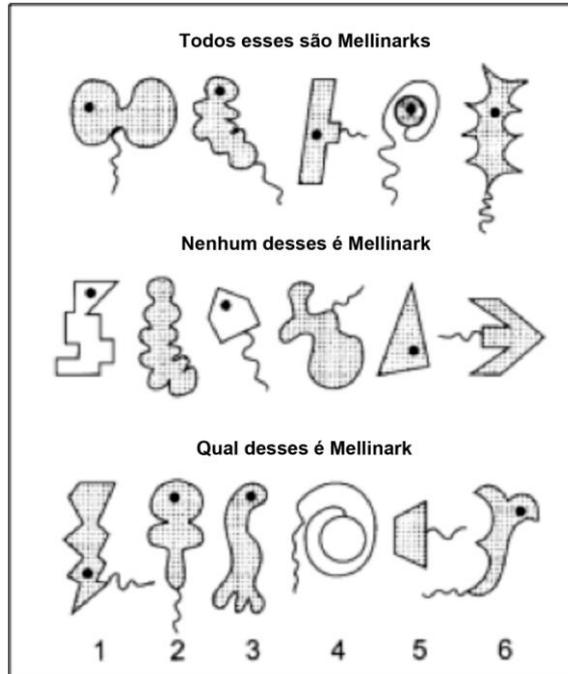
Mas caso não haja correspondência satisfatória entre a suposição inicial e o que é encontrado na memória associativa, então começa uma nova busca externa por padrões de associação, guiada por nova hipótese, numa pesquisa específica e não aleatória. Neste momento, a atenção da pessoa é deslocada para outros pontos do objeto onde informações adicionais podem ser encontradas.

No caso da hipótese defender que a figura é, na verdade, uma jovem, a atenção é deslocada para o que anteriormente parecia com o olho da idosa. Nesta nova perspectiva, o que era olho se transforma em orelha, a ponta do nariz aparece agora como queixo, e a linha da boca passa a ser uma curva do pescoço da jovem que acaba de surgir. O exemplo ressalta que a hipótese guia o processo de busca e influencia a codificação (LAWSON, 2003).

Mas a experiência visual por si só não responde pelo aprendizado. Lawson (2000) relata estudo em que cegos de nascença, depois de operados e enxergando o mundo pela primeira vez, não conseguiam discernir um livro de uma chave ou um círculo de um quadrado, mesmo estando na idade adulta e já terem histórico de convivência com esses objetos. Só depois de considerável experiência, incluindo toque e manipulação, eles podiam “ver” o que parecia óbvio aos outros. Ou seja, o registro na memória, na estrutura cognitiva, é um fator determinante para gerar hipóteses. E estas, por sua vez, são determinantes para o conhecimento.

Outra ilustração que é recorrente nos artigos de Lawson é a figura a seguir: uma família de objetos chamados Mellinarks, usados em exercício para demonstrar o modo como os seres humanos aprendem novos conhecimentos.

Figura 08 – A identificação de um Mellinark



Fonte: Lawson (2000)

A pessoa pode não se dar conta, mas o raciocínio feito para identificar um Mellinark segue uma lógica assim: se um Mellinark tem tal característica (hipótese) e eu procuro na linha 2 (teste planejado), então não devo encontrar um objeto sequer com tal aspecto, já que é dito que não existe Mellinark na linha 2 (resultado esperado). Mas olho na linha 2 e encontro um objeto com o traço que pensei inicialmente (resultado que refuta a hipótese), portanto um Mellinark não tem tal qualidade (conclusão). Feita essa primeira tentativa, repete-se o raciocínio com outro dado até que o teste comparativo com os objetos da linha 2 confirme finalmente as hipóteses levantadas, revelando o conjunto de características que permitirá identificar quem é Mellinark na linha 3 (LAWSON, 2000).

Mesmo usando argumentos epistemológicos e cognitivos para defender o método hipotético-dedutivo e lançar a pergunta provocativa se restaria apenas este meio de fazer descobertas em ciências da natureza, Lawson reconhece que não é possível chegar a esta conclusão. Porque para essa hipótese ser testada, seria necessário escolher um método para iniciar a pesquisa. E não se poderia escolher o método de teste até se confirmar qual método é o caminho certo (LAWSON, 2002).

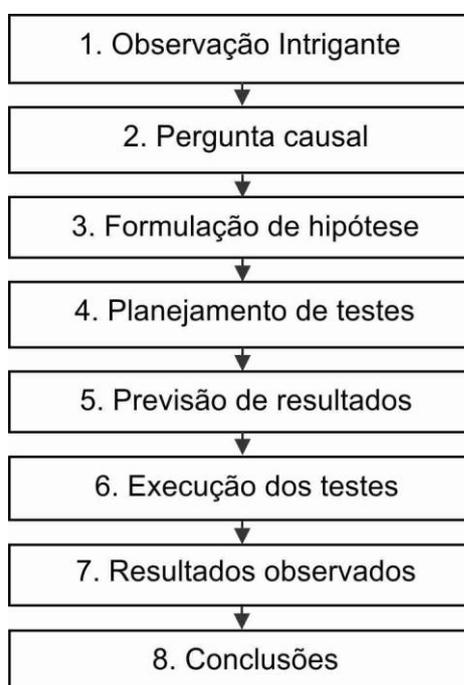
### 2.3 O PROCESSO DA DESCOBERTA CIENTÍFICA E O PADRÃO DE RACIOCÍNIO QUE O ACOMPANHA

De acordo com Lawson (2004), a descoberta científica não acontece por uma questão de sorte ou destino. Isso me faz lembrar a famosa história de Isaac Newton, quase uma lenda, segundo a qual ele estava sentado sob uma macieira quando uma maçã caiu ao seu lado e assim, de uma hora para outra, como num passe de mágica, estava descoberta a lei da gravidade.

Esta é a versão que chega a maioria das pessoas. Porém, a verdade é que Newton fez uma pergunta baseada em seus conhecimentos anteriores: “por que é que as maçãs caem sempre perpendicularmente ao solo?”<sup>32</sup> A partir daí, seguiu-se um trabalho racional e experimental até ele chegar à formulação da lei que conhecemos hoje.

Esta é a principal tese que Lawson (2000, 2002, 2003, 2004, 2005) defende: que o processo da descoberta científica segue uma sequência de eventos ou passos que são guiados pelo raciocínio hipotético dedutivo. Estes passos são desmonstrados na figura a seguir.

Figura 09 – Passos da descoberta científica pelo método hipotético-dedutivo segundo Lawson



Fonte: produzido a partir de Lawson (2002, 2004)

<sup>32</sup> História contada pelo amigo e primeiro biógrafo de Newton, William Stukley, em documento histórico disponibilizado pela Royal Society e divulgado pela revista Ciência Hoje em 18. Jan. 2010. Disponível em: <<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=38782&op=all>>. Acesso em: 05 Abr. 2012.

O processo começa com uma observação intrigante<sup>33</sup> (**passo 1**), aquela que não encontra resposta na estrutura cognitiva da pessoa. Ou seja, um fenômeno que não pode ser explicado por um atual sistema conceitual, de teorias ou modelos mentais. O conhecimento prévio armazenado influencia diretamente nesta percepção. Assim, o que é intrigante para uma pessoa pode não ser para outra (LAWSON, 2004, 2005).

Por exemplo, uma estrela diferente no espaço só será vista desta maneira por quem está muito familiarizado com os corpos celestes. Uma sequência de planaltos só será perceptível como o achatamento de parte de uma cordilheira de montanhas por quem tem conhecimentos geológicos.

Quando contradizem as previsões atuais sobre como o mundo funciona, as observações desconcertam, incomodam e despertam o interesse e a curiosidade do pesquisador. E assim, por serem intrigantes, podem conduzir a um processo de modificação ou substituição dos atuais esquemas mentais, permitindo a construção de novos conhecimentos (LAWSON, 2005).

Foi o que aconteceu com Galileu quando seu telescópio novo permitiu-lhe visualizar três objetos celestes em torno de Júpiter que, a princípio, pareciam estrelas, mas que mudavam de posição a cada noite e pareciam mais brilhantes do que as demais (*idem*, 2002).

Outro exemplo vem da pesquisa de Alvarez: o achatamento dos apeninos italianos foi só a curiosidade inicial do pesquisador, que foi investigá-la quase como um passa-tempo; a observação do desaparecimento repentino de foraminíferos na fronteira KT (entre o Cretáceo e o Terciário), que contradizia a teoria de que as mudanças geológicas e biológicas ocorrem gradual e lentamente, foi a observação intrigante que o conduziu a uma explicação possível para um dos maiores mistérios que instiga os cientistas: a extinção dos dinossauros (*idem*, 2004).

Quando uma observação intriga a pessoa, conduz automaticamente a uma pergunta causal (**passo 2**), que busca a relação entre a causa e o efeito de um fenômeno (LAWSON, 2002, 2004).

---

<sup>33</sup> Intrigante é tradução minha para o adjetivo *puzzling* usado por Lawson. O termo deriva de *puzzle* e, de acordo com o dicionário Oxford (2000), pode ser verbo: “*to make somebody feel confused because they do not understand something*”; ou substantivo: “*something that is difficult to understand or explain; mystery*”. Neste contexto, há três traduções possíveis: enigmático, misterioso, intrigante. Acredito que esta última palavra é a que melhor traduz o contexto em que o termo é usado por Lawson.

Se toda estrela é fixa, por que estas se movem? Ou será que é Júpiter que está se movimentando desta maneira e os astrônomos erraram sobre sua forma de movimento? São perguntas que provavelmente Galileu se fez, a julgar pelos conhecimentos disponíveis à época (LAWSON, 2002).

No caso de Alvarez, ao se deparar com o fenômeno observado em torno dos foraminíferos, a pergunta automática foi: o que teria causado o quase sumiço dessas minúsculas criaturas na fronteira KT e por que tão abruptamente? (LAWSON, 2004).

O autor acrescenta que há momentos que requerem que perguntas descritivas sejam feitas para se poder avançar na investigação. Alvarez, por exemplo, fez perguntas descritivas como: quanto tempo o irídio levou para ser depositado na camada de argila da fronteira KT? Qual a quantidade de irídio existente na fronteira KT de Gubbio? A quantidade anormal de irídio na fronteira KT de Gubbio é uma característica global? De onde vem o irídio anormal da fronteira KT? Responder a essas questões descritivas é fundamental para se responder a pergunta principal, apresentada no parágrafo anterior.

Ou seja, nem sempre a pergunta de um processo de investigação científica será causal, embora esta represente um estágio mais avançado do próprio fazer científico e, portanto do raciocínio hipotético-dedutivo, como Lawson (1994) descreve ao justificar a necessidade do ensino de ciência considerar esses ciclos.

As perguntas em busca de uma causa para o fato observado levam, então, à geração de hipóteses (**passo 3**), tentativas de explicação para o fenômeno. Caso isso não ocorra, o processo da descoberta pode ser interrompido (LAWSON, 2004)..

Esta é a hora em que se pesquisa na própria base de conhecimento (esquemas mentais de Piaget e memória associativa de Kosslyn e Koenig, por exemplo) e se faz também buscas externas (pesquisas no próprio objeto, na literatura e outras fontes) à procura de respostas, tantas quanto possível. São selecionadas as hipóteses mais plausíveis em termos de sua consistência interna, falta de conflito com explicações previamente aceitas e com evidências conhecidas, além de sua exequibilidade e economicidade de tempo e recursos (*ibidem*).

Escolhe-se a mais provável e, assumindo-se que seja verdadeira, é preciso imaginar uma maneira de prová-la. Na sequência vem o planejamento de testes (**passo 4**), para que observações adicionais sejam geradas e produzam evidências, permitindo afirmar ou negar aquela explicação até então provisória (*ibidem*).

De acordo com Lawson (2004), fazer uma previsão específica de resultado para a hipótese em consideração (**passo 5**) é um exercício fundamental para que esta possa ser significativamente testada. Por isso, é muito importante diferenciar hipótese de previsão para os resultados, descrevendo exatamente o que se espera acontecer nas condições especificadas (o teste imaginado).

Recorro neste ponto a um exemplo extraído da experiência de Alvarez. Quando ele supôs que um evento catastrófico poderia ter provocado o sumiço repentino de formas de vida na fronteira KT e decidiu fazer o teste de irídio para determinar o tempo que aquela camada de material argiloso tinha levado para se depositar ali naquele sítio, a expectativa de Alvarez era encontrar taxas acumuladas relativamente baixas de irídio, na média de 0,1 ppb, indicando uma deposição rápida. Mas ele encontrou 9 ppb, uma quantidade considerada enorme.

A predição para o teste não se confirmou, mas como o resultado observado foi muito discrepante em relação ao previsto, a hipótese de uma catástrofe não foi descartada; pelo contrário, foi reforçada. Só que a busca foi redirecionada para outro tipo de evento apocalíptico. O fato de ter uma certa expectativa do que encontraria foi o que levou Alvarez a fazer uma nova observação intrigante e a prosseguir na sua pesquisa, que poderia ter acabado ali.

Lawson (*idem*) acrescenta que entender a diferença entre hipótese e previsão de resultados, é justamente uma das maiores dificuldades de novos pesquisadores e estudantes.

Em alguns contextos científicos, a previsão de resultados ganha ainda mais importância: quando se precisa buscar financiamento e apoio para testar uma hipótese, por exemplo. Nesse caso, é preciso usar argumentos teóricos para convencer de que o resultado previsto decorre dedutivamente da hipótese e do teste planejado (LAWSON, 2005).

Após esta previsão, finalmente executa-se o teste (**passo 6**) conforme o planejamento prévio. Seus resultados são observados (**passo 7**), de modo a se coletar evidências, que podem ser de três tipos: experimental, circunstancial ou correlacional, dependendo do tipo de teste realizado (LAWSON, 2004).

Apresento aqui alguns exemplos: os ensaios laboratoriais geram evidências experimentais; a observação noite após noite do movimento de corpos celestes conduz a evidências circunstanciais; depósitos de tsunamis em determinado raio

geográfico associado a uma cratera no mar causada pelo impacto de um meteoro gera evidências correlacionais de que um tsunami se originou deste impacto.

A comparação dos resultados previstos com os observados pode ou não exigir o uso de procedimentos estatísticos. A partir daí, tira-se uma conclusão **(passo 8)** sobre o conseqüente apoio ou não para a hipótese, com base no grau de correspondência entre o que se previu e o que se observou (LAWSON, 2004).

Seguindo um princípio da teoria popperiana, Lawson (2005) destaca que o fato de uma hipótese ser sustentada por evidências não significa que esteja definitivamente comprovada, da mesma forma que uma hipótese refutada não significa que deva ser de todo rejeitada. Pois tanto o teste quanto a hipótese em si podem ter falhas ou ser afetados por circunstâncias ainda não conhecidas. O que se pode dizer é que quanto maior a correspondência entre resultado previsto e observado, maior será o apoio para a explicação proposta.

Por fim, repetem-se os passos 3 a 6 até que todas as hipóteses plausíveis tenham sido testadas, aceitas ou rejeitadas, ou uma nova observação intrigante seja feita, levantando uma nova questão causal. Esta pode levar a uma inspeção mais próxima do fenômeno intrigante ou desviar a atenção do cientista para iniciar novamente todo o processo em outra direção.

Portanto, o processo é cíclico (não-linear), uma vez que novas observações intrigantes podem surgir durante a realização dos testes, conduzindo a uma outra investigação e assim por diante (LAWSON, 2002). Os três ciclos de raciocínio da pesquisa de Galileu e os oito da pesquisa de Alvarez demonstram este fato.

Cada passo descrito é guiado por um raciocínio que conduz à etapa seguinte. Em função disso acontecer de uma forma mais ou menos regular em todas as situações é que o autor diz haver um padrão de raciocínio que caracteriza a descoberta científica.

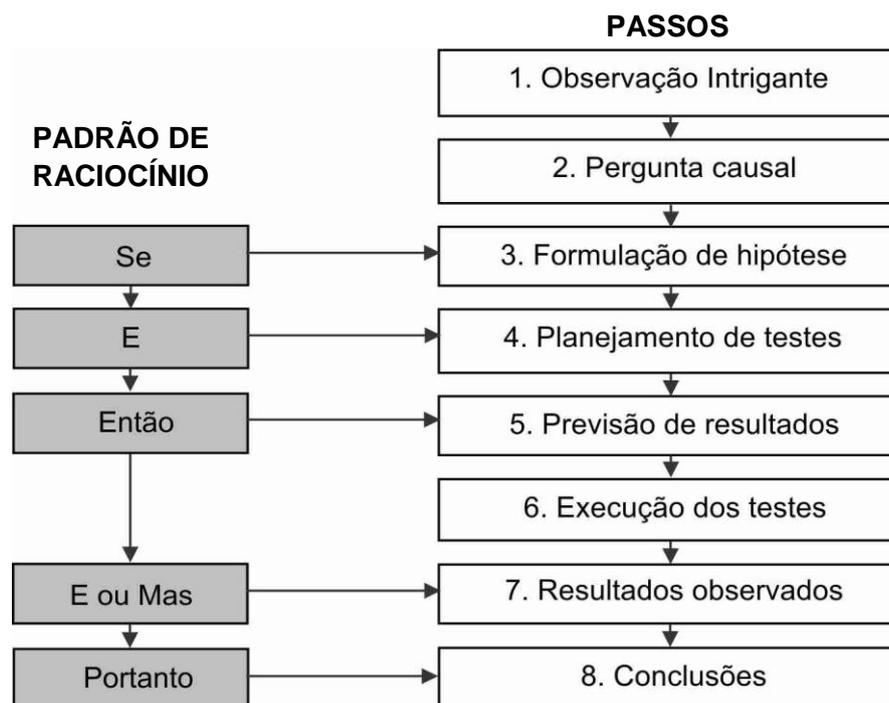
Para indicar este padrão de raciocínio, Lawson (2002, 2004) utiliza a estrutura lógico-linguística **se / e / então / e ou mas / portanto**, já demonstrada na análise das pesquisas de Galileu e Alvarez. De acordo com ele, o núcleo central deste modelo é formado pelo **se / então / portanto**, a forma básica de um argumento completo segundo a Lógica. Os demais elementos são acréscimos para introduzir a geração de testes como meios de comprovação (LAWSON, 2002).

O processo inicial até a geração de testes (possíveis explicações, hipóteses surgidas após a observação intrigante e pergunta causal) corresponde uma

semilógica, raciocínio condicional que emprega a forma linguística **se / então** – quando considerados somente os elementos básicos do argumento, sem o teste planejado, o **e**. Este corresponde a uma espécie de extensão da própria hipótese. Traduzindo: se isto é assim e isso for feito, então aquilo vai acontecer. Este processo de geração de testes para explicações possíveis pode incluir várias etapas de **se / e / então** (LAWSON, 2000, 2004).

Cada elemento linguístico do padrão de raciocínio do argumento completo corresponde a passos da investigação científica: o “se” refere-se à hipótese; o “e”, ao teste planejado; o “então”, ao resultado esperado; o “e ou mas” correspondem ao resultado observado e o “portanto”, à conclusão (LAWSON, 2004). A figura abaixo ilustra a correspondência entre o padrão de raciocínio e os passos da pesquisa.

Figura 10 – Padrão de raciocínio que acompanha passos da pesquisa científica



Fonte: produzido a partir de Lawson (2002, 2004)

Os primeiros passos do processo – observação intrigante e pergunta causal – não aparecem no padrão de raciocínio proposto por Lawson. Este começa com a hipótese, o que é compreensível, pois o ato da explicação é considerado como a característica que diferencia a pesquisa científica de outros empreendimentos humanos. Já foi dito que para Lawson (2003) qualquer pessoa pode fazer observações intrigantes e perguntas causais sem enveredar pela pesquisa científica.

Por ser o cerne da atividade em ciências, a hipótese marca o início do padrão hipotético-dedutivo de raciocínio.

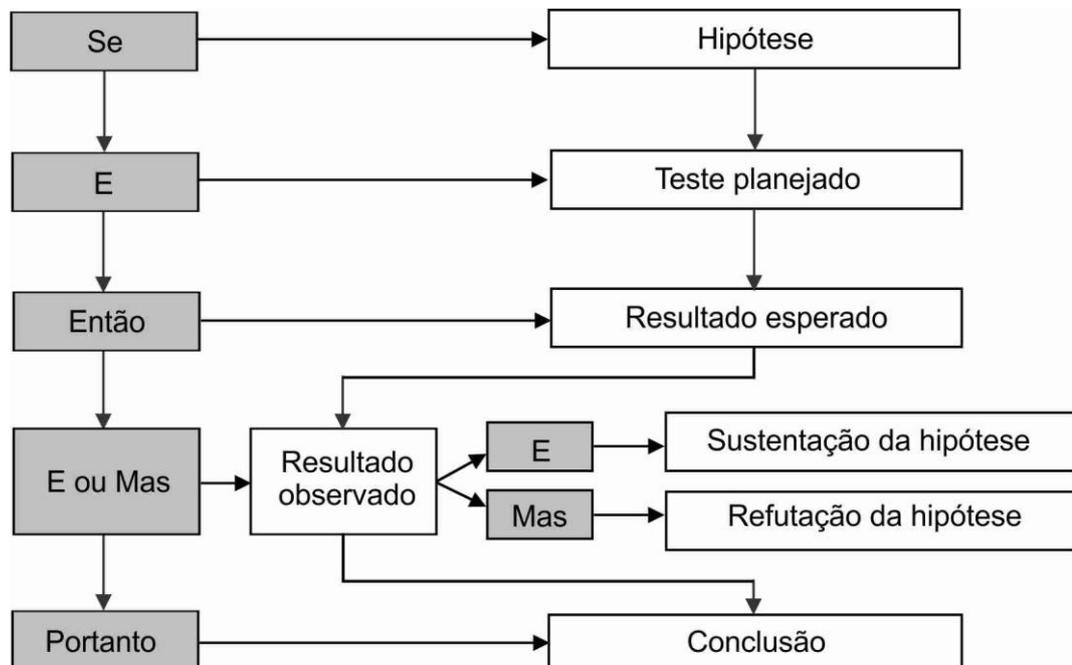
A execução dos testes também não aparece, provavelmente porque nesta etapa apenas se cumpre o que já foi pensado e planejado anteriormente. Além do que, o trabalho cognitivo que acontece neste momento está vinculado à observação dos resultados, podendo gerar inclusive outros ciclos de investigação, mostrando que o processo da pesquisa não é linear, como destaca Lawson (2005).

Quando os resultados observados correspondem à previsão, o padrão de raciocínio assume a forma *se / e / então / e / portanto*, sustentando a hipótese. Caso contrário, quando não há correspondência entre resultados esperados e observados, a estrutura fica assim: *se / e / então / **mas** / portanto*, refutando a hipótese.

Retomando o exemplo de Galileu, a hipótese das luas orbitando Júpiter, que foi apoiada pelas repetidas observações, enquadra-se no primeiro caso (confirmação); já a ideia das estrelas fixas enquadra-se no segundo (refutação). No caso da pesquisa de Alvarez, os ciclos 1, 2 e 4 são exemplos de refutação e os demais, de sustentação da hipótese (LAWSON, 2002, 2004).

A figura abaixo ilustra este padrão de raciocínio proposto por Lawson.

Figura 11 – Estrutura do padrão de raciocínio com especificação dos resultados observados



Fonte: produzido a partir de Lawson (2002, 2004)

Como foi demonstrado no teste com os Mellinarks (ver p. 68), o indivíduo não se dá conta dos processos cognitivos que estão ocorrendo no cérebro, a não ser que já tenha se educado para tal (habilidades metacognitivas).

Por isso os raciocínios hipotético-dedutivos que acompanham a pesquisa científica podem acontecer de forma consciente ou inconsciente. Ou seja, até mesmo os cientistas, embora façam ciência, eles não pensam necessariamente em como o fazem (LAWSON, 2004, 2005).

Lawson (2002) acredita que é bastante provável, por exemplo, que Galileu estivesse inconsciente de seu raciocínio hipotético-dedutivo, que simplesmente estivesse tentando explicar o que viu. Ele acrescenta que, desde então, os filósofos e cientistas têm, coletivamente, ficado cada vez mais conscientes dos padrões de pensamento que guiam a construção do conhecimento e a descoberta científica. Foi justamente a partir desta conscientização que surgiu o método hipotético-dedutivo, transformado em “poderoso instrumento” por aqueles cientistas que se deram conta desses padrões (*ibidem*).

De modo geral, a constatação traz importantes implicações para o trabalho dos cientistas ainda hoje. Em correspondência trocada com Walter Alvarez, Lawson (2004) relata que o pesquisador, além de concordar que a demonstração dos ciclos de raciocínio captou a essência da pesquisa a respeito da extinção de muitos seres na camada geológica fronteira entre o Terciário e o Cretáceo (o que poderia incluir os dinossauros), informa que o padrão já estava sendo útil para guiar a reflexão de sua nova pesquisa.

Em trabalho anterior, Lawson (2000) avaliou a pesquisa do biólogo John Alcock, que investigava por que os machos da abelha Dawson existem em dois grupos de tamanhos distintos e havia rejeitado provisoriamente três hipóteses testadas. Além de evidenciar o padrão de raciocínio de Alcock, Lawson apresentou uma entrevista em que o pesquisador concorda que tem um método guiando suas pesquisas de forma bem consciente, o que é fundamental no seu fazer científico.

Lawson (*idem*) mostra também o resultado de uma avaliação com outros biólogos de uma grande universidade americana: 71% disseram que seu trabalho sempre envolve a geração de hipóteses e 65% disseram sempre comparar os resultados obtidos com suas expectativas iniciais.

Como pesquisador da educação, Lawson (2002) destaca que ter consciência do padrão de raciocínio que acompanha a pesquisa científica não é uma questão

que deva ficar restrita à filosofia e à epistemologia da ciência, porque traz importantes implicações educacionais. Se a maneira como a humanidade adquire conhecimento é através do raciocínio hipotético-dedutivo e se também é desta forma que a ciência faz as suas afirmações, é necessário e fundamental levar isso em consideração no ensino de ciências.

De acordo com o autor, embora a proposta de um modo hipotético-dedutivo de ensino não seja necessariamente nova, há muito poucos materiais curriculares que explorem e favoreçam esta habilidade de raciocínio, requerendo que os currículos deem mais espaço para ensinar os alunos a pensar hipotético-dedutivamente e ajudá-los a aprender a fazer ciências. Isso se aplica principalmente no nível universitário, onde se objetiva também que sejam pesquisadores bem-sucedidos (LAWSON, 2004).

Sua justificativa é que vários estudos mostram a dificuldade de estudantes do ensino médio e universitário em raciocinar desse modo e que essas limitações resultam não apenas em obstáculos na resolução de problemas e entendimento de conceitos científicos, mas também na compreensão do que é e como é feita a ciência (*ibidem*).

O autor acredita que, quando não se mostra para os alunos a forma como a ciência é feita, acaba-se por estimular a crença de que esta é principalmente um jogo de busca cega e uma questão de destino. A construção cognitiva (individual e coletiva) é desconsiderada. Seria como encaminhar os futuros cientistas para suas carreiras com votos de boa sorte (LAWSON, 2004).

Creio que tanto este capítulo que concluo agora quanto o anterior, sobre a ABP, suscitam algumas perguntas que merecem ser consideradas, ainda que brevemente. É do que tratarei a seguir.

### 3 CONCEITOS E CONTEXTOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS

Abordo neste capítulo questões que orbitam o núcleo temático central desta pesquisa. Embora secundárias diante dos objetivos propostos, são fundamentais para descortinar o cenário onde esta se insere e justificá-la, além de esclarecer o entendimento a respeito de alguns termos e conceitos usados.

Ribeiro e Mizukami (2004) consideram que a Aprendizagem Baseada em Problemas se assemelha ao processo da descoberta científica. Berbel (1998) também diz que esta se inspira no método científico<sup>34</sup>. No Curso de Férias, a ABP foi adotada visando aproximar o conhecimento científico do cotidiano de alunos de escolas públicas. Por sua vez, a obra de Lawson advoga que, mais do que aprender conteúdos de ciências, os alunos precisam entender como se faz ciência.

Diante disso, começo abordando o conceito de alfabetização científica, que tem dominado o discurso de pesquisadores de educação em ciências a partir década de 1990. Mostro também como o método científico é entendido nesse contexto e qual o papel da experimentação, em particular no ensino de biologia.

Por fim, apresento algumas considerações sobre construção e reconstrução do conhecimento, descoberta e redescoberta para o aluno, conceitos que permeiam a epistemologia e o ensino de ciências e apareceram com frequência na revisão bibliográfica apresentada nos dois capítulos anteriores. Construção e descoberta do conhecimento são termos incompatíveis ou representam as duas faces de uma mesma moeda?

#### 3.1 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: POR QUE E COMO

Retomo aqui a afirmação de Krasilchik (1987) com a qual iniciei a introdução desta dissertação: “pensar lógica e criticamente” é hoje um dos grandes objetivos do ensino de ciências, com os quais concordam boa parte dos educadores e cientistas.

Entretanto, até chegar ao entendimento atual, o ensino de ciências no nível fundamental passou por vários estágios, incluindo o de formar cientistas mirins para serem os cientistas do futuro, como historia Krasilchik (*idem*).

---

<sup>34</sup> No próximo capítulo, apresento discussões em torno da conceituação de método científico, assim como discussões a respeito de descoberta científica.

Hodson (2002) também destaca que o uso de *slogans* e projetos como “Ser cientista por um dia” marcaram a ênfase dada ao ensino de ciências nas quatro últimas décadas do século XX, mas que o conceito de alfabetização científica ganhou força na década de 1990.

De acordo com Cachapuz *et. al* (2011), que se fundamentaram em Rodger Bybee<sup>35</sup>, o termo reflete um amplo movimento educativo e não pode ser reduzido a uma definição funcional simplista como sendo a capacidade de utilizar vocabulário científico. Vai além disso: exige a imersão dos alunos na cultura científica, requer uma compreensão do que é ciência e qual a sua utilidade.

Mais do que despertar um interesse profissional e preparar futuros cientistas, a alfabetização científica tem um compromisso com a educação para a cidadania e o desenvolvimento, havendo um amplo consenso neste sentido. A Declaração de Budapeste<sup>36</sup> afirma a importância do ensino de ciências e tecnologia para que um país atenda às necessidades fundamentais de sua população, para desenvolver a capacidade científica endógena e formar cidadãos capazes de tomar decisões relativas à aplicação de novos conhecimentos (HODSON, 2002; WERTHEIN e CUNHA, 2009; CACHAPUZ *et al*, 2011).

Na última década, a UNESCO (2005, p. 4) vem alertando o Brasil para a gravidade da situação do ensino de ciências e o risco que isso representa para o futuro do país: “ensinar mal as ciências é matar a galinha dos ovos de ouro”, comprometendo a promoção da cidadania, a inclusão social e a melhoria da qualidade de vida. Apesar de estar na 6ª posição na economia mundial<sup>37</sup>, o Brasil aparece em 53º lugar em leitura e ciências e 57º em matemática, entre os 65 países participantes do PISA<sup>38</sup>, Programa Internacional de Avaliação de Alunos.

Na perspectiva de formar cidadão para o progresso que se deseja, os conteúdos curriculares não são fins em si mesmos, mas meios básicos para

---

<sup>35</sup> Autor da obra “Towards an Understanding of Scientific Literacy”, de 1997, “Por uma compreensão da alfabetização científica”, em tradução livre.

<sup>36</sup> Resultado da Conferência Mundial sobre Ciência para o Século XXI, realizada em 1999, na capital da Hungria, pela UNESCO e Conselho Internacional para a Ciência.

<sup>37</sup> Ranking 2013 do Banco Mundial, baseado no Programa de Comparação Internacional, que analisa a economia de 146 países. O Brasil aparece empatado com Itália, França, Reino Unido e Rússia. Informação disponível no site <<http://www.worldbank.org/pt/country/brazil>>. Acesso em 20 mar. 2013.

<sup>38</sup> Programme for International Student Assessment, realizado há cada três anos pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), com alunos de 15 anos completos. O último ranking foi divulgado em dezembro de 2010. Disponível em <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,brasil-melhora-em-avaliacao-internacional-mas-continua-um-dos-piores-do-mundo,650526,0.htm>>. Acesso em 14 abr. 2012.

constituir competências cognitivas ou sociais, que devem ter prioridade sobre as informações, como preconiza o artigo 5º das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio/DCNEM (BRASIL, 1998).

As bases legais para essas diretrizes aparecem na lei educacional magna do país, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação/LDB (BRASIL, 1996), segundo a qual a educação deve cumprir um triplo papel – econômico, científico e cultural – e ser alicerçada em quatro pilares importantes para a vida do aluno e da sociedade: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser. Estes pilares são orientações da UNESCO contidas no relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI (DELORS, 1998).

O documento com as diretrizes para o ensino médio também diz que, no domínio das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, as competências a serem desenvolvidas incluem:

(...) compreender que as ciências são construções humanas; conhecer e saber aplicar métodos próprios das ciências naturais; apropriar-se dos conhecimentos da física, da química e da biologia e aplicá-los na explicação do mundo natural; entender o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais na vida pessoal e social, nos processos de produção e no desenvolvimento do conhecimento; saber aplicar essas tecnologias em contextos da vida pessoal e do trabalho (BRASIL, 1998, artigo 10, alínea II).

Aí estão descritas habilidades ou competências que remetem para o conceito de alfabetização ou enculturação científica, que, de acordo com Carvalho (2009), pressupõe ensinar os alunos a “fazer ciências” e a “falar ciências”, ao invés de se limitar a mostrar-lhes leis e teorias já elaboradas.

Cachapuz *et. al* (2011) ressaltam, porém, que antes de tudo é preciso superar visões deformadas da ciência, um pré-requisito essencial para a necessária renovação do ensino de ciências. Entre essas “deformações”, os autores citam a visão descontextualizada, socialmente neutra da ciência; concepção elitista e individualista, que a vê como obra de gênios; concepção de conhecimento infalível, algorítmico, produzido de forma séria e rigorosa; e a concepção empírico-indutivista e ateórica, a mais assinalada na literatura.

Neste último aspecto está inserida a questão polêmica de qual método pode proporcionar uma base segura para se conhecer o mundo e seus fenômenos. Um ponto pacífico nessa discussão é o consenso de que o empirismo-indutivismo puro,

que Chalmers (1993) chamou de ingênuo, é uma crença do passado, ainda que não totalmente superada como salientam Cachapuz *et. al* (2011.).

Segundo eles, é preciso insistir na rejeição do que Piaget (2012) chama, em sua epistemologia genética, de “mito da origem sensorial do conhecimento científico”, uma vez que os esquemas mentais têm papel primordial na observação e interpretação dos objetos de conhecimento. Diante disso, como abordar a questão do método científico?

Segundo Marconi e Lakatos (2011), há quatro métodos sistematizados: (1) o indutivo, que vai de constatações particulares para gerais, até formular leis e teorias, numa conexão ascendente; (2) o dedutivo, que faz o caminho contrário, partindo de leis gerais para fenômenos particulares, em conexão descendente; (3) o hipotético-dedutivo, que resume a seguir; (4) e o método dialético, que analisa as coisas do mundo como objetos e ideias em constante mudança, vê a realidade como dinâmica modulada pela unidade de contrários, em oposição à metafísica, que tem pretensões de chegar a um conhecimento final, pois acredita na existência de um conjunto de coisas fixas e estáveis que estão além dos fenômenos vistos.

O método hipotético-dedutivo, sistematizado por Karl Popper (1902-1994), revolucionou o meio científico com forte consistência e elegância, mas depois revelou dificuldades (CHALMERS, 1993; HODSON, 1982).

A percepção de uma lacuna no conhecimento (problema teórico) conduz a formulação de uma hipótese a partir de conhecimento anterior, fundamentando-se na construção de uma teoria que a sustente. Sua consistência interna e forma lógica é analisada por inferência dedutiva, em comparação com outras ideias, e só depois é testada experimentalmente. Se as previsões forem confirmadas, a hipótese é sustentada; do contrário, parte-se para sua modificação ou substituição, não na base da tentativa e erro, mas à luz da experiência anterior e do sistema teórico construído. Confirmada a nova teoria, a melhor forma de submetê-la a testes de aceitação pela comunidade científica não é pela validação, mas pela falsificação, ou seja, por meio de tentativas para provar que ela é falsa (POPPER, 2006, 2007).

A primeira parte da teoria de Popper descrita acima é o ponto convergente do método hipotético-dedutivo, referencial para propostas que vieram depois. Daí alguns o tomarem como predominante, a exemplo de Lawson (2002, 2004). O problema, porém, está na ideia do falsificacionismo, principal característica da tese popperiana e também a mais questionada (CHALMERS, 1993; HODSON, 1982).

Segundo os críticos de Popper, o falsificacionismo padece de problema semelhante ao do indutivismo, pois também depende da observação. A expectativa é encontrar algo que contradiga a teoria proposta (no exemplo do cisne branco, equivaleria a encontrar um cisne preto). E como a observação para validar ou refutar uma proposição deve ser apoiada metodicamente, posto que a observação pela observação em ciências é ingênua, qual teoria deveria, então, ser usada para testar uma nova? Assim sendo, as teorias não podem ser conclusivamente falsificadas ou confirmadas (CHALMERS, 1993; HODSON, 1982).

Algumas alternativas, de caráter dialético, foram oferecidas para resolver o impasse da tese popperiana. O húngaro Imre Lakatos (1922-1974) propôs que um conjunto de teorias requer certo tempo de maturação antes de ser classificado como progressivo ou degenerativo, ideia principal do seu conceito “programa de pesquisa”. Thomas Kuhn (1922-1996) definiu a ciência como estruturada em fases sucessivas de revolução e consolidação: quando a comunidade científica entra em acordo sobre certos assuntos teóricos e metodológicos, chega-se ao que ele chamou de paradigma. Este não está imune a novas revoluções, porque não há como definir critérios objetivos para determinar a superioridade de um modelo (*ibidem, ibidem*).

Paul Feyerabend (1924-1994) também é cético quanto à existência de um método científico objetivo, porque entende que todas as propostas de um módulo firme e imutável falharam. Ele defende uma epistemologia anárquica, que não se prende a regras pré-estabelecidas, embora precise seguir inicialmente por elas. Ao se chegar ao ponto de impasse, ele sugere introduzir hipóteses provisoriamente discordantes das evidências e das teorias anteriores, pois acredita que sem a suspensão consciente das convenções dos modelos vigentes, numa atitude próxima da arte, não haveria progresso científico (FEYERABEND, 2007).

Ao analisar este debate em torno do método científico, Chalmers (*op cit, p. 22*) conclui apelando para um provérbio antigo: “nós começamos confusos, e terminamos confusos num nível mais elevado”. Ou seja, este é um tema que recomenda muita cautela diante de conclusões definitivas, pois tem por trás uma pergunta que teima em não calar: há uma fórmula para se conhecer a verdade absoluta das coisas?

Segundo Demo (2010), por conta dessas “querelas” metodológicas, a alfabetização científica pode implicar em certo incômodo para os educadores. De fato, muitos preferem não entrar num terreno tão incerto, o que acaba contribuindo para perpetuar distorções a respeito da natureza da ciência.

Buscando uma bússola para orientar o ensino de ciências, Hodson (1982, p. 8) diz que o método científico pode ser apresentado aos alunos como sendo o “meio pelo qual obtemos conhecimento sobre o mundo físico”, devendo ser feita a ressalva de não haver uma proposta aceita universalmente. Pode-se afirmar também que a ciência caminha através de um processo em três estágios interligados: individual, objetivo e comunitário.

Hodson (*idem*) diz que, Inicialmente, o cientista percebe um problema, formula hipótese e estratégias para resolvê-lo, coleta evidências, “inventa” conceitos – expressão do próprio autor. Tudo isso usando sua imaginação criativa, em que a anarquia de Feyerabend, que recusa métodos engessados, seria bem-vinda, como nas artes. Mesmo neste estágio individual, o cientista segue técnicas e procedimentos desenvolvidos por seus predecessores (estágio objetivo). Hodson acrescenta que, como não basta a confiança do indivíduo em seus experimentos e sistema teórico, ele deve expô-los à crítica e/ou repetição dos testes por outros pesquisadores (estágio comunitário). Assim, um novo achado é produto de uma atividade social complexa, originada no ato individual de “descoberta ou criação” (*ibidem*, p. 8).

O autor acredita que este é um modelo adequado para ser incluído no currículo escolar, porque respeita as diferentes visões da ciência sem negar a sua natureza objetiva, evitando-se também outro extremo: a posição relativista de que a verdade é simplesmente como você a vê. Além disso, poderia despertar o interesse de alunos que atualmente se mostram indiferentes ao aprendizado de ciências, por causa da visão estereotipada de que é algo impessoal, frio e metódico (*ibidem*).

Considerando que, mesmo com as diferenças existe um núcleo comum nos pensamentos de Popper, Kuhn, Lakatos, Bachelard, Feyerabend e outros – mais próxima do método hipotético-dedutivo –, Cachapuz *et al* (2011) dizem que é esta base invariante que deve ser realçada, visando facilitar o entendimento a respeito da construção do conhecimento científico.

A questão, portanto, não é se existe método científico. Está claro que ele existe: toda ciência tem seu método. O que merece avaliação é o termo “método científico” ser vinculado prioritariamente às ciências da natureza. Talvez por isso Demo (2011b) prefira chamar o método predominante em ciências naturais de lógico-experimental.

Ele afirma que não se pode ignorar que ciência é questão de método, pois esta não é feita com generalidades e reflexões dispersas, mas com análises

palpáveis. O fundamental é saber discernir o que faz um conhecimento ser científico, ou seja, quais são os critérios de cientificidade. Um deles é a verticalização (aprofundamento analítico), pois não cabe pequenas doses de muitas teorias, todas superficiais. Ele destaca dois critérios: a discutibilidade formal (coerência, consistência, sistematicidade, originalidade, argumentação, objetivação) e discutibilidade política (relevância social, ética, argumento de autoridade, intersubjetividade).

A face formal implica que a qualidade requer produção de acordo com a disciplina do método, que deve estar a serviço da realidade e não o contrário. O discurso necessita ser lógico (isento de contradições) e experimental (voltado para os objetos testáveis). Embora a realidade admita ser ordenada formalmente, não cabe por completo em formalizações científicas. É aí que entra a face política do conhecimento científico: este deve ser sempre aberto e discutível, considerando a dinâmica de desconstrução e reconstrução do conhecimento (DEMO, 2011b).

O processo de formalização busca aquilo que permanece recorrente, que é invariante, sendo forma uma referência fora do tempo e do espaço. Ou seja, a pesquisa busca captar aquilo que pode se repetir, não importa o lugar e o momento. “A formalização pressupõe que a realidade seja comandada por leis invariantes, permanentes, por isso formalizáveis lógica e matematicamente” (*ibidem*, p. 11).

Segundo Demo (*idem*), há muitos modos de pesquisar. A pesquisa científica pode ser teórica, empírica, prática (baseada em projeto de intervenção social) e metodológica (discute indicadores, por exemplo). Porém, a face empírica corresponde ao paradigma prevalente. O autor destaca que a história soberba dos resultados do método lógico-experimental não pode blindá-lo ao questionamento. Este permite asserções testáveis, não inabaláveis; aprimora a nossa visão da realidade, mas não a substitui. Por isso, é importante diferenciar pesquisa empírica, que tem seu valor e função, de pesquisa empirista. O problema está em reduzir tudo ao que o método pode captar, sobrepondo-o à realidade.

Por isso, é benéfico para o aluno conviver com diferentes visões, entender que o conhecimento científico é apenas um entre muitos, como o filosófico, o religioso e o tradicional. Importante também é saber que o método lógico-experimental assumiu predominância “avassaladora” porque se tornou canônico, ao se esquecer justamente da sua luta inicial contra os “argumentos de autoridade”, oriundos principalmente da teologia e da filosofia, e instituiu-se como a nova autoridade exclusiva (DEMO, 2010).

### 3.2 A BUSCA DA CONCILIAÇÃO ENTRE EXPERIMENTAÇÃO E RACIOCÍNIO

Entre os 26 cientistas e educadores brasileiros ouvidos pela UNESCO em 2009 com o intuito de apontar caminhos que promovam a melhoria do ensino de ciências no Brasil, além da predominância dos argumentos de ordem política, como era de se esperar diante da realidade educacional do país, há também textos de orientação mais pragmática (WERTHEIN e CUNHA, 2009).

Alguns apresentam a experimentação como a base de todo aprendizado científico e como meio para superar a tradição *livresca*<sup>39</sup>, outros defendem que os professores precisam ensinar a observar, medir, concluir, pois não se pode aprender ciências sem experimentação, assim como não se pode aprender a nadar no seco<sup>40</sup>.

Por outro lado, há também quem afirme que as complexas vertentes da educação científica requerem considerações de diversas naturezas, a começar pelo que é ciência, com estratégias inovadoras que valorizem a discussão de conceitos de alto valor interdisciplinar, como ecossistema<sup>41</sup>. Ou que os professores devem estar conscientes de que a ciência não é um conjunto de conhecimentos acabados, mas uma forma de ver o mundo e transformá-lo, por isso o seu ensino, assim como o das artes, deve propor uma educação criativa e transformadora. Para isso o professor precisa ser, antes de tudo, um pesquisador e estar preparado para atividades de construção do conhecimento<sup>42</sup>.

De um modo geral, duas discussões ficam evidentes. A primeira tem a ver com o reconhecimento de que o ensino experimental é importante, mas sabe-se que é negligenciado ou sequer realizado por conta de uma série de problemas, onde se destacam a falta de infraestrutura, currículos que valorizam a transmissão de conhecimentos prontos e formação deficiente do professor. A segunda refere-se ao modo como a experimentação está sendo praticada no ensino de ciências.

Interessa-me aqui esta segunda discussão, pois o simples fato de ter aulas experimentais não é garantia de aprendizado significativo nem de atender aos objetivos da alfabetização científica (HODSON, 1994, 2002; SILVA e ZANON, 2000; MARANDINO, SELLES e FERREIRA, 2009; KRASILCHIK, 2011).

Segundo Hodson (1994), apesar do reconhecimento quase universal da importância da experimentação escolar para aquisição de conhecimentos científicos,

<sup>39</sup> Alaor Silvério Chaves, artigo "Educação para a ciência e tecnologia". In Werthein e Cunha, 2009.

<sup>40</sup> Antônio de Souza Teixeira Júnior, artigo "Ensino de ciências" (*idem*).

<sup>41</sup> Aziz Nacib Ab'Sáber, artigo "Relevância e significado da educação científica para o Brasil" (*idem*).

<sup>42</sup> Glaci Theresinha Zancan, artigo "Educação para a transformação" (*idem*).

demorou-se para investigar sua eficácia no alcance dos objetivos propostos. Quanto a estes, o autor diz haver um emaranhado confuso em que se destacam cinco: motivar e estimular o interesse do aluno; ensinar habilidade de laboratório; aumentar a aprendizagem de conceitos científicos; proporcionar uma ideia sobre o método científico, promovendo a habilidade de utilizá-lo; e desenvolver atitudes consideradas “científicas”, tais como a capacidade de avaliação de outras ideias, objetividade e disposição em não fazer juízos apressados.

Para o autor, a crença na experimentação como sendo capaz de resolver os problemas do ensino e aprendizagem de ciências deriva do fato de se transferir para este o mesmo valor que se costuma dar à prática laboratorial da produção científica. É um discurso que ainda influencia muito o trabalho docente, daí a importância de se ter uma compreensão mais clara da natureza da ciência, além de se diferenciar experimento científico de experimento escolar.

Citando pesquisas comparativas entre a atividade experimental e outros formatos de aula, Hodson (1994) destaca que os resultados, nos quesitos aquisição de conceitos, compreensão do método científico ou motivação, não evidenciam vantagem para a atividade prática convencional. Ela só ganha no quesito aquisição de habilidade laboratorial. Mas no que esta, por si só, seria útil? E quanto a promover atitudes ditas “científicas”? Como estas não existem da forma idealizada, apenas são reforçados estereótipos sobre o cientista.

Além de objetivos confusos, na maioria das vezes a prática é desvinculada da teoria. Os alunos se percebem ativos, no sentido de que estão fazendo algo, mas muitos são incapazes de estabelecer a conexão entre o que estão fazendo e o que estão aprendendo, tanto em termos de conhecimento conceitual (o quê) quanto procedimental (como). A conclusão de Hodson (*idem*) é enfática: a atividade laboratorial escolar praticada desta forma mostra-se improdutiva e incapaz de justificar sua existência, pois sequer alcança os objetivos nos quais acredita.

Na opinião do autor, a experimentação precisa envolver “menos prática e mais reflexão”, para que tenha valor educativo real. Isso não significa a negação da importância da atividade experimental, apenas questiona como ela é feita na maioria das vezes e aponta para a necessidade de superação do instrucionismo.

O apelo por “mais reflexão” encontra eco em outros autores, como Demo (2011a), que defende que as instituições de ensino precisam “ensinar a pensar”, visando à autonomia das pessoas. “Saber pensar não é só pensar. É também, e

sobretudo, saber intervir. Teoria e prática, e vice-versa. Quem sabe pensar, entretanto, não faz por fazer, mas sabe por que e como faz” (DEMO, 2011a, p. 17).

Demo (2010, 2011a, 2011b) destaca a ciência como a arte de argumentar<sup>43</sup>. Argumentar é sobretudo questionar, a energia mais contundente do conhecimento. Significa alicerçar o que se diz ou se rejeita em razões bem fundamentadas. No contexto científico, argumentar não se resume à habilidade discursiva da tradição retórica e humanista e assume uma tessitura lógico-experimental, conjugando formalização e experimento.

Considerando que o método lógico-experimental (ou hipotético-dedutivo) não é absoluto, ele pode ser entendido de forma mais maleável, com expectativas metodológicas de tom mais aberto, dialético e não linear, rompendo com o positivismo dominante. Por isso, o argumento científico tem dupla face: uma formal e outra política (DEMO, 2010).

Segundo Demo (2011a), necessitamos argumentar porque não há coincidência direta entre pensamento e pensado. Se houvesse, bastaria a evidência, bastaria ver e constatar. Mas, como Popper (2006, 2007) já dizia: evidência favorável não comprova a teoria, apenas corrobora a hipótese.

Portanto, argumentar significa também contra-argumentar. Crítica e autocrítica implicam não só a mesma habilidade epistemológica, mas em especial o mesmo direito. Na face política, está a virtude da autoridade do argumento, que defende posições sem rigidez, que ouve e respeita o outro, que não precisa gritar, ofender ou ofender-se, que continua aprendendo sempre. Esse estilo de argumentação tem profundo impacto pedagógico, porque forma a cidadania que sabe pensar (DEMO, 2011b, 2010).

---

<sup>43</sup> Pensamentos todos têm; mas a arte de argumentar, não. Por isso, quando Demo fala de ensinar a pensar, está implícita a ideia de ensinar a argumentar. Lawson (2002) fala de ensinar a raciocinar cientificamente. Carvalho (2009) menciona ensinar a argumentar cientificamente. Considerando a teoria piagetiana, tanto raciocinar quanto argumentar são operações próprias do pensamento formal, o estágio amadurecido da capacidade de pensar. De acordo com Rocha e Aires (2010), é comum tratarmos pensamento como raciocínio e vice-versa. Mas estes autores fazem uma distinção: todo raciocínio é pensamento, mas nem todo pensamento é raciocínio. O pensamento é livre, serve também a outras funções, como lembrar, imaginar; não tem, em todos os casos, a intenção de chegar a conclusões ou descobertas novas. Já o raciocínio “é a aplicação da razão focada na combinação de informações e saberes previamente conhecidos com o objetivo de se chegar a novas informações, a novos saberes”. Quanto à distinção entre raciocínio e argumento, Murcho (2010) explica que, para a Lógica (ramo da filosofia que estuda a coerência e validade dos argumentos), ambos formam um conjunto de proposições (afirmações de algo). Uma dessas proposições (a conclusão) é justificada pelas demais (as premissas). A diferença é que o raciocínio apenas explora as consequências de uma ou várias ideias, enquanto o argumento quer persuadir ou convencer alguém. De todo modo, os argumentos são formados por raciocínios, também chamados de inferências, que podem ser indutivas, dedutivas e por analogia (as mais comuns) ou de outra ordem, como a intuição.

Fazendo um estudo antropológico, Latour (2000) desvenda a maneira como a comunidade científica chega a "fatos", "verdades" e "teorias", mostrando como a argumentação tem peso no processo de construção científica, tanto nos ambientes informais (laboratórios) quanto nos formais (congressos, revistas científicas).

Driver, Newton e Osborne (2000), referendados em outros autores, também apresentam a argumentação como o coração da ciência, a atividade central dos cientistas. É através de argumentos, discussão e conflito que a ciência progride. Por isso, consideram que o ensino da prática argumentativa deveria ter lugar de mais destaque no ensino de ciências, ser um de seus objetivos primordiais.

A pouca atenção dada a esta área, os autores creditam às falsas ideias a respeito da ciência (como sendo tão somente um conjunto de fatos estabelecidos sobre a natureza) e do fazer ciência (como algo aproblemático, certo, infalível). Ou seja, mais uma consequência da visão positivista. Eles destacam ainda que a omissão em ensinar os alunos a habilidade da argumentação precisa ser seriamente revista. É crucial uma intervenção no sentido de ampliar o conhecimento e a conscientização dos professores nesta área, de modo a prepará-los para melhorar a capacidade argumentativa dos estudantes (*ibidem*).

De acordo com Jiménez-Aleixandre (2005), os mecanismos de avaliação internacional, como o PISA, estão considerando a aprendizagem de ciências mais como a habilidade de raciocinar do que a simples aquisição de conceitos. Sasseron e Carvalho (2011) completam que a mesma tendência já aparece nas avaliações nacionais como o ENEM.

Vale acrescentar que o texto das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio/DCNEM (BRASIL, 1998) também já sinalizava para isso quando diz, na alínea III do artigo 5º, que devem ser adotadas metodologias de ensino diversificadas "que estimulem a reconstrução do conhecimento e mobilizem o raciocínio, a experimentação, a solução de problemas e outras competências cognitivas superiores", embora não tenham explicitado de que maneira isso poderia ser feito, como salientou Bizzo (2004).

Sasseron e Carvalho (2011) ressaltam que estudar o processo de argumentação e como desenvolvê-lo em sala de aula passa a ser um objetivo importante no planejamento do ensino, na formação de novos professores e, conseqüentemente, nas pesquisas nesse campo de investigação. Segundo as autoras, um dos primeiros passos é definir o que é argumento em ciências.

Elas citam Jiménez-Aleixandre (2005), para quem o processo de justificação é o que caracteriza o discurso argumentativo em ciências. Significa que os enunciados, hipóteses e conclusões devem estar sustentados em provas, evidências e dados empíricos, além de ter respaldo de natureza teórica.

De todo modo, os pesquisadores/educadores têm buscado em outras áreas do conhecimento elementos que ajudem a compreender o discurso argumentativo nas aulas de ciências. Sasseron e Carvalho (2011) relatam estudo mostrando que o autor mais referenciado em pesquisas sobre os argumentos em situações de ensino e de aprendizagem é o filósofo britânico Stephen Toulmin (1922-2009), criador de um modelo de argumentação que ficou conhecido mundialmente como TAP (*Toulmin Argument Pattern*).

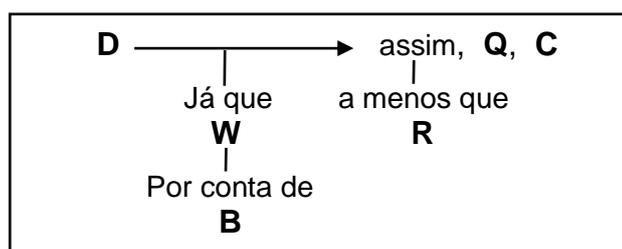
Toulmin (2006) diz que, ao escrever o livro *Os usos do argumento*, nunca foi sua intenção criar um modelo de argumentação. Ele classificou este resultado como um subproduto imprevisto do livro. Sua tese central é, na verdade, contrastar os critérios abstratos e formais da lógica matemática e muito da epistemologia do século XX com os padrões e valores do raciocínio prático. Por isso, a acolhida ao livro foi grande nas áreas em que o raciocínio e a argumentação partem de questões práticas específicas, principalmente entre estudiosos de direito, psicologia e ciências naturais, sobretudo a física.

No capítulo que trata do layout de argumentos, Toulmin (*idem*) apresenta os elementos estruturais de um argumento que se pretenda válido. Sua essência é formada pelos dados (D), informações em que a pessoa se baseia para fazer uma alegação, e a conclusão (C). Há uma ponte lógica, hipotética, entre os dados e a conclusão. Esta ligação é o elemento que justifica o argumento, é a garantia (W - de *warranty*). Essa é a estrutura básica de um argumento. Ele deve ter pelo menos dado, justificativa e conclusão: Se D, já que W, então C.

Há garantias de vários tipos e elas podem oferecer diferentes graus de força ao argumento. Às vezes será preciso explicitá-los na justificativa. Ou seja, além de apresentar dados específicos que garantam a alegação, será útil dizer se o fato é “necessariamente” ou “presumivelmente” como se diz que é. Estes são os qualificadores modais (Q), elementos caracterizados por advérbio de modo. Às vezes também será preciso prever outras situações que possam afetar a plausibilidade do argumento, condições de exceção ou refutação (R), representadas por expressões do tipo “a não ser que”, “a menos que”.

Por fim, Toulmin (2006) acrescenta mais um elemento ao seu layout de argumento: o apoio (B - de *backing*). Se a garantia inicial for desafiada, colocando em xeque a validade do argumento, recorre-se ao apoio, outros avais que estão por trás da garantia, sem o que esta não teria autoridade ou vigência. Por isso, é usada também a tradução livre de *conhecimento básico* para este elemento B. O layout de Toulmin fica, então, desta forma:

Figura 12 – Layout de argumentos de Toulmin



Fonte: Toulmin, 2006, pg. 150.

Sasseron e Carvalho (2011) dizem que, apesar do uso eficiente do TAP na caracterização do discurso científico, muitos pesquisadores criticam esta aplicação e apontam suas limitações para descrever o que acontece no processo ensino-aprendizagem. Exemplos: a não consideração do contexto da construção do argumento, o fato de que nem tudo é feito oralmente e a dificuldade de encontrar alguns elementos, como o W e o B. Por conta disso, várias propostas têm surgido para adaptá-lo ao ensino de ciências.

Vale lembrar que o objetivo inicial de Toulmin não foi estabelecer um modelo de argumentação. Este surgiu como uma redução simplista de sua proposta, que é muito mais ampla, variando conforme o campo de conhecimento em que é aplicado (questões morais, práticas, psicológicas, sociais e científicas, por exemplo).

Sasseron e Carvalho (2008) propuseram usar o TAP juntamente com indicadores de alfabetização científica. Elas apresentam os seguintes indicadores: seriar, organizar e classificar informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional<sup>44</sup>; levantamento e teste de hipótese; justificativa; previsão e explicação.

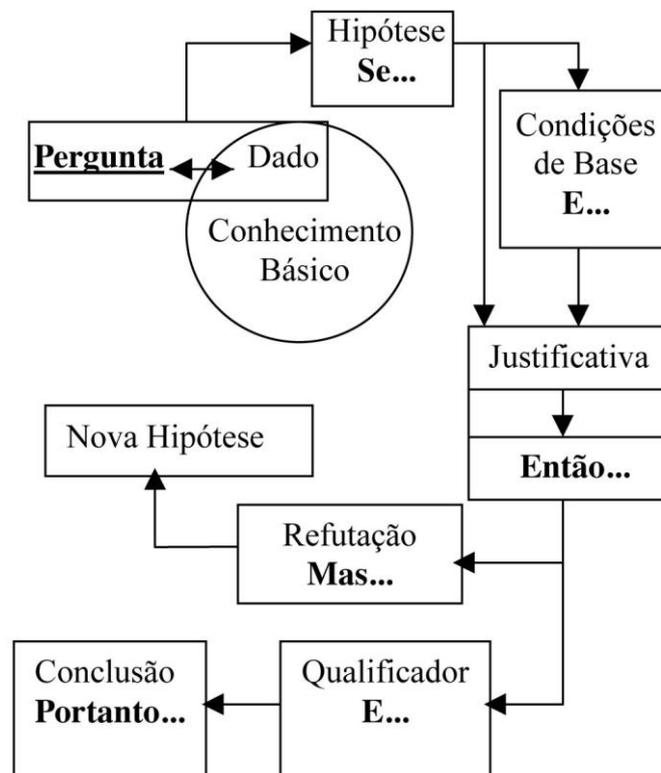
<sup>44</sup> No livro “Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos”, Piaget apresenta o raciocínio proporcional como multiplicações lógicas bastante complexas. Este só é atingido na adolescência, embora nem sempre seja alcançado em situações que são pouco ou nada conhecidas do indivíduo, da mesma forma que o pensamento formal. Na criança, ele começa com as relações compensatórias, que correspondem à compreensão, diante de duas variáveis independentes, que o crescimento de uma produz diminuição idêntica na outra e vice-versa (LOCATELLI, 2006).

Com isso, as autoras conseguiram estudar todos os discursos argumentativos (orais e escritos) dos alunos no contexto de uma aula.

Locatelli (2006), por sua vez, fez um paralelo entre o modelo de Toulmin e o padrão de raciocínio hipotético-dedutivo de Lawson, em que a estrutura básica é a mesma: dados, justificativa, conclusão ou “se, então, portanto”.

Para o padrão completo de Lawson – *se / e / então / e ou mas / portanto* –, a comparação de Locatelli é feita nos seguintes termos: diante de uma “pergunta ou problema”, extraem-se os “dados” e busca-se formular uma primeira hipótese “se...”, com base não só nos dados mas também no conhecimento prévio disponível, o “apoio”. O primeiro “e”, que Lawson associa com o teste imaginário da hipótese, corresponde no modelo Toulmin às condições de “garantia”, a justificativa que faz a ligação entre a hipótese “se...” e o resultado esperado “então...”. Caso o resultado corrobore a hipótese, o segundo “e” funcionaria como “qualificador”, atribuindo um grau de plausibilidade ao argumento, chegando-se em seguida à “conclusão”, ao “portanto”. Caso contrário, entra em cena a “refutação” ou o “mas...”, dando início a um novo ciclo (*ibidem*).

Figura 13 – Comparação do Layout de Toulmin com o padrão de Lawson



Fonte: Locatelli (2006, p. 27)

Malheiro e Teixeira (2009, 2010) também usaram o referencial Toulmin/Lawson para analisar a construção de discursos argumentativos em aulas de ciências (mais especificamente de biologia), enfatizando principalmente o uso do padrão *Se / e / então / e ou mas / portanto*. Eles identificaram o uso dos elementos do padrão lawsoniano por alunos e professores, mas de maneira inconsciente, o que aponta para a necessidade de se dar mais atenção ao tema.

Sasseron e Carvalho (2011) evidenciam, além de possibilidades, alguns limites para o uso tanto do padrão de Toulmin quanto o de Lawson. As autoras dizem que a estrutura hipotético-dedutiva proposta por Lawson é adequada para compreender como as ideias estão sendo trabalhadas pelos alunos, mas destacam que a construção do argumento é um processo complexo e não-linear. Parte de conexões simples para só depois chegar às relações causais. Inicialmente, quando da geração de hipóteses, por exemplo, podem ocorrer vários ciclos de “se / então”, antes de se chegar ao argumento final, e o processo recebe a contribuição dos vários atores envolvidos (outros alunos do grupo, o professor).

Da mesma forma, encontrar elementos argumentativos que se enquadrem na estrutura de Toulmin é evidência de que explicações científicas coerentes estão sendo construídas, mas a qualidade do argumento não pode ser conferida por esse instrumento de análise (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Buscando investigar o discurso argumentativo no ensino de ciências com outros referenciais, Malheiro (2009) estudou o raciocínio de alunos e professores do Curso de Férias<sup>45</sup> à luz dos princípios de argumentação propostos por Perelman<sup>46</sup> e Olbrechts-Tyteca (2005). De acordo com estes autores, os esquemas argumentativos são caracterizados por processos de ligação (que aproximam elementos distintivos do discurso) e dissociação (técnica de ruptura para desvinculá-los). Eles apresentam três categorias de argumentos de ligação:

- 1) argumentos quase-lógicos: lembram os raciocínios formais dedutivos, mas em função da linguagem natural, “vulgar”, ficam suscetíveis a interpretações variadas; podem ser argumentos de comparação, de reciprocidade e transitividade.

---

<sup>45</sup> Malheiro fez sua pesquisa de campo para o doutorado na edição realizada em julho de 2006, em Oriximiná (PA), cidade situada às margens do rio Trombetas, na calha norte do rio Amazonas.

<sup>46</sup> De acordo com o prefaciador da 2ª edição brasileira de “Tratado da argumentação: a nova retórica”, Fábio Ulhoa Coelho, Perelman resgata a importância do raciocínio dialético, originado com Aristóteles. Embora motivado por questões originalmente jurídicas, esse resgate situa a obra como uma das contribuições mais significativas, na segunda metade do século XX, para a própria filosofia.

- 2) argumentos baseados na estrutura do real: buscam uma solidariedade entre juízos aceitos e aquele que se quer fazer aceitar;
- 3) argumentos que fundamentam a estrutura do real: a partir de um caso conhecido, possibilitam criar um precedente ou regra geral, seja pelo exemplo, pelo modelo ou antimodelo, pela ilustração e pela analogia.

Malheiro (2009) identificou a predominância dos esquemas de ligação, com ênfase no raciocínio por analogia. Os participantes do curso usavam analogias – chamadas também por Perelman de “quase-sinônimos” – para aproximar palavras conhecidas do que estavam vendo no experimento. Os argumentos de comparação também foram vistos com frequência.

### 3.3 ALGUMAS PROPOSTAS METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

De acordo com Cachapuz *et al* (2011), é preciso considerar as formas como os alunos raciocinam, mas os procedimentos metodológicos para gerar mudanças conceituais na estrutura cognitiva não podem se restringir a fórmulas simplistas, como identificar os conhecimentos prévios dos alunos e plantar conflitos cognitivos para modificá-los. Primeiro porque estas orientações não foram apresentadas de forma esquemática por seus autores. Segundo, porque o seu reducionismo em estratégias simplistas pode ser eficiente na transmissão/aquisição de conhecimento pronto, mas se mostra insuficiente na construção de conhecimento próprio.

Cachapuz *et al (idem)* dizem não fazer muito sentido provocar nos alunos a conscientização das suas concepções prévias sobre determinado tema para logo em seguida pô-las em conflito. Na opinião deles, a confrontação sistemática das ideias dos alunos com os conceitos científicos pode até mesmo inibi-los. O ideal seria buscar aberturas para promover o diálogo entre essas posições antagonistas.

Quanto ao necessário conflito cognitivo, que impulsiona a busca do conhecimento, este deve ser provocado de forma o mais espontânea possível. Neste ponto, Cachapuz *et al (idem)* apontam para o uso de problemas levantados ou assumidos pelos próprios alunos. Somente se eles forem tomados como seus, haverá a certeza razoável de que correspondem a dúvidas, inquietações e interrogações. Os autores lembram que aí reside uma das principais fontes de motivação intrínseca, que deve ser estimulada para criar um verdadeiro clima de desafio intelectual, algo de que as aulas de ciências andam tão carentes.

Recorrendo ao pensamento de Popper, segundo o qual toda discussão científica deve partir de um problema, Cachapuz *et al* (2011, p. 75) dizem que a fase de problematização também deve marcar o início de toda investigação com fins educativos. Eles citam ainda uma afirmação de Bachelard<sup>47</sup>: “sem interrogação não pode haver conhecimento científico; nada nos é dado, tudo é construído”.

Com base em mais de três décadas de estudos, Cachapuz *et al* (*idem*) propuseram um modelo construtivista para o ensino de ciências, que chamaram de *Aprendizagem como Investigação Orientada*. Eles avisam que não se trata de um modelo definitivo ou algorítmico, mas uma proposta que “aproxima” a ciência dos cientistas da ciência praticada na sala de aula.

Cachapuz *et al* (*op. cit*) ressaltam que, em vez da metáfora desgastada do estudante cientista, eles preferem a do investigador principiante. A justificativa é que, quando um novo pesquisador se junta a uma equipe, ele consegue alcançar com relativa rapidez o nível médio nas áreas conhecidas pelo coordenador da investigação – no caso o professor.

Entra aí, segundo os autores, a importância da ZDP de Vygostky, em que se pode atingir a zona potencial com a ajuda do adulto ou alguém mais experiente (ver p. 42)<sup>48</sup>. E este aprendizado não se dá pela transmissão, mas pela resolução de problemas, pois uma pesquisa é feita essencialmente para resolver problemas e não para produzir mudanças conceituais ou questionar ideias – embora isso possa acontecer ao longo do percurso, claro, mas não é sua motivação principal.

Isso dá outra dimensão à questão do conflito cognitivo. Este já não surge mais tão somente do questionamento externo ou da percepção das limitações pessoais do pensamento, situações que podem causar desconforto emocional. O fato de encarar as tentativas de explicação como simples hipóteses de trabalho, que podem ser substituídas por outras, muda bastante a conjuntura (*ibidem*). Eu acrescentaria, inclusive, a perspectiva com que se encara o erro.

A abordagem do problema no modelo de Cachapuz *et al* (*idem*) segue a perspectiva hipotético-dedutiva da teoria popperiana: pede uma nova explicação porque a teoria atual (conceitos atuais) não responde à pergunta levantada, exigindo dos alunos o exercício do raciocínio para deduzirem proposições testáveis a partir

---

<sup>47</sup> Gaston Bachelard (1884-1962), na obra “A formação do espírito científico”, de 1938.

<sup>48</sup> Sempre que usar “ver p. ...”, estarei fazendo referência a uma página desta dissertação.

da hipótese pensada. O problema emerge no meio de uma problemática teórica, ao contrário da perspectiva marcadamente empirista, em que o problema nasce quase só da realidade observada.

Como um processo de pesquisa feito com a ajuda de especialistas, a proposta de *Aprendizagem como Investigação Orientada* de Cachapuz *et al* (2011) conduz os alunos a participarem na (re)construção do conhecimento científico. Além do trabalho em pequenos grupos, inclui o estudo qualitativo de situações problemáticas (com a ajuda de necessárias pesquisas bibliográficas) para definir e delimitar problemas concretos; a “invenção” de conceitos e a geração de hipóteses; a elaboração de estratégias para a resolução de problemas, incluindo, quando apropriado, desenhos experimentais; a análise dos resultados, confrontando-os com os obtidos por outros alunos e com os da comunidade científica; e a utilização do novo conhecimento numa variedade de situações.

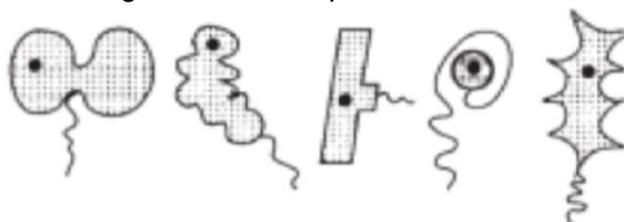
O termo “invenção” de conceitos, usado primeiramente por Hodson (1994) e depois referenciado por Cachapuz *et al* (*op. cit.*), remete para a ideia de construção de conceitos e construção do conhecimento. Algumas propostas de metodologias para o ensino de ciência dão maior ênfase a este aspecto: a formação conceitual.

Lawson (1994) e sua equipe (LAWSON *et al*, 2000), por exemplo, desenvolveram estudos sobre os diferentes tipos de conceitos científicos e estratégia para os alunos assimilá-los baseada nos *Ciclos de Aprendizagem*, uma abordagem para o ensino de ciências surgida nos Estados Unidos nas décadas de 1950 e 60 e sistematizada nos anos 70.

De acordo com o autor (LAWSON, 1994), a ciência cognitiva define duas categorias fundamentais de conhecimentos: o declarativo (saber que) e o procedimental (saber como). Ambos devem ser objetos de qualquer proposta de ensino. O conteúdo declarativo de um currículo é formado por um conjunto de conceitos com vários graus de complexidade. Estes não existem isoladamente, mas numa hierarquia de significados subordinados e superordenados, formando sistemas ou mapas conceituais – conforme a teoria de Ausubel, Novak e outros, ressalta o autor. Ele acrescenta que todos os conceitos científicos são, na verdade, sistemas conceituais. A evolução, por exemplo, é uma ideia que engloba outras, como seleção natural e predação.

Lawson (1994) destaca também que o Mellinark (ver p. 68) é um exemplo de sistema conceitual, pois subsume as seguintes características: área formada por linhas curvas ou retas, ser preenchido por uma mancha de vários pontinhos, ter um ponto maior e escuro no seu interior, ter cauda curta ou longa.

Figura 14 – Exemplos de Mellinark



Fonte: Recorte da ilustração usada por Lawson (2002)

Até determinada fase de seu trabalho, Lawson (*idem*) acompanhou a classificação que considera a existência de dois tipos de conceitos científicos: os descritivos e os teóricos. O sistema conceitual descritivo é formado por conceitos descritivos (diretamente observáveis, como objetos, fenômenos, ações, situações) e conceitos por apreensão (que procedem da percepção imediata do ambiente externo ou interno: azul, calor, fome). Já os sistemas conceituais teóricos são formados pelas duas categorias anteriores e mais os conceitos teóricos propriamente ditos (não observáveis diretamente, como átomos, elétrons e genes, mas dedutíveis por evidência indireta).

Enquanto os conceitos descritivos provêm de uma entrada sensorial, os conceitos teóricos provêm da imaginação somente, de tentativas de explicação. Quando o conceito de átomo foi proposto, era apenas uma ideia, que foi sendo confirmada por evidências indiretas. Apesar de fotos tiradas com microscópios eletrônicos muito potentes, que mostram o que parecem ser pequenas bolas redondas (que podem ser o átomo), nenhuma pessoa jamais será capaz observá-lo a olho nu. Por não serem diretamente observáveis, são conceitos mais difíceis de serem apreendidos (LAWSON *et al*, 2000).

Na continuidade dos estudos sobre como os alunos raciocinam e a humanidade de modo geral adquire conhecimento, Lawson *et al* (*idem*) propuseram uma nova categoria de conceitos: os hipotéticos. Referem-se a situações que ocorreram no passado ou ocorrem numa escala temporal com proporções infinitamente superiores à curtíssima vida humana. Por exemplo: o que exterminou os dinossauros? O que formou o Grand Canyon? A limitação agora não é mais

sensorial, é temporal. São fatos que poderiam ter sido ou ser observados diretamente não fossem as limitações impostas ao homem pelo tempo.

Um exemplo clássico de conceito hipotético é a evolução. Hoje é possível observar as sucessões ecológicas, com a variação de populações de determinados animais, mas não dá para observar mudanças que se supõem terem ocorrido em milhões de anos. Há exemplos de conceitos hipotéticos também na geologia e paleontologia (LAWSON *et al*, 2000).

A hipótese dos três tipos de conceitos científicos foi testada com estudantes de um curso superior de biologia, sendo confirmada pela verificação de três níveis de dificuldade para construí-los: os descritivos como os mais fáceis, os hipotéticos em posição intermediária e os teóricos como os mais difíceis.

O estudo de Lawson *et al* (2000) apontou também, como era previsto, a correlação entre nível de maturação intelectual e aquisição de conhecimento declarativo ou conceitual. Mostrou ainda que o desenvolvimento da capacidade de raciocinar continua para além do estágio em que se atinge o pensamento formal.

A implicação desses resultados para o ensino de ciências, segundo os autores, é que a preocupação não deve se restringir a introduzir novos conhecimentos, mas também em desenvolver a habilidade de raciocínio dos estudantes. Para isso, uma questão é fundamental: a ordem de introdução dos conceitos científicos. Em alguns cursos de biologia, a tradição é primeiro começar com os conceitos relacionados à estrutura atômica e molecular, para somente depois tratar do organismo como um todo. A inversão é recomendada (*ibidem*)

É aí que entra a proposta dos *Ciclos de Aprendizagem*, divididos em três: ciclo descritivo, ciclo empírico-abduutivo e ciclo hipotético-dedutivo, que têm níveis de eficácia diferentes para gerar desequilíbrios cognitivos, argumentação e padrões de raciocínio avançados (LAWSON, 1994).

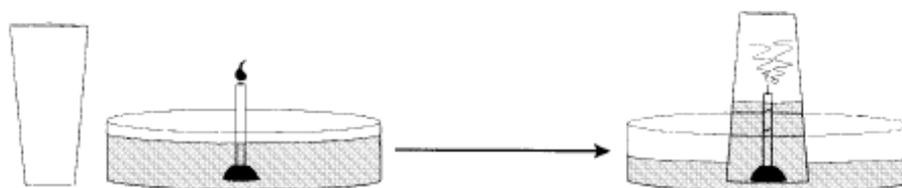
Esta abordagem possivelmente explica o que Sassaron e Carvalho (2011) observaram no seu estudo sobre o uso do padrão *Se / e / então / e ou mas / portanto*, ao perceberem vários ciclos intermediários mostrando que o processo de construção dos argumentos é complexo e não-linear.

O ciclo descritivo é destinado a que o aluno conheça uma pequena parte do mundo, descubra padrões, aprenda a identificá-los pelo nome e a localizá-los em outras partes e situações. Responde a perguntas do tipo “quê, quando e como” e não promove muitos desequilíbrios ou grandes expectativas (*ibidem*).

O ciclo empírico-abdutivo começa com a realização de um experimento para que os alunos observem determinado fenômeno e reflitam sobre as causas do que estão vendo. Não há perguntas prévias a serem respondidas nem hipótese a guiá-los na observação. Resume-se a uma visão do mundo empírico, seguida por uma análise que, segundo Lawson (1994), não pode ser classificada como indutivismo, mas sim abdução<sup>49</sup>.

Um exemplo é o experimento em que uma vela acesa dentro de um recipiente com água é coberta por um cilindro, fazendo com que a água se desloque para dentro do vasilhame e a vela se apague (figura na página a seguir).

Figura 15 – Experimento da vela



Fonte: Lawson (1994)

Enquanto no ciclo descritivo, as perguntas seriam do tipo: “o que acontece com a chama quando o cilindro é posto sobre a vela?”, “o que acontece com a água?”. Já no ciclo empírico-abdutivo, as perguntas feitas são: “o que promove o deslocamento da água?”, “o que faz a chama da vela se apagar?” (*ibidem*).

Os alunos tentam respostas a partir de suas experiências e conhecimentos anteriores, por analogia (em processo de abdução), e não com base em várias observações seguidas de fenômeno semelhante (o que caracterizaria indução). Este ciclo responde a perguntas do tipo “por que isso está aqui”, “porque isso está acontecendo”, “que fatores afetam...”. E é capaz de promover certo desequilíbrio cognitivo, favorecendo novos padrões de raciocínio (*ibidem*).

O ciclo hipotético-dedutivo, por sua vez, o mais profícuo em promover desequilíbrios cognitivos, padrões avançados de raciocínio e argumentação, também busca a explicação de um fenômeno, a exemplo do anterior. A diferença é que começa com uma pergunta causal e é precedido pela tentativa de explicação, a formulação de uma hipótese, de uma teoria. Só depois do exercício teórico, vem o

<sup>49</sup> Abdução é um tipo de raciocínio reverso, que parte da conclusão (o que está sendo observado) para se chegar às premissas (a causa do fenômeno).

planejamento de um experimento que possa testar a hipótese e levar a conclusões que a corroborem ou refutem (LAWSON, 1994).

De acordo com Lawson (*idem*), os ciclos descritivo, empírico-abduutivo e hipotético-dedutivo correspondem aos estágios históricos de desenvolvimento da ciência. Representam também as várias fases do processo de fazer ciências, que é normalmente contínuo e cíclico. Por isso, a aprendizagem de um conceito pode envolver mais de um tipo de ciclo na mesma aula ou em momentos diferentes.

Lawson (*idem*) acrescenta que, como todo sistema de classificação pode ser complicado, a classificação dos três ciclos não pode ser vista de forma definitiva, é apenas um guia para apoiar estratégias de ensino mais eficientes, respeitando o grau de dificuldade na construção dos diferentes tipos de conceitos científicos.

Independentemente da abordagem em torno de um conceito ter um ou mais ciclos, Lawson (*idem*) diz que cada ciclo deve ter três fases: exploração, introdução de vocábulos e aplicação de conceitos.

Na fase da exploração, o professor apresenta um fenômeno relacionado ao conceito que pretende trabalhar. Os alunos o examinam com algumas orientações mínimas, deparando-se com questões e complexidades que não podem resolver com suas concepções atuais e o padrão de raciocínio habitual. Debatendo em grupos, propõem explicações e analisam meios de comprovar suas ideias, fazendo também previsões. A coleta de dados e a análise dos resultados pode levá-los a abandonar algumas ideias e reter outras. Esta primeira fase permite ao estudante explorar o fenômeno de maneira bem pessoal, o que, segundo pesquisas, melhora sua capacidade de observação, geração e comprovação de ideias (*ibidem*).

A reflexão proporcionada pelo debate produz também a oportunidade de interiorizar padrões de argumentação externos. Lawson (*idem*) recorre a Piaget para destacar a importância dessa interação social: o raciocínio avançado depende da confrontação de nossos pensamentos com o dos outros, a verificação da validade de nossas ideias se faz pela discussão (no bom sentido da cooperação). O desejo de demonstrar com êxito nossas ideias melhora o raciocínio lógico, que tem as características de uma discussão autêntica, só que conosco mesmo.

Na segunda fase, a introdução de vocábulos é feita após a coleta e/ou durante a análise das informações recolhidas pelos alunos. Os fatos observados e discutidos são agora identificados com os termos científicos. Já na terceira fase, o professor amplia a compreensão do conceito apresentando outros fenômenos ou situações em que este aparece ou pode ser aplicado (*ibidem*).

Outra proposta que enfatiza tanto a obtenção de conhecimento procedimental quanto conceitual (declarativo) é o *Modelo de Ensino-aprendizagem Centrado na Resolução de Problemas* que Lopes e Costa (1996) propuseram para o ensino básico e secundário de Portugal. Nesta proposta, a identificação e formulação de problemas também ocupam lugar central.

O modelo de Lopes e Costa (*idem*) apresenta três níveis de problemas e tarefas-problemas, vinculados a três linguagens usadas para desenvolver e promover um crescimento progressivo dos conceitos nas suas diferentes fases: qualitativa (descreve, qualifica), quantitativa (relaciona grandezas) e formal (formaliza os conceitos).

Qualquer que seja o modelo ou estratégia escolhida, Hodson (1994) considera que um currículo filosoficamente válido, que rompa com a ditadura do método científico dominante, como defende Morin (2002), deve levar em conta três aspectos principais: aprendizagem de ciências, incluindo os conhecimentos teóricos e conceituais (o conteúdo em si); aprendizagem sobre a natureza da ciência, seus métodos e interações com a sociedade; e a prática da ciência, o conhecimento técnico sobre a investigação científica e resolução de problemas.

Hodson (*op. cit*) acrescenta que, como um só tipo de experiência de aprendizagem não poderia cobrir objetivos tão amplos, faz-se necessário definir metodologias adequadas para alcançá-los de forma eficiente.

### 3.4 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE BIOLOGIA

Se por um lado, a atividade experimental não é a solução para todos os males do ensino de ciências, por outro as tradições da disciplina biologia nas escolas de nível básico no Brasil não têm sido marcadas por atividades experimentais, como destacam Marandino, Selles e Ferreira (2009).

Krasilchik (2011) também diz que, embora a importância das aulas práticas seja amplamente reconhecida, elas formam uma parcela muito pequena do ensino de biologia. Ela cita como justificativas mais comuns para essa realidade a falta de tempo dos professores para organizar materiais, o despreparo destes para lidar com experiências práticas, quer seja no domínio da classe, do conteúdo ou da técnica, além da carência de equipamentos e instalações adequada.

Marandino, Selles e Ferreira (2009) destacam que a defesa do ensino experimental surgiu como política nacional nos anos 1950, com a criação do Instituto

Brasileiro de Ciência e Cultura (Ibecc). E que, passado mais de meio século deste esforço inicial, a ausência da experimentação escolar nas aulas de biologia só não é completa graças ao trabalho abnegado de alguns professores.

Com base na minha trajetória profissional, digo que o problema da falta de tempo do docente para organizar a experiência pode ser solucionado com a designação de um professor exclusivo para o laboratório. Sua função é organizar os experimentos para todas as demandas da escola, papel que eu estava desempenhando recentemente numa grande escola pública de Belém. O fato é que as demandas, que deveriam ser apresentadas pelos colegas de sala de aula, quase não chegavam, mesmo com os estímulos ofertados.

A principal justificativa era a prioridade em “cumprir o conteúdo” da disciplina. Mas via também a dificuldade dos professores em conduzir o experimento (alguns não lembravam mais nem como se opera um microscópio) e discutir com os alunos suas implicações. Faltavam materiais, é verdade, mas a resistência e dificuldade dos professores era o maior obstáculo. Se houvesse o engajamento de todos e a crença de que a atividade prática é importante, que o conteúdo curricular não é uma camisa de força, que importa mais desenvolver habilidades de raciocínio por meio do enfrentamento de um problema prático, certamente as limitações de material e infraestrutura seriam compensadas de outro modo.

Este é também o pensamento de Krasilchik (2011), ao dizer que embora os fatores mencionados sejam limitantes, nenhum deles justifica a ausência de trabalhos práticos no ensino de biologia. Segundo ela, um pequeno número de atividades interessantes e desafiadoras já seria suficiente para suprir as necessidades básicas desse componente essencial à formação das novas gerações.

No entanto, é importante considerar também, como colocam Marandino, Selles e Ferreira (2009), que as razões para a atividade experimental nas aulas de biologia não serem tão frequentes, deve-se também à própria história da biologia como ciência. Considerando a diversidade de disciplinas que compõem as ciências biológicas, as autoras destacam que há diferentes métodos para estudá-las. Assim, a experimentação escolar biológica assume um caráter polissêmico, com diferentes atividades práticas para subsidiar a produção do conhecimento.

Elas recorrem a Mayr (1998) para dizer que há duas biologias: a das causas próximas, a biologia funcional; e a das causas remotas, a biologia evolutiva. Nesta última, assim como na oceanografia, outros métodos são importantes, além do experimental. Já na fisiologia este é o único que conduz a resultados.

Marandino, Selles e Ferreira (2009) ressaltam que a experimentação biológica envolve tanto trabalho laboratorial quanto pesquisa de campo, com práticas de classificação, identificação de espécies, descrição de ecossistemas e outras<sup>50</sup>. Estas são atividades profundamente associadas às tradições que constituíram o conhecimento biológico.

Os trabalhos de campo, por exemplo, estão ligados aos estudos de história natural, onde se inserem a botânica, a zoologia e a ecologia. Podem incluir a montagem de coleções botânicas, zoológicas e paleontológicas. Já os trabalhos laboratoriais, conhecidos também como “experimentos de bancada”, envolvem principalmente experimentos de fisiologia – animal, vegetal e humana –, incluindo, por exemplo, identificação e comparação anatômica, visualização microscópica de algumas estruturas, identificação de certa ação enzimática (*ibidem*).

Neste ponto, vale lembrar que a ciência deve muito a Claude Bernard (1813-1878) pelos seus estudos na área da fisiologia e contribuição para a teoria e filosofia do método experimental. Antes restrito à astronomia e mecânica, ele o trouxe para as ciências de laboratório e o dissecou exaustivamente, para concluir que o fato e a ideia somam colaboração na pesquisa experimental. O fato percebido sugere uma ideia de explicação e o sábio pede à experiência para confirmá-la. A pesquisa científica é, portanto, o diálogo entre o espírito e a natureza (BERGSON, 1913).

Segundo Marandino, Selles e Ferreira (*op. cit.*), é natural e esperado que a experimentação escolar acompanhe essas tradições das ciências biológicas, com diversidade de métodos. Porém, de acordo com pesquisa feita por Borges e Lima (2007), há uma predominância de atividades extraclasse, acima das atividades consideradas práticas. Estas autoras analisaram 118 trabalhos apresentados ao I Encontro Nacional de Biologia, realizado em 2005.

A categoria de atividades extraclasse, onde aparecem ações de clubes de ciência, estudos do meio, campanhas na comunidade escolar, visitas, participação em palestras e filmes, construção de hortas, entre outras, respondeu por 24% das estratégias pedagógicas usadas. A categoria de atividades práticas, onde foram classificadas ações como construção de modelos, coleções escolares e atividades práticas diversas, respondeu por 22%. As demais estratégias citadas são jogos em sala de aula (14%), atividades de leitura e escrita (13,5%), projetos de trabalho (10%), propostas interdisciplinares (8%) e outras (8,5%) (BORGES E LIMA, 2007).

---

<sup>50</sup> Na própria ciência de modo geral, as evidências podem ter origem não somente experimental, mas também circunstancial ou correlacional, como destaca Lawson (ver p. 71).

Não há referência direta a experimentos laboratoriais, mas estes podem estar contemplados na categoria atividades práticas diversas, a julgar também pelos temas abordados de modo geral: meio ambiente (21%), biologia/ciências em geral (15%), ecologia (11%), botânica (10%), anatomia/fisiologia (9,3%), zoologia (8,4%), saúde (7,5%), genética (6%), evolução (3,4%) e assuntos diversos (8,4%) (BORGES E LIMA, 2007).

Considerando que os alunos devem aprender conceitos básicos, vivenciar o método científico e analisar as implicações sociais do desenvolvimento da biologia, Krasilchik (2011) diz que o ensino deve incluir uma diversidade de modalidades didáticas. A escolha depende do objetivo da aula, da classe a que se destina, do tempo e recursos disponíveis, assim como dos valores e convicções do professor.

Pela relevância do trabalho de campo nas ciências biológicas, as excursões contribuiriam muito, mas são raras devido às dificuldades de várias ordens. Uma alternativa, segundo Krasilchik (*idem*), são os trabalhos de campo próximo da escola. Como esta alternativa também pode ter suas limitações, acredito que aí entra a importância de o professor estimular a aprendizagem ativa, individual, em dupla ou em grupos, em que o aluno pode fazer observações em cenários que lhe sejam seguros, como o entorno de sua casa, o sítio de um conhecido, a praia que costuma visitar, e trazer para o debate em sala de aula os dados coletados.

Quanto à aula prática ou de laboratório, Krasilchik (*idem*) destaca que esta tem um lugar insubstituível nos cursos de biologia, pois permite que o aluno tenha contato direto com os fenômenos, observe organismos e manipule materiais e equipamentos. Ela ressalta, porém, que a oportunidade para o aluno se defrontar com o fenômeno biológico sem expectativas predeterminadas, desafiando sua imaginação e raciocínio, pode se transformar numa mera atividade manual. É o que acontece muitas vezes quando a atividade é organizada para se obter “respostas certas” e não para resolver problemas.

A autora diz que, em geral, os exercícios experimentais são classificados em quatro níveis, conforme a liberdade concedida ao aluno para autogerir seu aprendizado. No primeiro nível, o professor propõe um problema, dá instruções sobre a realização do experimento e apresenta os resultados esperados. Os alunos só têm que seguir o roteiro programado para constatar o que já foi anunciado.

Por exemplo, um experimento para verificar que “quanto mais os grãos de feijão ficam embebidos em água, mais depressa germinam”, traz detalhamento para separar quatro lotes de 50 grãos, que deverão ser deixados em frascos com água por 72, 48, 24 e 12 horas e ser semeados simultaneamente em placas de Petri

fornecidas com papel de filtro umedecido, depois observados durante dez dias e os resultados anotados em uma tabela cujo modelo é fornecido pelo professor (KRASILCHIK, 2011).

No segundo nível, os alunos recebem o problema – “o tempo de embebição das sementes de feijão influi na germinação?” – e as instruções como proceder. No terceiro nível, é proposto apenas o problema, cabendo aos alunos planejar o procedimento para testar a hipótese, coletar os dados e interpretá-los. No quarto nível, os alunos devem identificar algum problema que desejam investigar, planejar o experimento, executá-lo e interpretá-lo. No caso do exemplo, o professor poderia chegar com os alunos e anunciar: “tenho aqui um conjunto de frascos com sementes de várias plantas, o que gostariam de saber sobre elas?” (*ibidem*).

Exercícios de vários níveis devem ser feitos ao longo de um curso, segundo a autora, garantindo que os alunos ganhem autonomia para tomar decisões e analisar o resultado de seus trabalhos. Ela destaca que, em todos os casos, os experimentos devem ser seguidos de uma discussão geral para que a atividade não fique reduzida à manipulação de materiais e equipamentos, sem nenhum raciocínio.

Marandino, Selles e Ferreira (2009) também dizem que a riqueza de uma atividade experimental reside mais na possibilidade de gerar questionamentos nos alunos do que em desenvolver habilidades técnicas. Assim, antes de propor qualquer experimento, o professor deve se perguntar em que medida o exercício ajudará os alunos a entender determinado tema e/ou conceito, a formular novas questões e a instigar sua criatividade. São perguntas que o ajudarão a entender o papel da experimentação nas aulas de biologia.

Krasilchik (*op. cit.*) ressalta que tão prejudicial quanto não dar aulas práticas, é fazê-lo de forma desorganizada e descontextualizada, deixando os alunos com uma visão deformada do significado da experimentação no trabalho científico. Silva e Zanon (2000) corroboram o pensamento de Krasilchik, ao dizer que pouco adianta realizar atividade prática em aula, se esta não proporcionar um momento de discussões teórico-prática, transcendendo o conhecimento do fenômeno em si e os saberes cotidianos dos alunos.

Neste aspecto, Astolfi e Develay (1995) destacam a importância da didática do professor na transposição da ciência dos cientistas para a ciência ensinada. Ou seja, é preciso considerar que existe diferença entre a epistemologia escolar da epistemologia dos saberes científicos. Os autores também enfatizam que as ferramentas usadas neste processo devem ser apoiadas na reflexão.

### 3.5 CONSTRUÇÃO E RECONSTRUÇÃO, DESCOBERTA E REDESCOBERTA.

Fundamentando-se no cognitivismo de Piaget, na abordagem sociocultural de Vygostky e no construtivismo de Driver, Krasilchik (2011) diz que o processo do ensino de biologia deve ser adaptado à maneira como o raciocínio se desenvolve, devendo enfatizar o aprendizado ativo e envolver os estudantes em “atividades de descoberta”. Marandino, Selles e Ferreira (2009), por sua vez, dizem que o professor deve evitar que nos alunos se consolide a imagem de ciência como processo de “descoberta ou redescoberta” de verdades estabelecidas, considerando que o conhecimento é um processo de construção.

São duas opiniões divergentes, a exemplo de outras que vi ao longo da revisão bibliográfica para esta dissertação, que parecem refletir um efeito colateral da consolidação do paradigma construtivista no ensino de ciências, um conflito que pode ser sintetizado na seguinte pergunta: o fato de o conhecimento ser construído exclui necessariamente a noção de descoberta?

Ao ser confrontado com esta observação, me senti instigado a buscar compreender um pouco mais a questão, já que a ABP é também uma abordagem construtivista e corresponde ao contexto pedagógico da minha investigação.

Cachapuz *et al* (2011) defendem o construtivismo como um “consenso emergente” na educação em ciências, resultado de investigações específicas com vistas a melhorar os fracos resultados obtidos com o paradigma da aprendizagem por transmissão/recepção.

Segundo Valadares (2011), o construtivismo ganhou força na década de 1990, sendo reconhecido pela Associação Americana para o Progresso da Ciência como uma mudança paradigmática na educação científica. Moreira (1997, p.19) destaca que hoje quase não se fala mais em estímulo, resposta, reforço positivo e outras expressões características do behaviorismo (comportamentalismo). Ele ressalta que “é provável que a prática docente ainda tenha muito do behaviorismo, mas o discurso já é cognitivista/construtivista/ significativo”.

Valadares (*op. cit.*) diz que com a aceitação generalizada do construtivismo e o reconhecimento de sua eficácia pedagógica, as principais críticas surgidas são de ordem epistemológica. A discussão é eminentemente filosófica.

De acordo com o autor, há diversas formas de construtivismo. Em um ponto extremo está o *construtivismo radical* de Ernst Von Glaserfeld (1917-2010), para quem a cognição serve à organização do mundo experiencial e não à descoberta da

realidade ontológica objetiva. Para Glaserfeld, a existência de um mundo real, independente da razão, é apenas viável.

Igualmente radical é o construtivismo social, que vai muito além de realçar a influência dos fatores sociais na produção do conhecimento, sendo marcado por um idealismo linguístico. Os construtivistas sociais chegam a afirmar que “o mundo é constituído pela nossa linguagem” (VALADARES, 2011, p.46).

É bem diferente da abordagem sociocultural de Vygotsky (ver p. 41), em que predomina a ideia de mediação entre sujeito e objeto, operada pelos símbolos da linguagem: não se pode ter acesso direto à realidade, mas a recortes do real.

Valadares (*idem*) acrescenta que, de modo geral, o cerne da questão é o confronto filosófico clássico entre empirismo X racionalismo, realismo X idealismo, ceticismo X dogmatismo<sup>51</sup>, debate que tem atravessado os séculos.

O construtivismo tem afirmado que o conhecimento não é transmitido nem descoberto. Driver *et al* (1999), por exemplo, defendem que o conhecimento científico é socialmente construído, validado e comunicado. Por isso, apresentam uma perspectiva de aprendizagem das ciências como processo de enculturação e não de descoberta.

A autora e seus colaboradores argumentam ainda que o estudo empírico do mundo natural, por si só, não resulta em conhecimento científico, porque este é, por natureza, discursivo, envolvendo trocas sociais. Daí entidades ontológicas como átomos, elétrons, genes e cromossomos dificilmente seriam descobertos através de observações individuais.

Por outro lado, eles afirmam que uma visão do conhecimento científico como socialmente construído não precisa ser necessariamente relativista, atitude dos que acreditam que não há como saber se o conhecimento é um reflexo “verdadeiro” do mundo. Consideram que uma posição razoável nesta polêmica é que o progresso científico, ainda que socialmente construído e validado, tem base empírica.

---

<sup>51</sup> Para o empirismo, todo conhecimento deriva, direta ou indiretamente, da experiência sensível, das percepções; o racionalismo considera a razão como fundamento de todo o conhecimento e que esta é capaz de chegar à verdade sobre a natureza das coisas. O realismo é a concepção filosófica segundo a qual existe uma realidade exterior, determinada, autônoma, independente do conhecimento que se pode ter sobre ela; o idealismo, por sua vez, reduz o objeto do conhecimento ao sujeito conhecedor e, no sentido ontológico, equivale à redução da matéria ao pensamento ou ao espírito, ou seja, o mundo real não existe, é fruto da construção racional; o dogmatismo é toda doutrina ou atitude que admite a possibilidade, para a razão humana, de chegar a verdades absolutamente certas e seguras; para o ceticismo, o conhecimento do real é impossível à razão humana, portanto o homem deve renunciar a certeza e submeter toda afirmação a uma dúvida constante (JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006).

Vejo nesta posição o interacionismo entre o sujeito e o objeto cognoscível. Meditando nesta perspectiva, uma pergunta me ocorre: não poderia haver construção e descoberta simultaneamente? De um lado o sujeito que constroi novos esquemas mentais, novos significados e interpretações, e de outro o objeto que, neste processo, é desvelado<sup>52</sup>? O que me leva a fazer essa indagação é o que se descortina para mim nas entrelinhas de alguns autores, conforme mostro a seguir.

Cachapuz *et al* (2011), por exemplo, apresentam como construtivista sua proposta da *Aprendizagem como Investigação Orientada*, mas se preocupam em desvinculá-la do construtivismo radical de Glaserfeld. O próprio termo *investigação* pressupõe uma abertura à compreensão de que existem os dois lados – a construção e a descoberta –, pois investigar é “fazer diligências para descobrir algo”, segundo o dicionário Houaiss (2009, p. 1105).

Porém, em função da repercussão do discurso construtivista, é compreensível pensar que construção exclui descoberta. Silva e Zanon (2000, p. 121), por exemplo, ressaltam que a prevalência da visão de que a ciência “está na realidade à espera de ser descoberta” é um reflexo do empirismo-indutivismo dominante nos contextos escolares, “em detrimento da valorização da capacidade criadora do sujeito que se transforma ao transformar/criar o real colocado em discussão”. A opinião é consistente e coerente com as críticas ao modo como a ciência é apresentada em sala de aula na maioria das vezes. O ponto que quero destacar é que criação e descoberta são colocadas em extremos opostos. E criação aqui é entendida como processo de construção criativa.

Já Hodson (1994, p. 9) parece não enxergar tal conflito, escapando a esse dualismo quando diz que “um novo achado é o produto de uma atividade social complexa, que se origina no ato individual de descoberta ou criação” (grifo meu).

Referindo-se à disputa acalorada entre “subjetivismo exagerado num canto e objetivismo excessivo no outro”, Demo (2011a, p. 48) diz que se pode duvidar que Piaget tenha buscado uma posição extremista ao lançar as bases do construtivismo cognitivo. De fato, nos escritos do epistemologista suíço predomina a noção de interacionismo entre sujeito e objeto.

---

<sup>52</sup> O desvelamento corresponde à *aletheia*, a retirada do véu, o descobrimento daquilo que estava oculto, a verdade para Platão. Na metafísica de Heidegger, o ser da coisa se desvela, manifesta-se nas condições mesmas de seu aparecer, de seu fenômeno, sendo a verdade a manifestação do ente, quando ele deixa de ser ocultado pelas preocupações da vida (JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006).

Na opinião de Demo (2011a), o mérito de Piaget, apresentado por ele como o pai do construtivismo<sup>53</sup>, foi dividir que a aprendizagem é, na essência, fenômeno construtivo e não dá saltos lineares, pois incorpora os estágios anteriores.

Diante disso e “para evitar mal entendidos”, Demo (2011a, p. 48) prefere usar o termo “reconstrução”. O autor justifica que a mente humana, em vez de simplesmente armazenar dados e informações, os processa, reconstrói, redimensiona, revelando a capacidade de interpretação própria. Uma frase usada com frequência por ele, referindo-se ao trabalho de pesquisa bibliográfica, é que “lemos os autores para nos tornarmos autores” (DEMO, 2011b, p. 96).

Por conta da atividade de processar e reprocessar as informações é que a aprendizagem se torna significativa, naturalmente criativa e crítica, não repete na situação B o que havia na situação A. Pelo contrário, agrega qualidades que não estavam presentes antes. Aprendemos do que já tínhamos aprendido, partimos do que já existe, por isso é reconstrução (DEMO, 2001a).

Segundo o autor, é difícil a argumentação ser construtiva, porque isto implica extrema originalidade. Para ele, o primeiro gesto do conhecimento é desconstrutivo (questionador), com a ressalva de que todo questionamento só é coerente se for ao mesmo tempo autoquestionamento. O segundo ato é reconstrutivo (propositivo) e traz uma condição: precisa permanecer sempre aberto, discutível (DEMO, 2011b).

Entendendo o conhecimento como “dinâmica disruptiva e rebelde”, sempre em processo de desconstrução e reconstrução, o autor considera natural que validades sejam relativas e verdades sejam aproximativas: “não vemos as coisas como são, mas como somos” (DEMO, *idem*, p. 66). A afirmação é baseada no que Maturana<sup>54</sup> chamou de autopoiese, fenômeno de autorreferência em que nossa mente entende os significados a partir de si, tendo a si como sujeito.

Por isso, Demo (2011b, p. 111) acrescenta que “não temos da realidade externa cópia reproduzida, mas construção mental à nossa imagem” – o grifo é meu, visando destacar que mesmo o autor declarando sua preferência pelo termo reconstrução, vez por outra volta a usar construção. Ou seja, as limitações dos termos que usamos para definir conceitos ora incomodam mais, ora incomodam menos. Da mesma forma, incomodam mais a uns do que a outros.

---

<sup>53</sup> Vale lembrar que o construtivismo no Brasil já foi muito associado com Emília Ferrero, pela difusão em toda a América Latina de sua metodologia para a alfabetização infantil. Ela repensou o processo de aquisição da escrita e da leitura, verificando que as atividades de interpretação e de produção da escrita começam antes da escolarização. Por isso, considera a cartilha obsoleta, porque a criança já traz um sistema próprio de concepções quando chega à escola. Argentina radicada no México, ela foi orientanda de doutorado e colaboradora de Piaget na universidade de Genebra (GADOTTI, 2006).

<sup>54</sup> Humberto Maturana, neurobiólogo chileno, adepto do construtivismo radical.

No texto das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1998), por exemplo, foi feita a opção pelo termo “reconstrução do conhecimento” (ver p.88). Outros autores (KOMATSU *et al*, 2003; CACHAPUZ *et al*, 2011) preferem usar (re)construção, com o prefixo destacado entre parênteses, visando deixar claro a compreensão ampla do seu significado (ver p. 40 e 94).

Semelhante raciocínio vale para os conceitos de descoberta/redescoberta. É preciso saber em que sentido estão sendo usados: se definem situações diferentes ou a mesma coisa apenas com outras palavras. No caso de construção/reconstrução está claro que se referem ao mesmo fato, apenas ressaltando mais um aspecto (nós construímos) ou outro (não construímos a partir do nada). Constatei que processo semelhante acontece com os termos descoberta/redescoberta. Mas há também outro uso para redescoberta, como mostrarei na sequência.

A descoberta foi defendida por Bruner como o meio principal de aprendizado. Neste contexto, é entendida como a percepção de similaridades e relações diante da exploração de conteúdos alternativos (ver p. 35). Driver *et al* (1999) dizem que tradicionalmente a aprendizagem por descoberta tem sido vinculada à construção do conhecimento como processo individual, ignorando-se o aspecto da produção social.

David Ausubel, por sua vez, diz que o aluno aprende tanto por recepção (conteúdo repassado pronto em aulas expositivas) quanto por descoberta. Em ambos os casos, a aprendizagem pode ser significativa, dependendo de ativar subsunçores. Ele usa o termo descoberta para as relações conceituais que o aluno faz sozinho ou em grupo durante a elaboração do conhecimento (MOREIRA, 2006).

Apesar de incluir a aprendizagem por descoberta, a teoria ausubeliana é apresentada por Moreira (1997) e Valadares (2011) como construtivista, evidenciando que descobrir e construir não são atividades excludentes.

De acordo com Valadares (*idem*), o que está implícito é que o processo de atribuir significados é claramente uma construção cognitiva do sujeito, de cunho pessoal e idiossincrático ou compartilhado pelo processo social. Porém, os links e mapas conceituais construídos podem mostrar diferentes nuances do objeto de estudo ou conduzir a novas descobertas.

De acordo com Cardoso (2003), como a descoberta que o estudante faz muitos outros já fizeram, esta é na verdade uma redescoberta. Assim sendo, a exemplo de construção/reconstrução, alguns preferem usar descoberta, como Hodson (1994), enquanto outros se sentem mais à vontade com o termo redescoberta, como Cardoso (*idem*), que optou por destacar inclusive o prefixo (re).

Creio que, do ponto de vista de quem está se deparando com o fato pela primeira vez, este não deixa de ser um achado, marcado pela satisfação, o prazer e a alegria. O mesmo vale para um pesquisador em início de carreira ou experiente. Ao se deparar com algo novo aos seus olhos, corre para os bancos de pesquisa a fim de verificar se de fato fez uma descoberta ou uma redescoberta.

Há porém, no ensino de ciências, outra acepção para o termo redescoberta. Refere-se à metodologia tradicional de experimentação escolar, em que o aluno recebe todas as instruções para constatar uma teoria na prática. O ambiente não é diretamente investigativo, pois o experimento é executado pelo aluno, mas planejado pelo professor ou pelas obras didáticas, incluindo os resultados (AMARAL, 1997).

Em outras palavras, é a famosa receita de bolo. Corresponde ao nível 1 dos quatro níveis apresentados por Krasilchik (2011) para a forma como um experimento pode ser abordado com os alunos.

Se há descoberta, no sentido de se encontrar algo novo do nosso ponto de vista, baseado na autorreferência, o que é que este processo nos revela do mundo?

Segundo Demo (2011b), podem e devem ser questionados os exageros construcionistas por parte dos que, criticando o positivismo, apostam que a realidade não existe e é apenas uma construção da nossa mente. Ele acredita que o mundo real independe da nossa observação e construção cognitiva para existir, embora não se deva ignorar que a pretensão de deusa total e final parece impraticável.

Lawson (2000) também aborda o assunto e afirma que a crença de que a humanidade adquire conhecimento seguindo o padrão de argumento *se / então / portanto* implica aceitar que a verdade absoluta sobre toda e qualquer ideia é inatingível, incluindo o fato de que o mundo externo existe. Isso porque o padrão depende da geração e comprovação de hipóteses e é consenso que estas podem ser apoiadas ou refutadas, mas nunca definitivamente provadas ou falsificadas.

Por outro lado, ressalta que a aprendizagem em todos os estágios, desde o sensório-motor, na mais tenra infância, exige que se assuma a existência de um mundo externo independente e cognoscível. Caso se faça a suposição contrária, negando o que o conhecimento sensório-motor está dizendo, a consequência pode ser infeliz (pense num carro vindo em sua direção, sugere o autor). É somente pelo confronto com o objeto e seus comportamentos (fenômenos) que podemos testar nossas representações, ideias e teorias (LAWSON, *idem*).

Sobre isso, Valadares (2011) destaca que sem objetos e acontecimentos sobre os quais incida a construção do conhecimento, este não existiria.

Para Lawson (*op. cit.*), representações são construções no sentido de que

não são diretamente "dadas" no contexto das experiências de aprendizagem atuais, mas obtidas a partir das experiências armazenadas na memória de longo prazo ou construídas a partir da interação com novos estímulos sensoriais.

Lawson (2000, p. 592) afirma que desacreditar na existência de um mundo real não leva a lugar nenhum. Mas pergunta aonde um cientista pode chegar acreditando na existência de um mundo externo e cognoscível? O próprio autor responde: em um pouco da realidade absoluta, dentro dos limites aceitos, mas certamente mais próximo de desenvolver representações mentais viáveis do mundo. Ele acrescenta que isso tem sido suficiente para o progresso científico, ainda que obtido "aos trancos e barrancos e com algum retrocesso"<sup>55</sup>.

Demo (2011b) diz que a tendência é se imaginar uma confluência entre ontologia (como seria a realidade) e epistemologia (como explicá-la), mas todo esforço para atingi-la é reducionista, permanecendo a forte impressão de que nossa visão é limitada, mesmo escudada em método científico.

O reducionismo é da mente, não da realidade. Por isso toda pesquisa que descobre também encobre a realidade, revela o que conseguimos captar, mas sempre deixa algo oculto – aliás, é isto que move a ciência. O tom reducionista não seria necessariamente um defeito do método, mas sua condição natural (*ibidem*).

Considerando esta "realidade" implacável a respeito da nossa mente, o que podemos descobrir então da realidade do mundo? Demo (*idem*) fala em termos de aproximação das possíveis formas invariantes ou leis que regem o universo.

Ou seja, tudo está em constante mudança, como acredita a dialética; mas ainda assim haveria algo imutável, absoluto, invariante, como pensa a metafísica.

Se as leis da natureza são de fato verdadeiras ou apenas fruto da criação humana, é outra grande discussão ligada ao dualismo construção ou descoberta do conhecimento, de acordo com Santos (2012). Ele destaca que a possibilidade de as leis existirem independentemente das teorias humanas implica que alguma entidade as criou, conduz a uma ideia intrínseca de um ser criador.

Diante desta possibilidade, só existem duas opções. Na versão "descobrir", é como se houvesse uma caixa fechada com um conjunto de leis que regem o universo. E nós, os seres fora da caixa, tentamos chegar o mais perto possível. Mesmo que não consigamos, sabemos que elas estão lá. Já na versão "construir", tal caixa não existe, nem leis pré-existentes. Tudo que fazemos é representar o universo da melhor maneira que podemos (*ibidem*).

---

<sup>55</sup> Tradução minha para "but that progress is by no means without fits and starts and some backtracking".

Santos (*idem*) diz que particularmente prefere a segunda opção, mas que há quem acredite que a humanidade pode abrir esta caixa, como o físico americano Steven Weinberg. No livro *Sonhos de uma teoria final*, ele diz que estamos chegando cada vez mais perto das verdadeiras leis da natureza.

Demo (2011b, p. 17) também cita outros autores que pensam assim, mas diz que a “ameaça” de Anil Ananthaswamy<sup>56</sup> parece mais real: “por volta de 96% do universo não pode ser explicado com as atuais teorias. Todos os nossos esforços para entender o mundo material iluminam apenas pequena fração do cosmos”.

Como se posicionar diante de tantas opiniões divergentes?

Valadares (2011) apresenta o construtivismo humano, que Novak formulou a partir da teoria de Ausubel, como uma proposta moderada e superadora de tensões. O construtivismo humano se assenta nos seguintes princípios:

- O conhecimento científico constroi-se através de uma interação complexa entre sujeito e objeto, onde nem um nem outro tem uma hegemonia epistemológica.
- Os seres humanos são criadores de significados.
- Os significados acerca da experiência humana vão-se modificando através de um pensamento afetivamente “contaminado” e ações.
- O objetivo da educação é a construção de significados compartilhados.
- Os significados compartilhados podem ser facilitados pela intervenção ativa de professores bem preparados.
- A produção intelectual ao mais alto nível é uma construção de significados e uma forma altamente original e criativa de aprendizagem significativa, que deverá servir de ideal à aprendizagem de qualquer indivíduo, que deve procurar caminhar no sentido de uma aprendizagem significativa autônoma e criativa (VALADARES, 2011, p, 49).

Valadares (*idem*) acrescenta que o construtivismo humano respeita o pressuposto de Piaget de que subjacente a uma teoria de aprendizagem consistente existe sempre uma epistemologia adequada.

Um ponto de vista consistente estaria na filosofia de Kant (1724-1804), que fez a crítica da razão pura (o confiar demais na razão leva ao dogmatismo), ao mesmo tempo que criticou o empirismo (o medo dos erros dogmáticos da razão reduz tudo à experiência). Kant chegou à essa proposta – o criticismo – depois de ter passado pelos extremos do dogmatismo e do ceticismo (VALADARES, 2011; JAPIASSÚ e MARCONDES, 2006).

<sup>56</sup> Editor de física da New Scientific em Londres, Anil Anantashaswamy percorreu vários lugares da Terra para escrever o livro “The edge of physics: a journey to earth’s extremes to unlock the secrets of the universe”, publicado em Nova York, em 2010.

Para Valadares (2011, p. 54), a função da ciência é conhecer os fenômenos e coisas como estes se revelam aos nossos sentidos e à nossa mente: “nunca podemos ter acesso objetivo à verdade das coisas em si, independentes, mas podemos acessar a verdade das coisas como elas se nos apresentam”.

Colocar o pêndulo na posição de equilíbrio é o que me atrai. Sabemos que conhecemos muitas coisas da realidade que nos cerca – detalhes cada vez mais específicos e impressionantes dos nossos corpos, leis da física que desafiam qualquer noção de tempo e espaço, galáxias paralelas... Sabemos também que não conhecemos toda a amplitude das coisas que conhecemos. E desconhecemos qualquer noção da infinitude das coisas que desconhecemos<sup>57</sup>.

Por acreditar na possibilidade de a construção cognitiva não excluir o ato da descoberta, encerro este capítulo com um texto de Paulo, o grande filósofo bíblico:

Agora, pois, vemos apenas um reflexo obscuro, como em espelho<sup>58</sup>; mas, então, veremos face a face. Agora conheço em parte; então, conhecerei plenamente, da mesma forma como sou plenamente conhecido.

**(I Carta aos Coríntios, cap. 13:12. Bíblia - Nova Versão Internacional)**

Paulo estava se referindo à possibilidade de conhecermos a verdade absoluta, apresentada como Deus. Assumindo a hipótese de um Deus que criou o céu, a terra, o mar e tudo o que neles há, se não podemos conhecê-lo plenamente agora, por analogia também não podemos conhecer todas as coisas criadas, pelo menos por enquanto, a não ser em parte.

Com esses três capítulos de revisão e fundamentação teórica, num diálogo prazeroso e muito instrutivo com autores diversos, sinto-me melhor preparado para iniciar a segunda parte desta dissertação, que inclui me debruçar sobre o objeto da pesquisa buscando respostas para a pergunta que levantei na introdução: se/como os participantes do Curso de Férias desenvolvem o padrão de raciocínio hipotético-dedutivo de Lawson.

---

<sup>57</sup> Inspiro-me aqui no livro *Quem somos nós?*, no qual os autores William Arntz, Betsy Chasse e Mark Vicente usam um interessante recurso gráfico (um ponto no centro de uma pequena mancha numa página branca, depois outra página com o ponto cercado de uma mancha azul maior e, por fim, outra página tomada de azul), acompanhado das seguintes frases: o que nós sabemos que sabemos, o que nós sabemos que não sabemos e o que nós não sabemos que não sabemos. O livro foi publicado no Brasil pela Prestígio Editorial em 2007.

<sup>58</sup> Para entender melhor a metáfora de Paulo, é útil saber que o espelho, àquela altura da história da humanidade, consistia de um pedaço de metal polido.

## 4 O CURSO DE FÉRIAS

Neste capítulo, apresento o Curso de Férias, objeto desta pesquisa. Contextualizo suas origens a partir do trabalho do professor e pesquisador Leopoldo de Meis, e apresento seus objetivos e propósitos.

Em seguida, abordo a forma como a Aprendizagem Baseada em Problemas é utilizada, começando pelas diferenças em comparação com a ABP praticada no ensino superior, e depois detalhando, etapa a etapa, a dinâmica do curso.

### 4.1 ORIGENS E PROPÓSITOS: O DESPERTAR PARA A CIÊNCIA

O Curso de Férias é fruto do projeto Jovens Talentos, criado em 1985 pelo hoje professor emérito do Instituto de Bioquímica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Leopoldo de Meis. Destinado a descobrir novos talentos para a pesquisa científica, preferencialmente entre estudantes de escolas públicas, o projeto atendia adolescentes de baixa renda entre 14 e 18 anos, além de professores de ciências da rede pública (MEIS, 2008).

Traçando um rápido esboço do desenvolvimento científico na história da humanidade, Meis e Fonseca (1992) argumentam que o método científico rompeu com o empirismo e o espírito mágico da idade média. A partir do século XVIII, em menos de duzentos anos, o progresso científico e tecnológico mudou a face do planeta e a vida das pessoas, curando doenças, aumentando a longevidade, encurtando distâncias, aumentando a produção agrícola, entre outras revoluções.

O sucesso material e palpável foi tão grande, sua influência na vida moderna tão profunda, que a sociedade foi levada a uma confiança cega e, por vezes, ingênua, vendo a promessa científica como panaceia. Até o raiar do século XX, predominou esta esperança. Mas os avanços chegaram também aos artefatos de guerra e explodiram conflitos mundiais, com bombas atômicas lançadas sobre populações civis. A face sombria do progresso científico e tecnológico foi exposta: o planeta é ameaçado de destruição, seja por uma catástrofe nuclear ou pela devastação do meio ambiente. O homem sente-se traído. “Em vez de um mundo paradisíaco, onde haveria alimento para todos e o leão conviveria pacificamente com o cordeiro, alimentos apodrecem em silos, enquanto populações inteiras morrem de fome” (MEIS e FONSECA, 1992, p. 59).

A resposta da juventude foi um movimento contracultural de retorno à vida natural e simples e a fuga por meio das drogas, o movimento *hippie* dos anos 1960 e 70, que afastou boa parte dos jovens do interesse pelas ciências como profissão. Pesquisas nos Estados Unidos na década de 80 ainda mostravam essa tendência, exigindo iniciativas e investimentos do governo para revertê-la (MEIS e FONSECA, 1992).

Além do conceito de uma ciência humanisticamente negativa, materialista, exclusivamente voltada para a produção de bens e, muitas vezes, perigosa, mais conhecida e valorizada por seus sucessos tecnológicos, Meis e Fonseca (*idem*) dizem que outro fator que tem afastado muitos jovens da carreira científica é vê-la como uma atividade fria, associada a fatores objetivos/rationais/pragmáticos – a exemplo do que fala também Hodson (1994).

Os autores citam duas pesquisas feitas nos Estados Unidos e Brasil, coordenada por Meis. A primeira, de 1989, perguntou a cientistas de diversos níveis e estudantes de graduação, mestrado e doutorado “o que é pensar cientificamente?”. A segunda, de 1993, fez a mesma pergunta a estudantes tanto de ciências quanto de artes, acrescentando a questão “qual a diferença entre ciência e arte?” (MEIS e FONSECA, *op. cit.*).

O resultado apontou padrão semelhante de pensamento nos dois países: tanto cientistas no início de carreira quanto universitários e pós-graduandos veem a ciência como apartada de valores subjetivos importantes, quase sem espaço para a intuição e a criatividade; enquanto a arte é apontada como o campo da intuição, da subjetividade e da liberdade criadora. Mesmo as técnicas necessárias à prática da arte, como a disciplina necessária ao domínio de instrumentos musicais, as leis físicas que restringem o escultor, nada disso foi considerado como limitante à criação artística, ao contrário do método científico (*ibidem*).

Entretanto, Meis e Fonseca (*idem*) relatam que cientistas considerados de “alto nível”, no Brasil e na comunidade internacional, não excluem de sua atividade a liberdade criadora, a intuição e fatores cósmicos, associados mais ou menos explicitamente a Deus. Enfim, eles não separam a ciência de sua personalidade total e de um contato envolvente e comprometido com a natureza e o universo.

Além desses fatores que distanciam os jovens da ciência, Meis (2009) menciona ainda que a produção do conhecimento tem estado concentrada em países do hemisfério norte: EUA, Inglaterra, Rússia, Alemanha, França, Japão, Canadá e Itália, que respondem por 85% da produção científica e das grandes descobertas dos últimos três séculos. Enquanto a população desses países

corresponde a 15% dos habitantes do planeta, os jovens estão concentrados, em sua grande maioria, em outras partes do globo. Essa diferença causa tensões que dificultam o progresso e a paz mundial. Daí a necessidade de investir na formação científica e tecnológica dos jovens de países em desenvolvimento.

Um desafio desta formação, segundo o autor, é a grande quantidade de conhecimentos produzida atualmente, requerendo uma pedagogia para lidar com o excesso de informações. Ele diz que, como a tradição na escola é fixar na mente do aluno o maior número possível de informação, não é ensinado como esquecer formas de pensar que se tornaram ultrapassadas. Meis acredita que, para assimilar o novo sem preconceitos, às vezes será preciso esquecer parte do que se aprendeu, princípio levado para o projeto Jovens Talentos e os Cursos de Férias. Ele reconhece que “essa substituição se torna difícil se nos apegamos demais ao que já sabemos” (MEIS, 2009, p. 176).

Vinculando este pensamento de Meis com os pilares da educação para o século XXI lançados pela UNESCO, Werthein e Cunha (2009) dizem que o *aprender a aprender* poderia ser ampliado para *aprender a aprender e a desaprender*.

Segundo Meis, em 25 anos, o projeto Jovens Talentos ajudou a revelar mais de uma centena de novos cientistas. O pesquisador/educador investiu também em materiais didáticos que aproximam a ciência da arte: o livro *O Método Científico*, ilustrado em forma de história em quadrinhos, uma peça teatral com o mesmo nome e o CD-ROM *Mitocôndria em Três Atos* (MEIS, 2008; Blog LBMG, 2010).

Até 2010, o projeto estava presente em 24 universidades de 12 estados brasileiros, contando com centros engajados na proposta de promover o interesse científico entre alunos e professores do ensino médio público, numa interação entre ciência e educação, a partir de cursos de férias (Blog LBMG, 2010).

O convite para a UFPA aderir à rede de unidades do projeto foi aceito pelo professor Cristovam Diniz, através do então Laboratório de Neuroanatomia Funcional do Departamento de Morfologia do Centro de Ciências Biológicas – hoje Laboratório de Neurodegeneração e Infecção, vinculado ao Hospital Universitário Barros Barreto/UFPA. Um professor da equipe de Meis veio a Belém em 2004 ministrar um curso de formação para professores e monitores que trabalhariam no projeto ou atuariam como multiplicadores da metodologia.

A primeira edição, que recebeu o nome de Curso de Férias “Desvendando o corpo dos animais”, aconteceu em fevereiro de 2005, em bairro carente próximo ao campus da UFPA em Belém, na área chamada Riacho Doce, onde a universidade mantém um projeto socioesportivo e educativo (MALHEIRO, 2009).

A partir das férias seguintes, julho de 2005, o curso passou a percorrer o interior paraense, começando pelo município de Bragança. Cada temporada requer um grande esforço logístico para transportar equipamentos, materiais de laboratório e o acervo de animais formolizados<sup>59</sup>. Sua viabilização depende de apoios institucionais, como dos *campi* da UFPA no interior, de prefeituras, secretarias de educação e outros órgãos. O curso tem sido mantido principalmente através de recursos das agências CAPES e FINEP.

Com as edições seguintes, algumas mudanças foram sendo feitas e o tema passou a ser “Forma, função e estilo de vida dos animais”. Além de estudantes do ensino médio e último ano do ensino fundamental, o curso atende professores de ciências do ensino fundamental e professores de biologia, química, física e matemática do ensino médio da rede pública.

Até as férias de julho de 2012, já haviam sido realizadas 17 edições nos municípios de Belém, Bragança, Oriximiná, Castanhal, Salinas e Soure, sendo dois cursos por temporada. Em algumas cidades, o projeto retornou mais de uma vez, como Castanhal. A jornada de cada curso é de 40 horas (uma semana).

A partir das primeiras edições em Castanhal, o Curso de Férias ampliou seu público-alvo e começou a abrir espaço para estudantes universitários, a partir da constatação de que os cursos de graduação, principalmente no interior do Estado, também apresentam carências no uso de metodologias baseadas em problemas e em investigações que se aproximem da pesquisa científica.

Segundo Diniz (entrevista 2006), a proposta central do Curso de Férias é aproximar professores e alunos do modo de fazer ciências, com dois objetivos gerais: despertar nos alunos o interesse pela carreira científica, estimulando o desenvolvimento de talentos nesta área; proporcionar aos professores o contato com a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), visando apresentar uma alternativa metodológica para enfrentar a era da explosão de informações e a necessidade de reforma no ensino de ciências.

---

<sup>59</sup> A coleção de animais fixados em formol utilizados no Curso de Férias faz parte do acervo do Laboratório de Neurodegeneração da UFPA e é fruto de parceria com o IBAMA-PA, que doa animais mortos ou irreversivelmente debilitados, apreendidos em suas diversas operações no Estado. Quando transportado para outros municípios, o acervo vai acompanhado das competentes guias oficiais. A parceria do IBAMA é o que possibilita o funcionamento do laboratório e da disciplina Anatomia Comparada, disponibilizada semestralmente a todos os estudantes do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas e de diversas outras áreas da UFPA.

De acordo com Malheiro (2005, 2009), os objetivos específicos do curso são:

1. Proporcionar aos cursistas a oportunidade de atividades experimentais simples, partindo de observações de peças anatômicas de animais com estilos de vida contrastantes (mamíferos, aves, répteis e anfíbios);
2. Aprimorar os conhecimentos científicos de professores e alunos, por meio de experimentações investigativas, no domínio da anatomia comparada, destinadas a solucionar problemas;
3. Estimular alunos e professores a considerar que os conhecimentos científicos presentes nos livros didáticos nem sempre se sustentam quando submetidos a procedimentos experimentais investigativos;
4. Estimular nos cursistas a “arte de pensar”, através das atividades de identificar problemas, levantar hipóteses, fazer o desenho de testes experimentais, registrar e avaliar seus resultados, tirar conclusões;
5. Proporcionar aos cursistas a experiência de participar de dois “seminários” para socializar os problemas levantados e os métodos usados para resolvê-los, simulando mais um aspecto da produção científica, que é a comunicação dos resultados em congressos, com abertura a críticas.

Diniz (entrevista, 2006) destaca que a escolha da Aprendizagem Baseada em Problemas se deu porque, além de ser uma ferramenta de aprendizagem significativa, ela “copia de perto a vida”, instigando o aluno, estimulando sua curiosidade. Na mesma entrevista, ele conta que o seu próprio despertar para a ciência teve a contribuição de um professor que não lhe deu resposta a uma pergunta – por que o papel de tornassol ganha cores diferentes dependendo da solução onde é mergulhado? –, sugerindo que ele pesquisasse a causa.

Ele acrescenta que, com um conjunto singular de equipamentos laboratoriais, o Curso de Férias abre um mundo de novas possibilidades de aprendizado concreto aos alunos: “O objetivo é despertá-los para saber coisas que tocam de perto a vida deles, por exemplo: quando eu fico nervoso e o meu coração bate forte, isso é uma influência do sistema nervoso ou o coração é ele mesmo a sede dessas alterações?” (entrevista, 2012).

Além de responder a curiosidades e questionamentos dos participantes, o curso proporciona a manipulação, na prática, de informações científicas conhecidas somente através dos livros didáticos e pela internet, dando-lhes a oportunidade de

confrontar esses dados com as observações e evidências reveladas pelos experimentos (MALHEIRO, 2005, 2009).

Na realização dos estudos durante o curso, os participantes trabalham com quatro sistemas biológicos – sistemas nervoso, locomotor, cardiovascular e respiratório. A diversidade de problemas de pesquisa e experimentos depende, em certa medida, do acervo de animais, equipamentos e infraestrutura disponíveis. Entretanto, isso é muito mais do que qualquer escola pública no Estado oferece.

A coordenação e os monitores procuram se antecipar às perguntas que normalmente têm surgido, e se planejam para atender ao máximo de desenhos experimentais que possam ser escolhidos pelos participantes. Este planejamento é importante, permitindo um amplo leque de opções dentro dos quatro sistemas biológicos estudados.

De acordo com Diniz (entrevista, 2012), quando os alunos redescobrem por si só o que está descrito nos livros, dificilmente esquecem, porque associam emoção ao aprendizado, o que é bastante diferente de memorizar um versinho do tipo “o coração tem quatro câmaras, dois átrios e dois ventrículos” e evocá-lo no dia da prova para se livrar dela.

“O impacto sobre a cabeça deles e a duração daquele conhecimento redescoberto é muitas vezes ampliada”, acrescenta Diniz (*idem*). A redescoberta a que ele se refere não é a mesma da redescoberta ocorrida em atividades pré-determinadas, com resultados previamente conhecidos (FERREIRA, 1997), conforme atesta Malheiro:

A experimentação apresentada na metodologia da ABP difere em muito daquelas que os professores [...] utilizam apenas [...] para mostrar algo já apontado na teoria e que precisa ser confirmado na prática, esperando-se que os alunos, a partir daí, sejam capazes de repetir o que foi ensinado (MALHEIRO, 2005, p. 188).

Ou seja, a redescoberta que os participantes do Curso de Férias vivenciam não busca apenas constatar um conceito recém-conhecido e obter resultados anunciados com atecedência. Pelo contrário, eles partem de seus questionamentos e não sabem o que vão encontrar. Os monitores e coordenador também não sabem que rumo será tomado, embora os cursistas acabem seguindo o caminho já trilhado por pesquisadores do passado. Neste sentido, a redescoberta para eles passa a ter o prazer da novidade, da descoberta propriamente dita, conforme relata Diniz:

Quando os alunos são expostos à experimentação pela ABP, é como se subitamente um mundo novo se descortinasse na cabeça deles, [...] a chance de poder ver pela primeira vez as ciências da vida por dentro e descobrir quão excitante pode ser uma vida dedicada à descoberta [...] A sensação que a gente tem é que, quanto mais pobre o lugar e a escola de origem, com mais vigor esses alunos se agarram àquela oportunidade, mais impacto ela tem no estado cognitivo deles, nas suas motivações e escolhas (entrevista, 2012).

Como a proposta do Curso de Férias é aproximar os participantes do modo de fazer ciências, Diniz (*idem*) ressalta que é importante considerar que este lida com um subdomínio das ciências, as ciências da vida e natureza, por isso o método apresentado aos alunos é o predominante nessas áreas, como ele destaca a seguir:

A forma de se validar as hipóteses nas ciências duras, como costumamos nos referir às ciências da natureza, não é necessariamente a mesma das ciências sociais. Então, quando você me pergunta se o método usado no curso é o mesmo que os cientistas usam, eu diria sim: o método dos cientistas das áreas de ciência da vida, da natureza de uma maneira geral, onde, para você de fato validar sua hipótese, há que reunir um conjunto de evidências sistemáticas, dar um tratamento estatístico aos dados coletados, demonstrando que os eventos que você está estudando se comportam de maneira semelhante ou diferente; valorizar a dispersão da amostra e definir níveis de significância que são minimamente necessários para você dizer “esse fenômeno está ou não associado àquele”. Então, a resposta é sim, os alunos utilizam os mesmos princípios reducionistas, se você estiver se referindo especificamente à metodologia que a gente continua a usar, com sucesso, nas ciências da natureza (*ibidem*).

De acordo com Malheiro (2009), a adoção no curso do método científico predominante nas ciências da natureza, visa estimular nos participantes a capacidade de pensar objetivamente. Ele acrescenta que os cursistas não são obrigados a seguir, invariavelmente, os passos pré-fixados do método experimental. Isso denota que os objetivos são de caráter claramente didático.

Para apresentar aos participantes uma ideia do que é a pesquisa científica, a coordenação do curso usa uma dinâmica realizada antes da divisão da turma em pequenos grupos. Dois voluntários são escolhidos para fazer o papel de pesquisadores. É explicado que uma pessoa do auditório será escolhida pelos colegas para ser o “objeto da pesquisa”. Os dois são levados para fora da sala e a

pessoa indicada pelo auditório passa por um processo de modificação: um jaleco é colocado sobre sua roupa, acessórios são retirados ou trocados, o cabelo é solto ou preso, e assim por diante.

Na sequência, um dos voluntários é trazido de olhos vendados para fazer uma exploração tátil da pessoa a ser investigada. Após explorar rosto, cabelo, roupas etc., é levado de volta para fora. E a pessoa “objeto da pesquisa” volta para o seu lugar, com as modificações desfeitas. O professor-coordenador explica que, tal como acontece na natureza, o objeto de investigação tem suas características alteradas, dependendo de variáveis diversas, como o inverno e o verão.

A dupla retorna com o objetivo de descobrir quem é a pessoa misteriosa. Eles devem fazer um trabalho em equipe, usando duas linguagens de investigação: a exploração tátil e perguntas. O voluntário que não foi vendado pode fazer quantas perguntas quiser ao auditório, desde que estas conduzam a respostas fechadas, do tipo sim ou não. Por exemplo: é homem, é alto, é gordo, usa tênis? Um secretário é designado para anotar todas as respostas, que vão sendo projetadas na parede para consulta dos “pesquisadores” a qualquer momento.

As perguntas correspondem a testes para confirmar uma hipótese formulada, caracterizando o método hipotético-dedutivo. Cada pergunta, se bem formulada, gera respostas que excluem uma série de pessoas na sala e as chances de acertar vão aumentando. Mas nem sempre as perguntas óbvias e mais simples são feitas. O professor-coordenador explica que saber fazer a pergunta possível de ser respondida pelo experimento encurta os caminhos da investigação, o que é muito importante para quem faz ciências.

Durante a investigação, as perguntas acabam assumindo um papel preponderante, pois somente a exploração tátil dos “suspeitos” não é suficiente para os voluntários chegarem à pessoa certa. Às vezes, também ocorre da dupla se dispersar e não consultar os dados já registrados para conduzir suas investigações.

Ao final, a dinâmica revela aos cursistas que, em uma investigação científica, é preciso considerar a natureza falível dos sentidos; estar atento às respostas que o experimento fornece como evidências, além da necessidade do registro, organização e análise dos dados, de forma que o processo experimental seja desenvolvido conscientemente até sua conclusão.

## 4.2 FORMA DE UTILIZAÇÃO DA ABP E A DINÂMICA DO CURSO

Em função de ter objetivos diferentes das finalidades de um curso de graduação, a metodologia adotada no Curso de Férias difere um pouco em relação à Aprendizagem Baseada em Problemas praticada nas instituições de ensino superior.

Malheiro (2009) aponta, inclusive, semelhança com o modelo de Lopes e Costa (1996), pois o problema não é “dado”, ele surge de problematizações feitas pelos próprios alunos a partir de contextos discutidos em grupo. E na ABP dos cursos de graduação o problema está embutido em materiais distribuídos ao grupo.

Essa diferença se explica pelo fato das faculdades terem um currículo a seguir, um conteúdo específico que os alunos precisam dominar. Já o Curso de Férias, por ser exatamente um curso livre, pode se concentrar em proporcionar aos participantes outras experiências de aprendizagem.

Mas, tomando como referência os parâmetros definidos por Ribeiro (2008) – um problema da vida real sempre precede a discussão da teoria, existe um processo formal de solução de problemas, os alunos trabalham em grupos em busca desta solução – a metodologia caracteriza-se como ABP. O princípio de aprendizado integrado e autodirecionado, tendo o aluno como foco central do processo, é semelhante. Há também a interdisciplinaridade, já que são usados conhecimentos de diversas áreas. As diferenças estão no desenvolvimento das atividades, embora haja muitas semelhanças, como demonstrado no quadro abaixo.

Quadro 01 - Comparação entre a ABP em cursos de nível superior e no Curso de Férias

ABP em cursos de nível superior	ABP no Curso de Férias
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O grupo recebe do tutor o material referente ao tema/problema, em seguida desenvolve os sete passos da sessão tutorial:</li> <li>1. Leitura do material e esclarecimento de termos desconhecidos;</li> <li>2. Identificação do problema proposto;</li> <li>3. Formulação de hipóteses;</li> <li>4. Resumo das hipóteses;</li> <li>5. Formulação dos objetivos de aprendizado;</li> <li>6. Busca de informações em estudo individual;</li> <li>7. Retorno, integração das informações e resolução do problema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividades iniciais de apresentação do curso, seus objetivos e métodos.</li> <li>• Divisão da turma em grupos, que serão acompanhados por monitores.</li> <li>• Definição, por parte dos grupos, de um problema a ser resolvido, a partir de curiosidades dos mesmos.</li> <li>• Geração de hipóteses e escolha da mais plausível para solucionar o problema.</li> <li>• Desenho (planejamento) e execução de um experimento para testar a hipótese.</li> <li>• Socialização dos resultados.</li> </ul>

Fonte: produzido com base na revisão bibliográfica e nas informações sobre o curso

Nas faculdades que usam a ABP, cada grupo é acompanhado por um tutor, papel desempenhado quase sempre por um professor. No Curso de Férias, as turmas atendidas têm, em média, 45 participantes: 30 alunos e 15 professores, que após a fase introdutória, se dividem em grupos de no máximo seis membros.

Dadas as limitações orçamentárias, não é possível ter um professor por grupo. O papel do tutor é desempenhado, então, por bolsistas, alunos da graduação ou pós-graduação dos cursos da área de Ciências Biológicas e de Saúde da UFPA e UEPA, que são chamados de monitores. Quando há monitores novatos, estes são acompanhados por monitores mais experientes no curso.

Cumprindo a função de *scaffolding* da teoria vygotskyana, o andaime que dá suporte enquanto se constroi uma obra (ver p. 43), o papel deles é orientar os participantes nas discussões a respeito da definição do problema a ser investigado, na proposição de hipótese e desenhos experimentais, além de assessorá-los durante a execução dos experimentos, na sistematização dos dados observados, na formulação de conclusões e na preparação dos slides e/ou roteiros para a socialização dos resultados. Ficam também atentos para evitar dispersão e a fuga dos objetivos definidos pelo grupo.

Este fato aproxima a metodologia do Curso de Férias da proposta de *Aprendizagem como Investigação Orientada* apresentada por Cachapuz *et al* (2011), que também se fundamenta na teoria de Vygotsky sobre a importância de ter alguém com mais conhecimento ajudando o aprendiz (ver p. 94).

Para fazer fluir as discussões, os monitores formulam várias perguntas que ajudam nas reflexões e raciocínios dos grupos. Por outro lado, quando são os participantes que perguntam, o que ocorre com muita frequência em função da ansiedade destes para terem logo a resposta ao problema proposto, os monitores são orientados a devolver a pergunta com outra pergunta, no exercício constante de desafiá-los a construir sozinhos o próprio conhecimento.

Ao evitar respostas prontas, o princípio da aprendizagem autônoma é estimulado. Talvez este seja um dos maiores desafios para os monitores no Curso de Férias, já que tanto eles como os cursistas são oriundos de uma escola em que o professor é “aquele que sabe” e está ali para responder a todos os questionamentos do seu aluno. Diante deste ranço, cabe-lhes o esforço maior para não ceder à tentação de antecipar respostas.

O fato nos alerta para a urgência de mudanças nas práticas pedagógicas de nossas escolas, conforme evidenciado por Malheiro:

Na ocasião de hesitação dos alunos diante da sua indigência frente aos questionamentos levantados e da ausência de respostas prontas por parte dos monitores do curso, é que ficou evidenciada a maneira caduca de educar, que a escola vem disseminando nos quatro cantos do Brasil (MALHEIRO, 2005, p.169).

As únicas questões que os monitores respondem são as relacionadas ao uso de materiais e equipamentos e à manipulação correta dos animais formolizados, já que estes são domínios que eles precisam ter para avançar no experimento. Também porque estas são questões que não têm relação direta com a natureza do problema a ser respondido.

Aliás, outra função deles é orientar os participantes quanto às normas de segurança no laboratório, instruindo e fiscalizando a utilização de vestimentas e acessórios de proteção, além de ensinar como usar os instrumentos e aparelhos laboratoriais – muitas vezes, eles próprios executam procedimentos que exigem mais habilidade e experiência.

Cabe-lhes também a estimulação da prática democrática entre os membros do grupo, no momento de divisão das responsabilidades e durante as discussões, estimulando o equilíbrio entre o falar e o ouvir; e a supervisão dos trabalhos desenvolvidos, de forma a garantir o cumprimento das metas estabelecidas, como tempo para os testes, discussões, sistematização dos resultados e socializações, já que o curso tem a duração de apenas cinco dias.

Fazendo uma comparação com a ABP no ensino universitário, o monitor do Curso de Férias desempenha um papel intermediário entre o tutor e o aluno coordenador do grupo tutorial. Outro ponto em comum é que um integrante do grupo é designado para ser o relator e fazer anotações. A tarefa pode ser desempenhada por qualquer membro, de modo que eles possam participar de todas as atividades.

Os monitores são orientados e supervisionados diretamente pelo coordenador geral, professor Cristovam Diniz. Ele coordena todas as atividades, desde o preparo dos materiais para os experimentos.

Durante a realização do curso nos municípios, Diniz assume uma função que, a partir de agora, chamarei de professor-coordenador, conforme caracterizado por Malheiro (2009). A ele cabe ainda apresentar a filosofia e o “desenho” do curso, estimular a participação de toda a turma, acompanhar grupo a grupo o andamento

dos trabalhos, esclarecendo dúvidas e, por vezes, auxiliando na execução de procedimentos mais delicados.

O professor-coordenador tem também papel fundamental nas socializações, interagindo com os grupos e dando *feedback* imediato sobre as experiências relatadas, apontando pontos fortes e fracos, indicando outros caminhos possíveis e lançando desafios. Vez por outra, ajuda o aluno a construir um discurso que ficou confuso por falta de palavras ou de lógica. É o olhar crítico não só do professor, mas também do cientista, fornecendo aos participantes oportunidades de reflexão. Um papel importante que merece ser melhor investigado.

O curso começa com apresentações iniciais e algumas atividades introdutórias, como exibição de vídeos e a realização da dinâmica simulando uma investigação científica. O objetivo é apresentar aos cursistas a metodologia a ser usada durante as atividades.

Em seguida, os participantes são convidados a se organizar em grupos de no máximo seis membros. É sugerido que a composição seja por afinidade, juntando participantes que já se conhecem ou que já tiveram algum contato prévio, de modo a facilitar o processo de integração, objetivando otimizar o tempo do curso.

Nesta fase, eles começam a exercitar a prática da autonomia no processo da aprendizagem, pela escolha dos parceiros que vão produzir conhecimento juntos, semelhante ao que ocorre nos centros de pesquisa. Os cursistas são deixados bastante à vontade, mas quando o agrupamento não acontece espontaneamente, os monitores se encarregam de fazer esta composição. Após a formação, os grupos se reúnem em salas separadas acompanhados de seu monitor.

O grupo ou grupos formados por docentes são supervisionados mais de perto pelo professor-coordenador, ainda que também fiquem com um monitor fixo, normalmente aqueles que já têm mais experiência no Curso de Férias e que sejam estudantes de pós-graduação.

Após o primeiro momento de integração, o trabalho nos grupos começa com os participantes expressando suas curiosidades sobre o curso e os vídeos assistidos, além de fatos de suas vidas ou de seu cotidiano que poderiam resultar em questões de pesquisa. Com esse *brainstorming* inicial, eles devem eleger o problema a ser estudado, construindo-o na forma de uma pergunta. É nessa hora que eles definem também com qual sistema biológico desejam trabalhar, a partir do conhecimento do acervo de animais formolizados disponíveis para dissecação, como répteis, anfíbios, aves e mamíferos, além dos animais vivos utilizados em testes, como camundongos albinos. Dependendo do município onde está sendo

ministrado o curso, podem ser disponibilizados outros animais, como peixes, de modo a se aproveitar as vocações naturais da região.

A definição da questão-problema é considerada fundamental para direcionar as etapas seguintes. Por isso, os monitores respeitam o tempo despendido pelos grupos, embora estimulem a busca de objetividade e simplicidade. Atitude que se coaduna com o que dizem Araújo e Arantes (2009), segundo os quais, para que haja aprendizagem real e envolvimento discente, o bom problema é aquele que os estudantes não sabem a resposta, devendo ser simples e objetivo.

Após a formulação da questão-problema, nova mobilização é promovida pelo monitor, agora com o objetivo de despertar no grupo uma “tempestade de ideias” para formular hipóteses. Os participantes podem recorrer a situações vividas ou conhecimentos que já trazem para construir suas explicações prováveis. Da mesma forma que na fase anterior, eles são estimulados a considerar pertinentes mesmo aquelas ideias que, aparentemente, pareçam absurdas. Mas, são orientados a selecionar aquela mais plausível para ser testada.

A etapa seguinte é o planejamento de um experimento para testar a hipótese levantada. Nessa fase, eles conhecem os recursos laboratoriais do curso. Informados pelos monitores de todas as possibilidades experimentais que o acervo e o instrumental disponibilizado permitem, os cursistas escolhem o caminho a seguir e fazem o desenho experimental da investigação a ser realizada.

Experimentação aqui tem o caráter polissêmico mencionado por Marandino, Selles e Ferreira (2009) (ver p. 102), pois as atividades podem incluir a descrição e comparação de estruturas anatômicas, visualização microscópica de alguns tecidos, testes de comportamento com animais e outras.

O principal diferencial do Curso de Férias em relação ao uso da ABP é que a busca de dados e evidências para comprovar a hipótese é feita prioritariamente por meio de uma atividade experimental, posto que um dos objetivos do curso é aproximar os participantes do método utilizado nas ciências da natureza, além de instigá-los a questionar e confrontar as informações do livro.

Da mesma forma que acontece com a ABP no ensino superior, a liberdade de pesquisa é total: os cursistas podem consultar todas as fontes – livros, internet e outras –, a qualquer tempo, podendo trazer a informação pesquisada para a sua investigação. Porém, são estimulados a vê-la apenas como uma hipótese e a tentar traduzi-la ou comprová-la num experimento concreto. Não basta declarar, “eu li numa revista, eu pesquisei na internet, meu professor falou ou o livro está dizendo”.

Os participantes são desafiados a comprovar a informação, transformando-a em conhecimento.

Visando estimular o exercício do “estranhamento”, são feitas perguntas como “será que é assim mesmo?”, “você estava lá?”, “você viu?”, feitas pelo professor-coordenador e os monitores. Com isso, os participantes são incentivados a olhar de forma crítica a “autoridade dos livros”, já que nem sempre estes acompanham a velocidade das mudanças no conhecimento científico e tecnológico.

Os cursistas são também orientados a não usar conceitos científicos vistos somente nas fontes consultadas. Para descrever estruturas que não conhecem, eles têm a liberdade de usar metáforas e comparações.

Outro ponto importante é fazer com que eles compreendam os limites do método e ferramentas usados. Deve-se considerar, por exemplo, que o que dá para ver no microscópico óptico é diferente do que se vê no microscópico eletrônico. Eles são orientados também a evitar dizer que determinada informação foi tirada da experiência, quando na verdade a metodologia empregada não permitiria isso.

Durante e após a realização do experimento, o grupo discute os resultados observados e registrados. Se for o caso, decide por refazer os testes ou formular novos experimentos, até chegar às conclusões a serem apresentadas.

Ao longo do curso, são realizados dois momentos de socialização na forma de seminário. É a hora em que os grupos se reencontram no auditório onde houve a abertura do evento. Com a ajuda dos monitores, eles preparam slides que serão usados nessas apresentações.

A primeira socialização acontece no segundo ou terceiro dia do curso, quando os grupos já avançaram na formulação de seus problemas de pesquisa, hipóteses, desenhos experimentais e iniciaram a execução dos testes. Esta etapa é de suma importância, pois é quando eles relatam suas primeiras experiências, de sucesso ou de fracasso, e podem ampliar as trocas com toda a turma e o professor-coordenador. Poderia-se dizer que é uma espécie de banca de qualificação. Diante das perguntas e comentários feitos, os grupos têm a oportunidade de ajustar e até redirecionar a linha de investigação adotada.

A segunda socialização é realizada no último dia do curso, quando os grupos fazem o relato final das atividades, sintetizando-as e apresentando os resultados e conclusões da pesquisa. Devem expor com clareza e numa sequência lógica todas as etapas desenvolvidas, mostrando como o experimento foi feito, qual a metodologia utilizada, deixando evidente que, de fato, o experimento pôde gerar os resultados apresentados.

Para ajudar os participantes a organizar seu raciocínio e argumentação, eles são orientados a fazer a apresentação seguindo os tópicos abaixo.

1. **Problema:** apresentar ao auditório, na forma de pergunta, o problema investigado, relatando como o grupo chegou a ele;
2. **Hipótese:** informar qual a explicação provável do grupo para o problema levantado;
3. **Métodos:** informar qual o experimento planejado para testar a hipótese, incluindo os materiais utilizados e a forma de executá-lo;
4. **Resultados:** apresentar os dados observados e registrados durante o experimento, incluindo estatísticas quando for o caso;
5. **Conclusão:** considerando os dados produzidos pelos testes, informar se a hipótese foi confirmada ou refutada.

De acordo com Malheiro (2009), a socialização representa a oportunidade dos cursistas compreenderem que, no âmbito argumentativo da produção científica, a relação com o auditório<sup>60</sup> não é apenas a de informar dados numa pureza desprezível, mas na perspectiva da persuasão definida por Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005). Persuasão esta que visa ganhar a adesão, tanto emocional como intelectual, do respectivo auditório, já que o cientista deseja conferir validade às suas ideias ou a universalização de um conhecimento.

O momento de socialização é a fase síntese da produção do grupo, além da submissão da mesma à crítica do auditório, simulando uma etapa importante do trabalho do cientista: a exposição de suas conclusões à avaliação da comunidade científica. Isso é destacado pelo professor-coordenador, quando anuncia, no início do curso, que os participantes devem se preparar para, ao final, apresentar seu trabalho num “congresso científico”.

Os cursistas aprendem que não precisam temer ou evitar a crítica, pois a ciência precisa desta para ser validada. Com isso vai se desmontando o estereótipo de que a produção científica é uma verdade inquestionável.

Após esta visão geral do Curso de Férias, descrevo a seguir os critérios e a metodologia usada na pesquisa.

---

<sup>60</sup> Segundo Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005), na perspectiva da retórica, o auditório é definido como o conjunto daqueles que o orador quer influenciar com sua argumentação.

## 5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Mostro agora como a face empírica deste trabalho foi desenvolvida. Se no capítulo anterior apresentei o Curso de Férias como o objeto da pesquisa, a etapa de Castanhal representa o *lócus*. Além de apresentar as duas edições que acompanhei, especifico como ocorreu a constituição dos dados por meio de videograções. Na sequência, abordo a metodologia de análise adotada, incluindo o referencial teórico que a justifica.

### 5.1 O CURSO EM CASTANHAL (PA) E A CONSTITUIÇÃO DOS DADOS

Como objeto desta pesquisa, foram acompanhadas as edições X e XI do Curso de Férias “Forma, função e estilo de vida dos animais”, realizadas na cidade de Castanhal (PA), no período de 31 de janeiro a 4 de fevereiro e de 7 a 11 de fevereiro de 2011.

Localizada a 68 quilômetros da capital Belém e figurando como uma espécie de metrópole da região nordeste do Pará, Castanhal tem a quinta maior população do Estado, com mais de 173 mil habitantes, e a oitava maior economia paraense<sup>61</sup>. Trata-se de uma cidade polo, centralizadora de serviços de saúde e educacionais, que em função disso atrai moradores de diversos outros municípios.

Nestas duas edições, o Laboratório de Neurodegeneração e Infecção do Hospital Barros Barreto da Universidade Federal do Pará – UFPA, promotor do curso, contou com a parceria da Faculdade de Pedagogia da UFPA/Castanhal, através do Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão “Formação de Professores de Ciências”, coordenado pelo prof. João Malheiro.

As atividades foram realizadas no então Centro de Diagnóstico Veterinário da UFPA/Castanhal, com quatro horas pela manhã e quatro horas à tarde, somando um total de 40 horas-aula por semana de curso.

Cada uma das turmas teve cerca de 35 cursistas, sendo 25 alunos e 10 professores de instituições de ensino públicas, de Castanhal e municípios próximos. Entre os alunos, havia estudantes do último ano do ensino fundamental, do ensino médio e de cursos de graduação do campus da UFPA/Castanhal. Entre os docentes,

---

<sup>61</sup> Baseado nas estatísticas municipais 2012 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

professores de ciências do ensino fundamental e professores de biologia, química, física e matemática do ensino médio.

Os cursistas foram divididos em grupos de 4 a 6 participantes. Nas duas semanas de evento, constituíram-se um total de 12 conjuntos, sendo quatro de professores (que identifiquei como G1 a G4) e oito de alunos (G5 a G12). O critério de separar professores de alunos se justifica em função da abordagem diferenciada com cada um desses públicos. Outros critérios usados foram faixa etária, série cursada ou disciplina ministrada.

Os dados empíricos da pesquisa foram constituídos por meio das videograções<sup>62</sup> que realizei. Estas foram planejadas para permitir observações controladas e sistemáticas, de modo a torná-las válidas e fidedignas, como convém a uma investigação científica (CARVALHO, 2006).

Diante da limitação de recursos para acompanhar todos os grupos separadamente, as socializações foram definidas como o momento oportuno e prioritário para constituir os dados que me permitissem avaliar o discurso dos participantes e identificar se/como eles desenvolvem o padrão de raciocínio que, segundo Lawson, acompanha os passos da pesquisa científica.

Como em cada semana de curso foram realizadas duas socializações, acompanhei quatro socializações, com cerca de 02 horas de gravação cada. Gravei também as atividades de abertura do evento, desenvolvidas com a turma completa.

Ao longo das duas edições, acompanhei, na íntegra, as atividades de dois grupos de participantes: um de alunos na primeira semana; e um de professores na semana seguinte, representando os dois públicos do curso. A seleção ocorreu de forma aleatória no momento da formação dos grupos, uma vez que a intenção era ter uma amostra inespecífica dos participantes, considerando a proposição de que o padrão de raciocínio hipotético-dedutivo é universal, está presente em todas as pessoas a partir da adolescência. Além de gravar todas as atividades desses dois grupos, acompanhei-os como observador participante.

---

<sup>62</sup> Antes de iniciar as gravações, fui apresentado às turmas pelo professor-coordenador do curso. Após explicar aos participantes quais eram os objetivos da pesquisa, pedi a estes que lessem e assinassem o formulário de autorização, caso concordassem, para uso de suas imagens/falas na análise dos dados, bem como para a possível utilização de trechos das filmagens em eventos científicos. Os alunos menores de idade tiveram o documento assinado pelos pais.

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), observador participante é o pesquisador que, para recolher os dados, se aproxima e convive com seu objeto de estudo, seja um grupo, comunidade, programa ou atividade. Já observar, segundo Queiroz *et al.* (2007), significa aplicar atentamente os sentidos a um objeto para dele adquirir um conhecimento claro e preciso.

A observação torna-se uma técnica científica a partir do momento em que passa por sistematização, planejamento e controle da objetividade. O pesquisador não está simplesmente olhando o que está acontecendo, mas observando com um olhar aguçado em busca de certos acontecimentos específicos. Queiroz *et al.* (2007) acrescentam que a principal vantagem da observação está relacionada com a possibilidade de se obter a informação na ocorrência espontânea do fato.

A decisão de acompanhar e gravar as atividades desses dois grupos visou garantir material auxiliar para o caso de ser necessário dirimir dúvidas e esclarecer pontos não claramente relatados pelos cursistas durante as socializações. Além de poder servir de parâmetro para conferir a adequação dos relatos, porque, como destacam Queiroz *et al.* (*idem*), nem sempre os sujeitos falam de conformidade com seus comportamentos.

Ao fazer pessoalmente a transcrição do material videogravado, tive a oportunidade de rever várias vezes os relatos e observar detalhes que passariam despercebidos, caso fosse apenas ler a transcrição feita por terceiros, principalmente em relação ao tom de voz e linguagem gestual, essenciais para a compreensão dos contextos em que as falas foram produzidas (CARVALHO, 2006).

Seguindo parâmetros propostos por Bogdan e Biklen (1994), esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, uma vez que os dados constituídos são essencialmente descritivos. Entre as características da pesquisa qualitativa destacadas pelos autores estão: a fonte é o ambiente natural onde o fenômeno ocorre, com as ações acompanhadas e registradas na hora em que acontecem; o pesquisador é elemento fundamental na constituição dos dados; os métodos e instrumentos de coleta incluem videograções, observação participante, entrevistas, análise de documentos e outras.

## 4.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

Os dados analisados foram extraídos prioritariamente das socializações feitas por todos os grupos participantes durante os dois seminários realizados no Curso de Férias, em Castanhal (Pa), em fevereiro de 2011. São falas e discursos que reproduzem raciocínios e argumentos construídos pelos cursistas.

A partir de ampla revisão bibliográfica, Parente (2012) destaca que a análise do discurso tem sido cada vez mais valorizada em pesquisas relacionadas ao ensino de ciências, em especial às práticas investigativas. Isso porque há o entendimento de que o engajamento dos estudantes em processos dialógicos e argumentativos favorece a produção do conhecimento científico.

Buscando responder à questão se/como os alunos do curso desenvolvem o padrão de raciocínio de Lawson, organizei a análise do material em duas etapas.

Na primeira, avalio a dinâmica das atividades desenvolvidas ao longo do curso, visando compreender o seu contexto geral e como este influencia na construção de raciocínios e na argumentação dos cursistas. Nesta etapa, faço uso de recortes (trechos) das duas socializações de todos os grupos (do G1 ao G12). Para isso, uso um quadro simples, indicando na primeira linha o grupo e a socialização de onde o recorte foi extraído (considerando que as socializações representam momentos diferentes vivenciados pelos participantes). Abaixo desse cabeçalho, registro o orador e o discurso. Há casos em que os recortes incluem diálogos (turnos de conversação), mas como a análise é do trecho inteiro e não de subtrecos, não vi necessidade de numerar esses turnos.

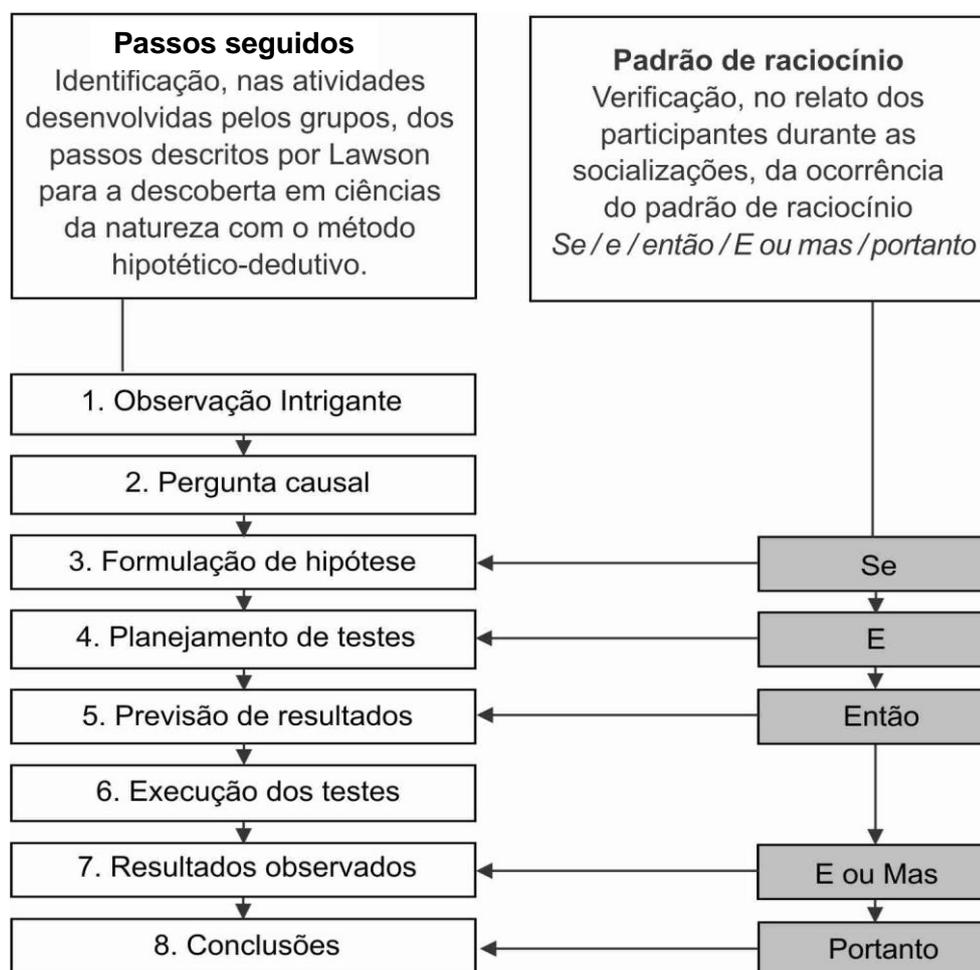
Na segunda etapa, analiso finalmente a questão do padrão de raciocínio. Para esse estudo, utilizei somente o material referente às socializações dos dois grupos que acompanhei, um de professores (G1) e um de alunos (G5). É aqui que recorro também ao material adicional gravado durante as atividades destes grupos.

O G1 fez três experimentos completos. O G5 fez quatro. Me debrucei sobre os dois primeiros problemas trabalhados por cada um desses grupos e o estudo se mostrou suficiente para me permitir tirar conclusões referentes à pergunta levantada. Considerei que analisar os demais problemas/experimentos redundaria em saturação dos dados, não acrescentando novas informações relevantes aos objetivos propostos.

Como o padrão de raciocínio descrito por Lawson só existe em função dos passos percorridos ao longo da pesquisa científica, primeiramente faço a identificação de quais desses passos os participantes seguem. Na sequência, considero se os cursistas, ao desenvolverem essas atividades, o fazem em conformidade com o padrão *se / e / então / e ou mas / portanto*.

Na figura 16 a seguir, apresento o esquema adotado nesta etapa de análise.

Figura 16 – Esquema de análise para o padrão de raciocínio dos grupos



Fonte: produzido com base em Lawson (2002, 2004)

Represento os passos do método hipotético-dedutivo que os participantes do Curso de Férias seguem a partir da identificação de falas denotando ações indicativas dessas etapas. Mas, como nem sempre os grupos relatam explicitamente a realização de determinado passo, lanço mão também de outros discursos ou da interpretação do contexto em que o experimento foi desenvolvido.

Este é um recurso válido, porque, como menciona Orlandi (2009), existe um discurso não-dito possível de ser “ouvido” naquilo que o sujeito torna manifesto no contexto geral da comunicação: no que ele já falou de outro modo, em outro momento ou lugar, e que constitui igualmente o sentido de suas palavras. A autora destaca que discurso é muito mais do que a fala, do que o verbalizado – “a incompletude é a condição da linguagem: nem os sujeitos nem os sentidos, logo, nem o discurso, já estão prontos e acabados” (ORLANDI, *idem*, p. 37).

Assim fundamentado, identifico esses discursos não-ditos também a partir das observações que fiz na condição de observador participante. Quando isso ocorre, o discurso subentendido é registrado no quadro de análise e devidamente justificado no comentário.

Para verificar a ocorrência do padrão de raciocínio *se / e / então / e ou mas / portanto*, utilizo o recurso de construção de paráfrases, a exemplo do que Lawson fez a partir dos relatos de Galileu e Alvarez (LAWSON, 2002, 2004).

De acordo com Hilgert (1995), a paráfrase é uma atividade linguística de reformulação textual, um enunciado que reconstrói outro anterior, mantendo com este uma relação de equivalência. Pode ser feita pelo próprio orador ou por um interlocutor. Quase sempre o objetivo é esclarecer, ampliar, ajustar ou ressignificar o que foi dito.

Também nesta abordagem sobre o padrão de raciocínio, vez por outra, será necessário usar o recurso da indicação de um discurso não-dito, mas que foi expresso de outra maneira ou em outro momento.

Antecedendo as análises referentes à produção de cada grupo, apresento o perfil dos membros, caracterizando a sua composição.

Para organizar os discursos analisados, uso quadros com os seguintes cabeçalhos.

Nº do Recorte	Discursos	Passos seguidos
---------------	-----------	-----------------

Nº do Recorte	Discursos	Paráfrase do padrão de raciocínio
---------------	-----------	-----------------------------------

A numeração à esquerda se mostrou necessária porque a análise se dá ponto a ponto, a partir de recortes do discurso. Não se trata, necessariamente, da ordem em que as falas aconteceram durante a socialização.

Na coluna à direita, está a correspondência dos discursos numerados com os passos seguidos ou padrão de raciocínio. E, na coluna central, apresento os trechos selecionados dos discursos.

Os recortes foram extraídos das duas socializações. Por isso, sempre ao final de cada quadro, indico que discursos são da primeira ou segunda socialização.

Priorizei usar só um recorte de fala para cada passo da pesquisa e para cada elemento do padrão de raciocínio, separando-os por linhas. Às vezes, precisei, porém, recorrer a recortes de socializações diferentes para uma mesma etapa. Neste caso, mantive-os em linhas separadas para poder informar a origem da fala.

Há recortes que são constituídos de diálogos e preferi não separá-los por turnos para manter a informação de que é um trecho de uma mesma socialização. A numeração, inclusive, ajuda a identificar que os discursos correspondem ao mesmo recorte, compondo uma unidade.

Os oradores foram assim identificados: professores e alunos cursistas são nominados com letras do alfabeto; professor-coordenador, monitores e observador-participante. Este último refere-se às minhas intervenções, quando apresento alguma informação necessária pra preencher uma lacuna dos discursos não verbalizados.

Além das falas, registro ainda gestos ou ações relevantes para o entendimento dos discursos, usando os seguintes sinais.

- (...)
- Indica a supressão de um trecho da fala do orador.
- [ xxx ]
- Texto entre colchetes corresponde à interpolação para indicar palavras ou frases usadas pelos sujeitos momentos antes do trecho em questão, ou ainda complementos necessários ao entendimento do discurso.
- ( xxx )
- Texto entre parênteses é usado para indicar o significado de certas expressões usadas pelos participantes. Exemplo: fiozinho branco (nervo). E ainda para indicação de gestos e ações, neste caso com o texto em itálico.

Apresentada a metodologia, passo, no capítulo seguinte, à análise dos dados constituídos durante a fase empírica desta pesquisa.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Apresento agora o resultado de duas semanas acompanhando, detalhe a detalhe, o Curso de Férias em Castanhal (PA), em sua X e XI edições.

Antes de avaliar a forma de ocorrência do padrão de raciocínio de Lawson, objetivo principal desta pesquisa, avalio alguns pontos fundamentais para a compreensão do contexto geral que estimula a construção de raciocínios ao longo do curso, focando os processos de pesquisa vivenciados pelos participantes.

### 6.1 PROCESSOS DE PESQUISA VIVENCIADOS NO CURSO

Uma das primeiras atividades do Curso de Férias é a exibição de um vídeo<sup>63</sup> que conta a história real de um garoto de nove anos vítima de um acidente típico da Amazônia: enquanto caminhava, foi atingido na cabeça pela queda de um ouriço de castanha-do-pará, que pesa cerca de 1,5 kg. Ele sofreu traumatismo cranioencefálico, com várias consequências<sup>64</sup>.

Como seu objetivo é apresentar a metodologia didática usada no curso, o vídeo cumpre o papel de organizador prévio, conforme a teoria ausubeliana (MOREIRA, 2006), ajudando os cursistas a construir o conceito de Aprendizagem Baseada em Problemas.

Explica-se aos cursistas que a ABP é utilizada em disciplina de curso superior da área de saúde e que o vídeo é usado para estimular os universitários a fazerem estudos para solucionar o problema apresentado.

O que se pede aos participantes é que, assim como os estudantes universitários partem de uma situação real, eles também devem fazer o mesmo: buscar situações de sua vida cotidiana para formular uma questão-problema que dará início às suas atividades de pesquisa.

---

<sup>63</sup> Intitulado “Levanta-te e anda”, o filme é uma produção da equipe do Laboratório de Investigações em Neurodegeneração e Infecção da Universidade Federal do Pará. Com uma trilha sonora emotiva, o caso é apresentado de forma sensível: o garoto não é apenas um número de prontuário, ele tem família, amigos, sonhos. Essa abordagem objetiva despertar o envolvimento dos universitários dos cursos de saúde em se empenhar na busca por uma solução.

<sup>64</sup> O garoto apresentava um quadro de triplégia, com paralisia do braço esquerdo e pernas, sinal de Babinsky positivo e diminuição da força de sustentação da cabeça. O fato ocorreu em fevereiro de 2007, no município Vigia de Nazaré, no nordeste paraense.

➤ **Desafios na formulação da questão-problema**

Acostumados à tradição de uma aula ser iniciada com o professor anunciando sempre o assunto a ser estudado, os participantes apresentaram certa dificuldade para elegerem eles próprios um tema de estudo. Formular esta pergunta inicial foi o momento mais difícil para todos, incluindo não só os cursistas alunos, mas também os cursistas professores, como demonstram as falas abaixo.

GRUPO DE PROFESSORES G2 (socialização 1)
<b>Professor A:</b> A ideia inicial era pensar uma pergunta para a partir daí a gente explorar, trabalhar realmente. Mas, como todo mundo, primeiro a gente teve uma certa discussão e a pergunta não veio, a gente ficou meio perdido como os outros (...)
<b>Professora B:</b> A gente identificou que o mais doloroso do processo de investigação é delimitar o objeto e a seleção da pergunta. Porque, uma vez selecionado o objeto e sido eleitas as perguntas, progredir no experimento é bem menos doloroso, porque a gente matou a dúvida cruel, inicial, o que trabalhar.

O grupo acima acabou escolhendo a pergunta com base somente na disponibilidade do acervo de animais do curso e decidiu investigar a ligação do movimento do corpo com o cérebro, fazendo comparação anatômica de três espécies diferentes e depois realizando testes com camundongos.

Os outros três grupos formados por docentes conseguiram partir de situações extraídas de seu cotidiano: um decidiu investigar a questão do alcoolismo, se este afeta a memória; outro optou por investigar a percepção de sabores; e o quarto investigou o efeito do estresse sobre a memória, relatando com mais detalhes as situações que os inspiraram neste rumo de investigação, como demonstra o recorte a seguir.

GRUPO DE PROFESSORES G4 (socialização 1)
<b>Professora A:</b> (...) e aí surgiram várias ideias. Por exemplo, um colega queria saber uma forma que ele pudesse tá contribuindo com os seus alunos (...) na hora que os alunos têm que vir aqui pra frente expor alguma coisa aí o negócio complica. (...) Uma outra ideia, outra curiosidade: por que, falando agora pessoalmente, em algumas situações de estresse eu bloqueio, acontece aquele verdadeiro branco e aí o que fazer? (...) E, por último, uma companheira disse o seguinte: eu tô preocupada porque eu percebo que no decorrer dos anos eu estou esquecendo as coisas muito fáceis (...) E a gente pode unificar, condensar tudo e surgir uma única pergunta (...). Foi daí que resolvemos partir do seguinte: quais são os fatores que interagem para uma boa memorização?

A maioria dos grupos de alunos, por sua vez, não conseguiu fazer a pergunta inicial vinculada a alguma curiosidade de seu cotidiano. Eles resolveram a dificuldade em eleger um assunto escolhendo um problema inspirado no filme do garoto que sofreu o traumatismo cranioencefálico: ou seja, questões ligadas aos sistemas nervoso e locomotor, como revela o quadro a seguir.

Quadro 02 - Problemas elaborados e trabalhados pelos 12 grupos de participantes

Grupos		Problemas
<b>P R O F E S S O R E S</b>	G1	- O álcool afeta a aprendizagem e a locomoção dos camundongos? - O camundongo possui memória espacial? - O camundongo possui memória olfativa?
	G2	- Existe relação entre o sistema locomotor do animal e o cérebro dele?
	G3	- O camundongo distingue sabores e tem preferência por amargo, doce, azedo ou salgado? - Qual o sentido mais utilizado pelo camundongo, além do paladar, para detectar os sabores: o olfato ou a visão?
	G4	- Quais os fatores que interagem para uma boa memorização? - O camundongo memoriza e aprende em situações de estresse?
<b>A L U N O S</b>	G5	- O que é o sistema nervoso e onde ele se localiza? - Os nervos (fiozinhos brancos) estão ligados ao movimento? - Como é o coração e qual o seu formato? - Por que o lado esquerdo do coração tem parede mais grossa e está ligado ao cano mais grosso? - Há diferença no sangue bombeado por cada lado do coração?
	G6	- O que compõem o sistema locomotor e como este funciona? - O sistema locomotor está relacionado com o sistema nervoso?
	G7	- Por que o impacto na cabeça causa perda de movimento em algumas partes do corpo? - Os pulmões de diferentes espécies de animais são iguais? - Como o ar chega ao pulmão?
	G8	- O camundongo tem memória espacial e de objetos? - O camundongo tem memória de estímulo aversivo?
	G9	- Qual a parte do cérebro afetada num acidente causa perda de movimento? - Os camundongos recuperam os movimentos quando afetados por uma lesão no cérebro?
	G10	- A memória é afetada quando o camundongo está sob estresse? - Os camundongos têm níveis de agitação diferentes antes e depois de estresse?
	G11	- O que é o sistema nervoso e o que faz parte dele? - O que faz parte do sistema locomotor? - O que produz o movimento nas articulações?
	G12	- Como é a circulação no encéfalo? - Uma lesão parcial no cerebelo do camundongo compromete seu sistema locomotor?

Fonte: produzido a partir dos dados registrados nas videograções

Dos oito grupos de alunos, cinco investigaram as ligações diretas entre o sistema nervoso e o locomotor (G5, G6, G7, G9 e G11); dois investigaram o sistema nervoso, mas com questões ligadas à memória (G8 e G10). Apenas um grupo (G12), formado por universitários do curso de veterinária, começou investigando outro sistema biológico: o circulatório. Mas acabou pesquisando também a vinculação cérebro/sistema locomotor, sendo mais específicos ao focar o cerebelo.

De acordo com Diniz (entrevista, 2012), o fato de a maioria dos alunos cursistas não formular, inicialmente, questões vinculadas a curiosidades extraídas de suas experiências pessoais é uma situação que tem se repetido em outras edições do curso. Ele comenta: “não investigamos isso em detalhe, mas a nossa impressão é de que a escola formal esteriliza a curiosidade ao estimular em larga escala a memorização”.

Ao perceber esta dificuldade em si mesmos, os professores cursistas revelam preocupação e angústia, como aparece nas falas citadas anteriormente dos docentes A e B do grupo G2 – *“a gente ficou meio perdido”, “o mais doloroso do processo de investigação é (...) a seleção da pergunta (...), a dúvida cruel”* –, demonstrando reconhecer a importância para a construção do conhecimento de perguntas que tragam em si uma curiosidade própria (BACHELARD, 1938, apud CACHAPUZ et al, 2011; LAWSON, 2004, 2005).

Sentindo também a dificuldade de levantar uma questão, mas sem vivenciar o dilema identificado pelos professores, os alunos simplesmente são motivados pelo que lhes foi apresentado no filme, como aparece na fala abaixo.

GRUPO DE ALUNOS G7 (socialização 1)
<b>Aluno A</b> - A gente sentou para conversar e jogar as perguntas ( <i>brainstorming</i> ). Então, nós escolhemos a seguinte pergunta: por que o impacto na cabeça causa perda de movimento em alguns membros do corpo? (...)

Eles são envolvidos pelo drama do menino do filme, que perdeu os movimentos de um braço e pernas. Então, é uma curiosidade válida, pois serve de estímulo ao exercício de levantar perguntas, essencial não só para a pesquisa científica, mas também ao aprendizado em geral.

Segundo Cachapuz *et al* (2011), os problemas, ainda que não formulados pelos próprios alunos, mas assumidos como seus, cumprem a importante função de motivação intrínseca – ou curiosidade epistemológica (SCHMIDT, 1993).

Vale lembrar que, de acordo com Schmidt (1993), a curiosidade epistemológica também é motivada pelo trabalho em grupo, graças ao debate e à troca de impressões. Por isso, à medida que os participantes do Curso de Férias vão desenvolvendo suas atividades, ficando mais enturmados e trocando ideias, as curiosidades espontâneas vão surgindo. A manipulação dos animais do acervo proporciona também oportunidades para observações intrigantes, que segundo Lawson (2004, 2005) são o estopim de toda investigação científica.

Os grupos G5 e G7, por exemplo, concluíram suas primeiras investigações sobre o tema inicial e depois partiram para assuntos diferentes: o G5 se interessou pelo sistema circulatório, ao perceber em um animal formolizado que um lado do coração é maior do que o outro, e fez experimentos para saber o porquê, constatando que há dois tipos de circulação. O G7, por sua vez, depois de comparações anatômicas do pulmão de diferentes espécies, se interessou pelo sistema respiratório das aves, fazendo estudos com uma galinha.

Abro aqui um parêntese: o fato de suas perguntas iniciais serem vinculadas ao caso do garoto do filme e as perguntas seguintes surgirem das observações ao longo das atividades seriam um indicativo de que os alunos ainda estão operando predominantemente no modo operatório-concreto? De acordo com Piaget (2010b), a fase do operatório-formal é atingida na adolescência, mas estudos indicam que esta precisa ser incentivada com atividades que estimulem o raciocínio (LAWSON e WOLLMAN, 2003).

Retornando à questão da curiosidade epistemológica, este é um dos pontos altos do Curso de Férias: despertar o interesse e o desejo dos cursistas em saber mais. Quando surge uma observação intrigante ou a necessidade de se elucidar uma dúvida para resolver o problema inicial, novos testes são planejados e executados. O recorte abaixo mostra uma observação que gerou nova pergunta.

GRUPO DE ALUNOS G11 (socialização 1)
--------------------------------------

<p><b>Aluno F</b> - (...) E o que chamava bastante atenção nesse macaco é que tanto as partes dos membros inferiores e superiores dele tinha um membro que tinha toda a sua estrutura muscular e outro não, tinha apenas ossos e uns fios amarrados nesses ossos. Aí surgiu [sic] algumas perguntas, o que seriam aqueles fios, o que eles estavam representando ali? (...) a gente foi ver que aqueles fios representavam na verdade os músculos (...) Quando a gente fez o movimento de flexão, a gente percebeu que alguns fios ficavam assim bastante esticados e os outros não, eles ficavam frouxos.</p>
--

Conforme relatado no quadro 02 (lista de problemas), o grupo G11 tinha feito uma pergunta descritiva: “o que faz parte do sistema locomotor?” E durante a observação do macaco, os participantes formularam nova questão-problema: “o que produz o movimento nas articulações?” Para as duas perguntas, eles foram estimulados a apresentar hipótese e a fazer testes para confirmá-las.

Portanto, as perguntas listadas não foram feitas todas de uma vez: a primeira pergunta marca o início das investigações. As outras foram surgindo em sequência. Cada uma corresponde a um problema investigado com determinado desenho experimental e cuja pesquisa foi concluída.

Assim, a maioria (07 grupos) concluiu dois experimentos; três grupos concluíram três experimentos; um grupo finalizou cinco investigações; e outro respondeu apenas a uma pergunta – o grupo de professores G2, que demorou a definir o objeto de pesquisa. Apesar de ser uma pergunta apenas, o G2 seguiu um desenho experimental com várias etapas: comparação e dissecação anatômica e testes com camundongos.

Fora os problemas listados, alguns grupos chegaram a iniciar outras pesquisas em busca de respostas para novas questões levantadas. Mas em função do tempo de uma semana, não puderam concluí-la. Foi o caso do grupo de professores G3, que, após confirmar que os camundongos usam mais o olfato para detectar sabores, quis testar a memória desses animais em relação ao local onde estava o sabor preferido. O relato a seguir mostra isso.

GRUPO DE PROFESSORES G3 (socialização 2)
--

<p><b>Professora D</b> - E após esse experimento que a gente definiu que eles utilizam o olfato, tentamos fazer o teste da memória pra verificar a localização. E pra isso, a gente fez uma pequena troca. Vocês podem ver aí (<i>aponta foto no slide</i>), que, onde estava o salgado, nós colocamos o doce, onde estava o doce nós colocamos o salgado. Invertemos só a posição desses dois, que são os mais procurados, e o doce é o preferido, né. Aí, né, pela falta de tempo, nós não tivemos assim uma resposta concreta sobre a memória, pois foram feitas somente duas sessões e não foi o suficiente.</p>
--

A situação vivenciada pelo grupo de alunos G5 também foi parecida. Além de constatar que um lado do coração é maior porque responde pela circulação para todo o corpo e o outro lado leva o sangue apenas para o pulmão, o grupo quis saber se havia diferença entre esses dois tipos de sangue. Depois dessa investigação, levantou mais uma questão, como se vê no discurso a seguir, revelando um desejo de “quero mais”.

GRUPO DE ALUNOS G5 (socialização 2)
<b>Aluno C</b> - No microscópio a gente observou que tinha algumas bolinhas no sangue (...) no lado esquerdo da lâmina tinha umas bolinhas mais cheias e mais claras, e do lado direito tinha umas bolinhas mais escuras e mais murchas (...). Aí outra pergunta: se isso aí está relacionado com o que a gente come (...). Aí a gente levantou uma hipótese que o sangue leva nutrientes para todo o corpo. Só que a gente, não deu para saber realmente se o que o camundongo come vai para o sangue, não deu tempo pra gente saber, porque não deu para a gente fazer o teste que a gente pensou.

O dado evidencia que a ABP estimula o hábito de perguntar (LEITE e ESTEVES, 2005; DECKER e BOUHUIJS, 2009).

A ênfase no aprendizado pela investigação para solucionar problemas é outra característica que aponta para a semelhança da ABP no Curso de Férias com a *Aprendizagem como Investigação* de Cachapuz *et al* (2011). Vale lembrar que, segundo Mizukami (2011), este é um dos princípios da abordagem cognitivista piagetiana: atividades de investigação devem ser feitas pelo próprio aluno, porque é através delas que se formam novas operações mentais.

Durante o curso, os participantes, de vez em quando, são confrontados com desafios investigativos paralelos, outro recurso usado para aguçar-lhes a curiosidade. Por exemplo, no diálogo abaixo, também envolvendo o grupo G5, o professor-coordenador pergunta ao aluno B o porquê da aplicação de formol para conservação dos animais.

GRUPO DE ALUNOS G5 (socialização 1)
<b>Aluno B</b> – (...) foi usada uma solução salina e formol.
<b>Professor-coordenador</b> - Pra que o formol?
<b>Aluno B</b> - O formol serve pra enrijecer o músculo, todos os órgãos e tecidos, serve também para que ele não se degrade.
<b>Professor-coordenador</b> - Você se lembra que eu pedi pra você olhar na internet (...) E o que é que você concluiu dessa pesquisa?
<b>Aluno B</b> – (...) O formol é aplicado para que possa se espalhar por todo o organismo e, mais do que isso, pra ver se conserva ele.
<b>Professor-coordenador</b> - Mas como conserva, você sabe?
<b>Aluno B</b> - Pois é, essa parte eu procurei muito na internet, mas não encontrei ( <i>risos</i> ).
<b>Professor-coordenador</b> - Você tá me devendo isso, eu vou lhe cobrar.

O adolescente aceitou o desafio e na socialização seguinte, já tinha a resposta, inserida naturalmente no meio da apresentação.

GRUPO DE ALUNOS G5 (socialização 2)
<b>Aluno B</b> – (...) nesse processo foi utilizado o formol. E agora, respondendo à pergunta do prof. Cristovam e a expectativa de todos, o formol é utilizado porque ele reage com certas proteínas presentes nos tecidos, chamadas proteínas teciduais albuminoides. Quando ele reage com essas proteínas, o resultado é uma extrema rigidez desses tecidos (...)

Em outras situações, o professor-coordenador lança uma pergunta para acompanhar os participantes após o curso, como no exemplo a seguir.

GRUPO DE ALUNOS G9 (socialização 2)
<b>Aluna C</b> - A pergunta que o Sr. fez foi por que uma pessoa que é afetada [no cérebro] consegue recuperar os movimentos e na coluna não. Vou responder. Assim: quando ela é afetada no cérebro, a coluna continua intacta, então tende a recuperar o movimento com fisioterapia. E na coluna não, porque ela quebra, ela separa uma da outra. Então, a pessoa consegue ficar com movimento aqui ( <i>toca nos braços</i> ) e com esse não ( <i>toca nas pernas</i> ). E com a fisioterapia, ela pode sim voltar com os movimentos, mas é quase improvável, só com muitas e muitas, como o Sr. falou, pra ver se volta.
<b>Professor-coordenador</b> - Mas tem mais uma coisa: além disso que você falou, o cérebro, dentro da caixa no crânio, se comporta em relação à lesão muito diferente da medula. A razão pra isso, que eu não vou dizer naturalmente, está na diferença de como as células da medula reagem em comparação com o cérebro. Quando eu me encontrar com vocês de novo, eu vou querer saber o que é que as células da medula fazem de diferente que não deixa o camundongo recuperar os movimentos e, lá no cérebro, porque as mesmas células se comportam de uma maneira que permite que a fisioterapia seja benéfica, muito mais do que na medula. Eu venho a Castanhal algumas vezes e, se eu encontrar vocês no supermercado, eu vou perguntar.

Para a coordenação do curso, a expectativa é que as perguntas sem resposta mantenham vivo o estímulo para que os cursistas continuem a busca pelo conhecimento. Assim, os principais objetivos do curso são cumpridos: a semente da curiosidade epistemológica é plantada, a atitude de questionar e levantar perguntas é promovida e o despertar do interesse científico também é motivado.

### ➤ **Conhecimento procedimental X conhecimento conceitual**

Outro aspecto do curso que merece análise é a orientação para que os participantes façam o exercício temporário de “esquecer” as informações aprendidas

somente pelos livros didáticos. O comando é dado com o intuito de promover a reflexão de que, hoje em dia, os livros tendem a ficar desatualizados rapidamente diante da velocidade com que surgem novas informações, requerendo uma atitude de questionamento e busca permanentes (MEIS, 2009).

Também é propósito desta solicitação desenvolver a habilidade dos cursistas em planejar meios de confirmar a informação, criando oportunidades didáticas para que estes vivenciem o método experimental. Na apresentação introdutória, eles são informados pelo professor-coordenador: “durante esta semana, vocês vão deixar o livro didático e vão produzir o seu próprio conhecimento através da experimentação”.

A orientação parece seguir o pensamento de Meis (2009), segundo o qual, para assimilar o novo sem preconceitos, às vezes é preciso esquecer parte do que se aprendeu, embora esta seja uma substituição difícil quando o apego ao que já sabemos é grande. Possivelmente, este foi um dos motivos para o grupo de professores G2 ter apresentado dificuldade em formular a pergunta que daria início a sua pesquisa, como se depreende da fala abaixo.

GRUPO DE PROFESSORES G2 (socialização 1)
<p><b>Professor A</b> - A pergunta central do nosso trabalho foi essa: o que é que origina o movimento. A resposta imediata de todos nós, na hora, foi: lógico é o cérebro quem envia os sinais e a partir daí o sistema nervoso faz o seu trabalho de enviar o movimento aos membros, no caso. Isso é fácil de falar, vamos provar isso, então. A primeira coisa que a gente pensou para provar isso foi analisar três animais diferentes, de três classes diferentes. A gente analisou um réptil, uma ave e um mamífero. A gente foi analisar o cérebro deles, se existia alguma ligação entre o cérebro e as demais partes do corpo que pudesse dar essa ideia, um indicativo de que realmente tinha alguma coisa a ver. Então, a gente abriu os três animais e percebeu que o cérebro ele tem uma ligação...</p>
<p><b>Professor-coordenador</b> - Você já sabe que o que estava vendo se trata do cérebro?</p>
<p><b>Professor A</b> - Quer dizer uma massa. Correção: a gente não sabe se é o cérebro. A gente abriu a cabeça dos animais e encontrou lá uma massa esbranquiçada que a gente acredita ser o cérebro. Hoje, a gente tá sem certeza de nada na verdade (<i>risos</i>).</p>

Eles formularam a questão sobre quem comanda os movimentos do corpo, mas ressaltaram que a resposta era “lógica”, evidenciando dependência das informações tidas como verdades inquestionáveis. Vejo aí dificuldade em fazer o exercício de duvidar do óbvio e questionar o que já está “normalizado”, atitude fundamental no aprendizado, em outros aspectos da vida e na pesquisa científica (FREIRE, 1988; MEIS, 2009; CACHAPUZ *et al*, 2011).

De fato, esta não é uma atitude fácil. Na verdade, trata-se de um “exercício duro”, segundo as palavras do professor-coordenador aos participantes, pois o comportamento aprendido no modelo de ensino propedêutico é aceitar tudo o que a escola ou o livro didático ensinam sem questionamentos.

A frase “hoje, a gente tá sem certeza de nada na verdade”, dita em tom de brincadeira pelo professor que está relatando as atividades do grupo G2, pode ser um indício da crença de que o docente tem a obrigação de saber tudo do assunto que está sendo abordado e não saber é motivo de piada.

O diálogo revela também a dificuldade do professor em atender a outro comando da coordenação do curso: o de não nomear estruturas anatômicas pelos nomes científicos quando a informação for baseada somente no livro didático, sem que o experimento a tenha confirmado ou outras fontes tenham sido consultadas. O mesmo vale para os fenômenos observados. A proposta é que os cursistas retirem o máximo de informação do próprio experimento e de pesquisas paralelas.

Como destaca Malheiro (2009), os participantes são orientados a não se preocupar com o nome científico dos órgãos, podendo usar a criatividade para descrevê-los. Daí lançarem mão de muitas comparações e metáforas, usando expressões como “cordinha” e “fiozinho branco” para se referir a nervos e tendões, por exemplo, ou “massa avermelhada” para músculo. Os cursistas alunos usam este recurso com muito mais naturalidade e frequência.

Mas, independente do fato de o professor parecer se sentir desconfortável no exercício de suspender temporariamente informações que julga como verdades, outra questão pode ser levantada: é que talvez o conceito de cérebro seja um conceito “cotidiano”, segundo a definição de Vygotsky (OLIVEIRA, 1992), incorporado aos esquemas conceituais tal como braço, cabeça, coração, pulmão. Neste caso, questionar a compreensão deste conceito no seu nível básico (uma massa que fica dentro da cabeça) seria plantar um conflito cognitivo desnecessário, como mencionam Cachapuz *et al* (2011).

Mesmo que antes da reconstrução do conhecimento os cursistas só possam descrever as estruturas anatômicas e fenômenos usando metáforas e comparações, à medida que eles confirmam a informação através do experimento ou outras fontes, o termo pode e deve ser incorporado, passando, a partir de então, a ser aceito nas argumentações, como exemplificado no diálogo a seguir.

GRUPO DE ALUNOS G6 (socialização 1)
<b>Aluno A</b> – (...) A dúvida do grupo era se quem fazia a tração dos membros, se era o músculo ou se era cordinha...
<b>Professor-coordenador</b> - que vocês já confirmaram que era o tendão?
<b>Aluno A</b> - É. Observou-se que o músculo era quem se retraía, o tendão apenas acompanhava essa movimentação do músculo, fazendo com que esses membros se articulassem.

Ou seja, o próprio contexto possibilita ao aluno a construção de novos conceitos (no caso, tendão) e favorece a incorporação natural ao seu vocabulário. Mas nem sempre as estruturas ou fenômenos visualizados no Curso de Férias são traduzidos pelos nomes científicos, permanecendo até o final do curso o uso das metáforas, notadamente entre alunos de menor faixa etária.

Este é um indicativo de que a ênfase do curso é mais no conhecimento procedimental do que no conhecimento conceitual, o que pode favorecer a tendência apontada por Ribeiro (2008), de que a maioria dos alunos de ABP alcança um bom entendimento funcional, mas nem sempre sabe nomear as entidades ontológicas e epistemológicas em estudo, apresentando um desempenho conceitual igual ou pior que estudantes de currículos convencionais.

Analisando o Curso de Férias à luz do modelo de Lopes e Costa (1996), Malheiro (2009, p. 289) apontou o uso frequente das linguagens qualitativa e quantitativa, mas deficiência no uso da linguagem formal da ciência. Ele concluiu que os alunos conseguiam construir conceitos, embora não se dessem conta do fato, “provavelmente em virtude de não terem acesso aos nomes científicos, em função de serem orientados a relatar apenas o que estava sendo observado”.

Por outro lado, Malheiro (*idem*, p. 194) ressalta também que o fato dos participantes precisarem guardar certa distância entre suas concepções prévias e os resultados observados nas experimentações realizadas no Curso de Férias promove neles um “descontentamento com seus pré-conceitos e instiga-os a investigar como os postulados foram/são estabelecidos e aceitos”.

Portanto, promover o “estranhamento” diante do que parece familiar, o exercício da habilidade de “ad-mirar”, olhar de fora (FREIRE, 1988), é fundamental, pois só assim podemos enxergar novas dimensões da realidade até então não percebidas. Mas parece também requerer habilidade em não ignorar os conhecimentos prévios, mas sim dar-lhes novo significado.

É preciso ter em conta que o conteúdo da estrutura cognitiva não se apaga, modifica-se pela nova informação que será assimilada ou acomodada – a adaptação progressiva piagetiana (PIAGET, 2010a, 2010b; MIZUKAMI, 2011). Ou pelos subsunçores, quando o conceito novo interage com o antigo e ambos se modificam – a diferenciação progressiva ausubeliana (MOREIRA, 2005).

Lembro da experiência com o povo *Parkatêjê*, quando conheci a estratégia do *Laboratório Vivencial* (GAZZETA, 1986). Éramos orientados pelas consultoras a “congelar” determinadas informações, a fazer o exercício hipotético de “colocá-las num cesto e deixá-las de lado” até que a atividade de problematizá-las e questioná-las, considerando todas as possibilidades, nos indicasse o que fazer com elas.

Diante disso, o comando dado aos participantes para “esquecer” o que se traz de informação prévia dos livros didáticos poderia ser substituído por “colocar temporariamente em suspeição”, para se exercitar a construção do próprio conhecimento e a atitude desejável do questionamento (FREIRE, 1988). É claro que, independente de qual seja o comando, esta não é uma tarefa fácil. Mas o “esquecer” pode ser levado ao pé da letra e, possivelmente, gerar conflitos maiores.

Entretanto, como foi demonstrado no recorte da página anterior e de outros que usarei no subcapítulo a seguir, o professor-coordenador promove reflexões que ajudam na construção dos conceitos e no uso da linguagem formal, utilizando o recurso da paráfrase, em que o texto do cursista é reformulado para que este perceba o termo específico (HILGERT, 1995). No exemplo, o aluno fala de *cordinha* e é parafraseado assim: *que vocês já confirmaram que era o tendão?* Trata-se de uma demonstração do que Carvalho (2009) chama de ensinar não somente a “fazer ciências”, mas também a “falar ciências”.

Mas isso parece ser feito de forma intuitiva, não sistematizada, sem seguir uma proposta de exploração e formalização de conceitos, como no modelo de Lopes e Costa (1996) ou o apresentado por Lawson (1994). Parece falar mais alto o comando para que os participantes não nomeiem as estruturas se a informação não for confirmada pelo experimento ou em pesquisa paralela. Tanto que os monitores são orientados, conforme destaca Malheiro (2009, p. 240), “a não se preocuparem com esses detalhes”, ficando a cargo dos participantes relacionar depois o que descobriram com o conhecimento estabelecido nos livros<sup>65</sup>.

---

<sup>65</sup> Entre a edição do Curso de Férias que Malheiro acompanhou em 2006, em Oriximiná, e a edição que acompanhei em 2011, em Castanhal, algumas mudanças aconteceram, como a disponibilização de mais materiais como fonte de pesquisa, além de computador para que os participantes acessem a internet, ficando estes menos dependentes exclusivamente da informação gerada pelo experimento.

De acordo com Malheiro (2009), a construção de conceitos é um aspecto que pode ser melhorado no Curso de Férias. O *Modelo de Ensino-aprendizagem Centrado na Resolução de Problemas* de Lopes e Costa (1996) oferece algumas possibilidades, assim como a *Aprendizagem por Investigação Orientada* de Cachapuz *et al* e os *Ciclos de Aprendizagem* mencionados por Lawson (1994).

Talvez o ideal fosse buscar um equilíbrio entre o ensino de conhecimentos procedimentais (saber como) e conceituais (saber que), como sugere Lawson (*idem*). Desta forma, este suposto ponto fraco da ABP poderia ser trabalhado, potencializando sua eficácia no ensino de ciências, uma vez que muitos pontos em favor desta abordagem já foram identificados na literatura.

Por outro lado, é importante considerar que em cinco dias não é possível cumprir vários objetivos. É preciso que se mantenha o foco escolhido, caso contrário pode haver dispersão, com risco de não se obter resultado satisfatório para nenhum dos objetivos desejados. E o Curso de Férias tem como meta principal despertar a curiosidade epistemológica, a atitude do questionamento, o contato com a forma de fazer pesquisa científica e o interesse pela área de ciências.

Como a intenção primeira é favorecer que os participantes trilhem o caminho da construção própria, ou da (re)construção, o caminho da descoberta ou (re)descoberta, no sentido de se defrontar pela primeira vez com algo que outros já descobriram, daí talvez o zelo em não “entregar” nada antecipadamente.

Mas na segunda socialização realizada pelos grupos, o professor-coordenador mostrava aos participantes, sempre que o contexto favorecia, qual a importância de suas “descobertas” e em que área da ciência elas estavam inseridas, vinculando os trabalhos a algum fato da história do conhecimento científico, enchendo-os de orgulho e entusiasmo, como nos exemplos a seguir.

AVALIAÇÕES DO PROFESSOR-COORDENADOR
<p><b>Sobre o trabalho do Grupo de Professores G3</b> - Isso é muito bacana. Agora deixa eu dizer: vocês fizeram um trabalho que, do ponto de vista científico, ele reconstrói um capítulo da neurobiologia que considera o cérebro como uma caixa preta: a gente analisa o resultado da caixa. O passo seguinte seria analisar o interior da caixa, que seria levantar quais são as áreas, pra onde projetam, de onde saem, que seria o segundo tempo desse consultor aí na frente de vocês (<i>o camundongo</i>). Parabéns!</p>
<p><b>Sobre o trabalho do Grupo de Professores G4</b> - Se vocês continuarem nessa direção, vocês vão (...) reconstituir os experimentos de um cara que ganhou o prêmio Nobel por esses estudos de memória, mostrando exatamente isso que vocês estão mostrando</p>

nessa plataforma. Só que naturalmente é muito mais dinheiro, muito mais recurso, muito mais tempo e muito mais gente trabalhando, então eles não só fizeram o comportamento como olharam o que tava acontecendo dentro do cérebro, analisaram várias substâncias químicas que estão associadas nesse processo. A mim me surpreende que vocês estejam seguindo exatamente a mesma trilha nesse processo, sugerindo que, em qualquer lugar do mundo, se você quer fazer, você pode fazer, não com a mesma riqueza de informação. Mas isso se faz numa escola. Então, eu acho isso extraordinário.

**Sobre o trabalho do Grupo de Alunos G7** - Eu preciso dizer a vocês que muita gente fez exatamente o que vocês fizeram e hoje eles sabem com precisão quais são os lugares do cérebro do camundongo que têm função motora. De certa forma, vocês fizeram um exercício e iriam descobrir esse processo. E é de fato uma coisa do ponto de vista cognitiva pro aluno extremamente importante, porque é ele o ator, é ele produzindo conhecimento ele mesmo.

**Sobre o trabalho do Grupo de Alunos G9** - Esse experimento que vocês fizeram é muito parecido com o que foi feito durante as guerras. Cada vez que um soldado era ferido, ele fazia uma lesão numa área do cérebro. Essa lesão então era comparada com o comportamento dele. Então, nós conseguimos mapear, por conta das guerras, grande parte do que nós sabemos hoje, e que vocês usaram no experimento de vocês. De certa forma, vocês reconstruíram um conhecimento dos últimos 100 anos em lesão no sistema nervoso, principalmente com déficit motor. E, ao mesmo tempo, mostraram que o sistema é muito plástico. Se você faz de fato a tentativa de fisioterapia depois da lesão, em alguns casos eles se recuperam totalmente, como vocês demonstraram aí.

### ➤ **Importância dos conhecimentos prévios e analogias**

Ao fazer o planejamento e execução dos experimentos durante o Curso de Férias, de modo geral os membros dos diversos grupos usavam seus conhecimentos prévios, conforme a teoria ausubeliana de aprendizagem significativa, acionando subsunçores (MOREIRA, 2006).

Buscando testar quais tipos de sabores os camundongos preferem, o grupo de professores G3, por exemplo, usou conhecimentos básicos do cotidiano para orientar a execução do experimento.

#### GRUPO DE PROFESSORES G3 (socialização 1)

**Professor A** - Nosso grupo verificou se os camundongos (...) se eles sabem distinguir o que é amargo do que é doce, o que é azedo, o que é salgado.

**Professora B** - Antes de fazer esse primeiro experimento, a gente colocou os camundongos sem água, só com o recipiente com a ração, sem água, para que ele pudesse ter sede e ir justamente em busca do líquido, né. Os camundongos foram condicionados num ambiente sem água por aproximadamente cinco horas.

Os professores do G3 usaram líquidos saborizados dispostos em quatro biqueiras dentro de uma caixa. Para induzir os animais a beberem dos recipientes, adotaram a metodologia de deixar os animais em abstinência de água por cinco horas. Provavelmente, o raciocínio natural foi que, quando se tem sede, procura-se por líquido para beber.

O grupo de alunos G5, por sua vez, ao investigar se os nervos estão ligados ao movimento, planejou um teste onde usariam vários estímulos diferentes. As ideias que eles tiveram para provocar reações no nervo e automaticamente no músculo estão relatadas nos dois recortes a seguir.

GRUPO DE ALUNOS G5 (socialização 1)
<b>Aluna A</b> - Nós vamos usar uma bateria, uma pilha, né. Pois ele ( <i>aponta para um colega</i> ) lembrou uma situação que é parecida, que a gente encostando no nervo pode fazer o músculo reagir (...)
<b>Professor-coordenador</b> - E qual foi a situação de que vocês se lembraram?
<b>Aluno C</b> - Na verdade, eu vi num filme. É como se fosse um tipo de aparelho, ele estimula o nervo que liga o músculo, aí faz com que ele se contraia.

GRUPO DE ALUNOS G5 (socialização 2)
<b>Aluno B</b> - E aí, testamos vários tipos de energia, que era a energia térmica, o fogo, uma pinça esquentada pelo fogo; a energia mecânica, que seria tátil, pegar no nervo ou fiozinho; a magnética, que seria utilizar um ímã; e a energia elétrica, que utilizamos uma bateria ( <i>uma pilha</i> ). E aí utilizamos esses vários tipos de energia.

Os alunos relatam que a primeira ideia, de usar um estímulo elétrico, veio da lembrança de algo parecido visto num filme. As demais vieram de situações cotidianas que provocam reações ao toque ou aproximação, incluindo calor do fogo, pinçamento (como um beliscão) e até ímã, que costuma impressionar por movimentar objetos a certa distância. Se o ímã é capaz de fazer isso, por que não fazer o tendão se mexer – podem ter pensado.

Vejo aqui o mesmo processo de raciocínio por analogia ou transferência analógica que acontece com a geração das hipóteses, ideias “emprestadas” de contextos previamente conhecidos e transportadas para novos contextos similares (LAWSON, 2000, 2003, 2004, 2005), fato claramente perceptível em diversas situações relatadas pelos grupos durante os dois seminários de socialização,

revelando um processo que depende das nossas construções cognitivas cotidianas tanto quanto da produção intelectual coletiva.

O próprio grupo G5, ao se perguntar por que um dos lados do coração do camundongo era maior do que o outro, levantou uma hipótese que merece ser mencionada nas palavras do aluno B, no recorte abaixo.

GRUPO DE ALUNOS G5 (socialização 2)
<b>Aluno B</b> - Aí surgiu outra pergunta: por que o lado esquerdo tem a parede mais grossa? (...) Nossa hipótese foi que o lado esquerdo trabalha mais que o direito, já que o músculo é maior.

De onde teria vindo a ideia de que uma parede mais grossa, um músculo maior era indicativo de mais trabalho? Talvez dos conhecimentos prévios do livro didático, mas talvez do paralelo com a atividade de musculação que se faz em academias: quanto mais trabalho físico, mais crescimento do músculo. Foi graças a este raciocínio analógico que o grupo prosseguiu num rico processo investigativo, chegando à (re)descoberta dos dois tipos de circulação.

Merece também citação o caso do grupo de alunos G10 mostrado a seguir. Eles investigaram se há diferença no nível de agitação dos camundongos antes e depois de estímulos estressantes. Os animais foram testados numa caixa com o fundo marcado com 16 quadrados: contava-se cada vez que eles pisavam num quadrado diferente.

GRUPO DE ALUNOS G10 (socialização 1)
<b>Aluno A</b> - Então, a primeira hipótese, a hipótese que a gente levantou é que haveria um nível de agitação e ele iria aumentar, então a gente imaginou que o camundongo iria ficar mais agitado, que ele ia caminhar mais de um lado pro outro.

A suposição que os camundongos ficariam mais agitados provavelmente veio da vinculação que se faz entre estresse e correria. Ouve-se tanto sobre esses dois termos juntos que a associação parecia óbvia.

Além dos exemplos citados, me deparei com muitos outros evidenciando raciocínio analógico tanto na geração das hipóteses quanto no planejamento e ajuste dos testes, alguns dos quais ainda aparecerão na segunda parte deste capítulo de análises.

➤ **Aprendendo sobre e com a realidade da pesquisa científica**

Quanto ao uso do método científico experimental ou hipotético-dedutivo, a maior dificuldade apresentada pelo participantes do Curso de Férias é entender os limites e possibilidades do experimento escolhido para responder a pergunta. Desde o planejamento inicial, eles vão sendo orientados a considerar esses limites.

A orientação do professor-coordenador é “não vestir o livro didático no experimento”, conforme também foi registrado por Malheiro (2009). Ou seja, evitar dizer que determinada informação é resultado da pesquisa quando a metodologia adotada não permitiria isso. O recorte na página a seguir demonstra bem essa situação. O grupo era formado por estudantes do curso de veterinária da UFPA em Castanhal, por isso o nível mais técnico da linguagem.

GRUPO DE ALUNOS G12 (socialização 2)
<p><b>Aluna C</b> - O outro experimento, a pergunta principal era: como chegava o oxigênio, nutrientes, ao cérebro (...) Então, a gente achava que na circulação existiam dois tipos, né, a hipótese que o sangue e os vasos eles não entravam no encéfalo, que eles ficavam na superfície, que o oxigênio, os nutrientes, passavam por meio de algum carregador, algum transportador que levava esses nutrientes pra ele. Bom, o primeiro experimento foi pra ver a circulação (...) aí a gente foi ver o encéfalo do camundongo (...) e vimos que o corante usado chegou a algumas partes de dentro. Então, assim, já deu a ideia de que talvez passasse vasos dentro dele. Aqui do lado (<i>aponta foto em slide</i>) é uma imagem do microscópio, a gente viu umas estruturas parecidas com vasos (...) E fomos pesquisar como seria esse transporte. Então, encontramos o que poderia ser a resposta: a barreira hematoencefálica. E esses vasos, a maior parte da vascularização tá na superfície do cérebro. E a gente viu também (...) que tinha umas membranas, que chamamos meninges, e esses vasos ficam nessas meninges. E as células desses vasos são bem juntas e dificulta a passagem de moléculas grandes, só as pequenas que conseguem passar, tipo o oxigênio, as outras precisam de uma ajuda, como a gente tinha a ideia de algum carregador, algum transportador, que passava do vaso para dentro do encéfalo.</p>
<p><b>Professor-coordenador</b> - Observem que ela tá usando uma informação do livro (...) É importante saber o que a metodologia permite dizer. No caso deles, eles conseguem dizer com precisão que os vasos estão lá, que o sistema transporta pro encéfalo, que o corante não passa pro parênquima, sugerindo existir alguma barreira entre o vaso e o parênquima. Ponto. O oxigênio não se pode falar nesta metodologia porque não temos como demonstrar a presença do oxigênio com este método. Isso é uma combinação da informação livresca com o experimento. Mas toda vez que aplicam essa metodologia (<i>experimental</i>), o aluno tem que ter clareza do que é que aquele método permite dizer. Não se pode esconder essas limitações, porque se não ele interpreta que vale tudo. Eu faço um experimento pequeno e o resto eu faço inferências a partir da informação já existente. Toda vez que usar essa metodologia é preciso deixar os alunos saberem: olha aqui começa e aqui termina, tudo o mais a gente vai ter que demonstrar de outra maneira.</p>

Vê-se aí um aprendizado fundamental na alfabetização científica: o princípio ético de evitar agregar informações que não poderiam ter sido extraídas ou geradas pela pesquisa. Por isso, é dito várias vezes no curso que só vale o que se observa no experimento, só se diz o que o experimento permite dizer. Caso contrário, a fonte da informação extra deve ser mencionada.

Por causa da ansiedade dos participantes em apresentar a “resposta certa”, há também uma tendência em ver a hipótese como uma previsão que deve antecipar exatamente o que vai se encontrar como resultado. Quando esta não é confirmada, há uma frustração, como se observa no relato seguinte, com o resultado do grupo G10 para o teste sobre o efeito do estresse nos camundongos.

GRUPO DE ALUNOS G10 (socialização 2)
<b>Aluno A</b> - Bem, então a gente vai ter a resposta da nossa primeira hipótese, que era justamente que, depois que eles ficassem estressados, aumentaria o nível de agitação. Mas a resposta foi justamente ao contrário, né. Então a nossa hipótese foi por água abaixo. Eles justamente diminuíram o seu grau de agitação, diminuíram sua atividade, quase 70% dos camundongos ficaram mais quietos, eles procuraram se movimentar menos, procuravam andar menos dentro daquela caixa do experimento. E 33% apenas aumentaram seu grau de agitação, sua atividade.
<b>Professor-coordenador</b> – Mas foi confirmado que eles se comportam de maneira diferente diante do estresse, certo?
<b>Aluno A</b> – É.

Diante da constatação de que os camundongos ficaram mais abatidos em vez de agitados, o aluno A, relator da experiência, disse que a hipótese do grupo foi *por água abaixo*. O professor-coordenador buscou mostrar a eles que o experimento continuava sendo válido, porque estava sendo demonstrado que os animais se comportam de maneira diferente diante do estresse.

No início do curso, os participantes são estimulados a ver a hipótese como uma diretriz para o trabalho, sendo conscientizados da possibilidade desta ser sustentada ou não. E que, em caso negativo, não significa que a atividade não terá validade, pois a refutação deve ser entendida como fazendo parte do processo da pesquisa e da aprendizagem, buscando desmitificar, desfazer o mito de que a ciência é ou deve ser algo certo, infalível (CACHAPUZ *et al*, 2011; HODSON, 1994).

Porém, os alunos do G10 se concentraram tanto no fato de não terem “acertado” a hipótese, que estavam deixando de ver que os resultados opostos eram igualmente importantes e respondiam positivamente à pergunta levantada.

A preocupação em mostrar que fizeram uma previsão certa era tão grande que entre a primeira e a segunda socialização, eles ajustaram a formulação da hipótese para se aproximar um pouco mais do resultado obtido, como se vê nos recortes seguintes.

GRUPO DE ALUNOS G10 (socialização 1)
<b>Aluno A</b> - Então, a primeira hipótese, a hipótese que a gente levantou é que haveria um nível de agitação e ele iria aumentar, então a gente imaginou que o camundongo iria ficar mais agitado, que ele ia caminhar mais de um lado pro outro.

GRUPO DE ALUNOS G10 (socialização 2)
<b>Aluna B</b> - Bem, nossa hipótese inicial seria: acredita-se que o nível de agitação do camundongo aumentaria após o estresse e acredita-se também que a reação diante do estresse varia de indivíduo para indivíduo ( <i>lê o texto do slide</i> ).

Na reformulação apresentada, o grupo ajusta o raciocínio, incluindo no texto a suposição que a reação diante do estresse varia de indivíduo para indivíduo.

Com as interações proporcionadas na primeira socialização, percebia-se que no segundo seminário alguns grupos já falavam de suas hipóteses refutadas de forma mais tranquila, como no exemplo abaixo.

GRUPO DE ALUNOS G6 (socialização 2)
<b>Aluna C</b> - Aqui a gente tem a figura de um braço ( <i>um colega exhibe uma cartolina com desenho</i> ), mais ou menos um braço. E o que era que a gente via no tendão, o que a gente realmente entendia era que o tendão era essa cordinha aqui, que ele ligava um osso a outro. Só que a gente foi pro laboratório e vimos que realmente não era isso. É assim: o tendão liga um músculo a outro e só pode haver o movimento se o músculo passar de uma articulação a outra, fazendo esse movimento, por exemplo ( <i>dobra o antebraço</i> ). A gente não pode ter um movimento se o músculo acaba aqui, por exemplo ( <i>segura o cotovelo</i> ). Então, a nossa hipótese estava errada, porque o tendão não liga um osso ao outro e sim ele liga o músculo a outro.

Apesar de discursar com naturalidade, sem apresentar frustração, ainda assim o aluno fala de “hipótese errada”. Pode ser um indicativo da necessidade de se reforçar mais, ao longo do curso, uma compreensão adequada de qual é o papel desta na ciência. O erro deve ser aceito sim, mas a refutação não precisa ser vista como tal. Conforme destacam Cachapuz *et al* (2011, 95), “o conhecimento científico é um constante jogo de hipóteses e expectativas lógicas, um constante vaivém entre o que pode ser e o que “é” ” (aspas dos autores no verbo é).

A respeito da importância do erro, cabe lembrar que Mizukami (2011) o descreve como um dos aspectos fundamentais na construção do conhecimento em uma abordagem cognitiva do processo de ensino e de aprendizagem.

No Curso de Férias, os erros propriamente ditos acontecem principalmente no planejamento e execução dos testes. Surgem situações não previstas, com as quais os participantes têm que lidar, potencializando as oportunidades de aprendizado. O erro deixa de ser visto negativamente, como obstáculo, passando a ser visto como estimulador de novas buscas, mesmo que para isso o cursista precise redesenhar seu experimento.

Nestas horas, a participação dos monitores e do professor-coordenador é mais ativa, dando informações que ajudam a corrigir erros de metodologia. São informações que os participantes teriam condições de descobrir sozinhos, mas que demandaria mais tempo para chegar até elas. E, por serem fundamentais para que eles possam avançar no prazo que têm, precisam ser repassadas. Como a seguir.

GRUPO DE ALUNOS G8 (socialização 1)
<p><b>Aluna A</b> – (...) Só que as conclusões que nós tivemos do experimento inicial não foram satisfatórias porque o animal demonstrou assim: eles estavam um pouco agressivos, né. Colocamos aqui, eles só exploraram muito o local e não iam lá atrás do alimento. Quando eles entravam no local onde nós colocamos o alimento, parecia que não estava sendo atrativo aquele alimento pra ele. Então, nós decidimos ou modificar o tamanho do labirinto, talvez seja isso que esteja dificultando, ou modificar também a alimentação que a gente tá dando pra eles, algo novo, colocar algo novo pra ver se eles sentem um atrativo melhor e podem facilitar o experimento pra gente, né.</p>
<p><b>Professor-coordenador</b> - Olha, deixa eu fazer a mesma observação que eu fiz antes: os camundongos têm verdadeira fissura por espaço novos. Se vocês não fizerem uma sessão inicial de exploração sem objeto, eles vão ignorar a sua pergunta definitivamente e vão ficar se divertindo, andando por esses labirintos aí o dia inteiro, tá. É claro que se você deixar ele com muita fome, ele vai acabar parando em seu <i>pellet</i> [bolinha de ração]. Segunda coisa: esse <i>pellet</i> dele, ele come porque não tem outra coisa. É como se você dissesse pra eu comer quiabo porque só tem quiabo e eu odeio quiabo. É claro que toda essa dieta é selecionada de uma forma adequada para manter todas as necessidades proteicas e calóricas enfim, micronutrientes etc. Mas se você colocar um pouquinho de leite condensado, esses caras ficam alucinados com o leite condensado, como nós. Você já tem um grupo aqui que acabou de mostrar pra você que doce é um negócio que os camundongos levam a sério (<i>grupo de professores G3</i>). Então, se você pintar esse <i>pellet</i> com leite condensado, aí muda o interesse dele pelo pellet. Agora outra coisa: o seu labirinto é extremamente complicado. Você dá muita chance pra ele explorar, então é preciso simplificar, você pode fazer um labirinto em Y simples, de duas entradas, certo? Numa você põe o que você precisa, na outra você deixa pra ele acertar ou errar. E você vai ver que num labirinto simples a chance dele chegar a sua recompensa é muitas vezes maior, 50% ao acaso e, quando ele aprender, 75% ou mais de chance.</p>

Essa ajuda é fundamental, um exemplo do *scaffolding* vygotskyano, conforme defendem Cachapuz *et al* (2011) na sua proposta de *Aprendizagem como Investigação Orientada*.

A informação citada pelo professor-coordenador de outro grupo que testou nos camundongos a preferência por sabores (grupo de professores G3) e apontou a predileção pelo doce, uma informação útil para definir qual o alimento mais atrativo a ser usado no teste que o grupo G8 estava realizando, mostrou aos participantes do curso que a consulta a outros trabalhos é necessária e bem-vinda e que a construção do conhecimento científico tem um aspecto importante de produção coletiva (HODSON, 1982). A continuidade do diálogo anterior, demonstrada logo a seguir, evidencia a ênfase dada a este aspecto da produção científica.

GRUPO DE ALUNOS G8 (socialização 1)
<b>Aluna A</b> - Aí, a segunda parte do experimento, que é justamente saber se ele, qual o local do cérebro que gera a memória que a gente ainda vai testar, fazer o teste. Mas aí, no caso, a gente precisa primeiro saber se realmente se ele vai gerar essa memória. E aí foi que a gente pensou em diminuir, simplificar mais o labirinto e modificar o alimento que a gente tá dando pra ele. Aí a gente vai testar e vai ver o que é que vai dar.
<b>Professor-coordenador</b> – Ótimo (...) Vocês estão testando memória espacial e, num melhor cenário, memória olfatória, se de fato eles escolherem pelo olfato. E aí vão ter que saber como é que mascara os odores para poder garantir que é olfatória ou simplesmente espacial. Era bom vocês conversarem com a outra equipe que já refletiu sobre isso, os professores já pensaram um bocado sobre esse problema ( <i>grupo de professores G1</i> ). Então são dois grupos de pesquisadores que trabalham em temas mais ou menos que se interceptam e podem contribuir um com o outro para que o projeto do outro avance um pouco mais depressa, destruindo um pouco a competição febril que existe nesse mundo científico, que é todo mundo atropelando um ao outro. Muito bom, parabéns.

Outro tipo de ajuda que os monitores e o professor-coordenador oferecem é quanto à forma de registrar as observações durante o experimento, visando constituir dados mais precisos, a exemplo do caso abaixo.

GRUPO DE ALUNOS G6 (socialização 1)
<b>Professor-coordenador</b> - E você, então, diz que quando aplicou corrente elétrica [da pilha] no músculo e quando aplicou corrente elétrica no tendão e comparou os resultados só houve movimento na estimulação do músculo?
<b>Aluno A</b> - Sim.
<b>Professor-coordenador</b> - Na estimulação do tendão não houve movimento?
<b>Aluno A</b> - Não, só no músculo? Foi o músculo que se retraiu, acarretando com movimentação nos tendões e conseqüentemente nos membros.
<b>Professor-coordenador</b> - Mas e a movimentação, ela é produzida como? A movimentação dos membros. O músculo contrai, mas o que é que acontece para você de

fato documentar o movimento? O músculo encurta, o músculo estica?
<b>Aluno A</b> - Ele encurta. Bom, com a aplicação do estímulo elétrico, ele se contraiu, ele diminuiu o espaço e diminuiu também o ângulo de um membro a outro. Posteriormente, com a retirada desse estímulo, ele aumentou o ângulo.
<b>Professor-coordenador</b> - Como você mediu o comprimento do músculo para garantir que de fato ele encolheu?
<b>Aluno A</b> - Não foi feita uma medição assim com régua ou coisa parecida, mas deu para ver visualmente, nitidamente que ele se retraiu, contraiu e assim movimentando.
<b>Professor-coordenador</b> - Então, o que você pode fazer para melhorar o experimento é tentar de fato fazer a medida e tentar transformar a observação visual numa medida quantitativa (...).

Há situações em que os próprios grupos chegam sozinhos a conclusões para resolver as dificuldades enfrentadas no experimento, exercitando a autonomia do aprendiz (BRANDA, 2009; RUÉ, 2009; RIBEIRO e MIZUKAMI, 2004; KOMATSU *et al*,2003). O grupo de professores G1, por exemplo, investigou a influência do álcool sobre o camundongo e, para fazer os testes, precisou de uma solução alcoólica que fosse aceita pelos animais. A seguir, o relato da trajetória percorrida até eles conseguirem chegar a esta bebida ideal.

GRUPO DE PROFESSORES G1 (socialização 1)
<b>Professor A</b> - Para induzir (...) a ingestão do álcool, nós preparamos duas soluções: primeiro, água e álcool, aos dois grupos, o grupo controle e grupo experimental, uma a 20% e outra a 40%, no total de 300 ml respectivamente. Ficou de um dia pro outro, mais ou menos 15 horas, e nós observamos que não houve a ingestão (...). O que nos levou no segundo dia a preparar uma outra solução, duas soluções na verdade, com água e refrigerante, aos dois grupos novamente, 20% e 40%, num total de 200ml e observamos por 30 minutos. Nós observamos que houve uma procura, mas não o suficiente pra gente considerar em termos de ingestão. Nós ficamos nos perguntando por que o camundongo não ingeriu aquela solução. E aí a gente achou que o teor de álcool estava elevado, estava forte. (...) Fizemos água e açúcar para o grupo controle e uma outra solução água, açúcar e álcool a 10%, observando dessa vez por sete horas. E aí a gente observou que houve pouca ingestão. E aí a gente pensou que, como nós diminuimos o teor de álcool e teve uma procura (...), a gente levantou uma outra questão, que esses animais tinham uma tendência pra gostar do açúcar. E aí nós preparamos uma solução, agora de água, açúcar e álcool a 5%, acrescentando recheio de chocolate para estimular a ingestão durante 30 minutos. Aí nós observamos que eles gostaram ali do chocolate. E isso nos levou a preparar a solução final, agora achocolatado com teor de álcool a 5%. Quando nós colocamos, foi uma procura bem acentuada. As fêmeas devoraram.
<b>Professor-coordenador</b> - Tá bacana, tá evoluindo bem. Esse ensaio longo de escolha do estímulo adequado para eles é um negócio impressionante, porque fala bem do fato de que em ciências nem sempre as coisas decolam tão rapidamente, né. Você tem que ficar tateando até encontrar o caminho pra fazer a pergunta ( <i>no caso perguntar ao objeto da investigação, o camundongo, referindo-se à aplicação do teste</i> ).

O ensaio para se chegar à solução que os camundongos bebessem levou dois dias. Acabou sendo um experimento dentro do experimento. Embora o monitor e o professor-coordenador soubessem que o teor alcoólico estava muito alto, deixaram o grupo prosseguir no erro até eles descobrirem, pelas inúmeras tentativas e construção própria, o percentual ideal de álcool e a bebida mais atrativa.

Como destacou o professor-coordenador, o episódio ajudou os cursistas a terem uma noção de que a produção do conhecimento científico pode ser demorada, exigindo persistência e determinação, um aprendizado importante sobre a natureza da ciência (HODSON, 1982, 1994; CACHAPUZ et al, 2011; LAWSON, 2004).

O grupo de professores G3, que testou a preferência dos camundongos quanto a sabores, também enfrentou problemas para realizar o seu teste, como relatado a seguir. Mas, quando a solução do problema foi encontrada, eles já tinham prosseguido o experimento avaliando somente três sabores.

GRUPO DE PROFESSORES G3 (socialização 2)
--

<p><b>Professor A</b> - A princípio nosso teste seria feito com os quatro sabores: doce, azedo, amargo e salgado. Mas não conseguimos durante o teste fazer com que o líquido amargo, o que a gente usou foi o café, que ele ficasse dentro da biqueira (<i>pingava direto até escoar tudo</i>). Depois a gente descobriu que era devido à questão do pó dentro do café, que diminuía a tensão superficial da água; é mais da física, a tensão superficial da água que faz com que forme aquela bolha. (...) Depois a gente conseguiu resolver isso fazendo uma segunda e uma terceira coagem do café.</p>
--

A experiência do grupo G3 revelou ainda outra questão levantada pelo professor-coordenador, que aponta para a importância da interlocução questionadora na construção da argumentação lógica e convincente.

GRUPO DE PROFESSORES G3 (socialização 1)
--

<p><b>Professora B</b> - Antes de fazer esse primeiro experimento, a gente colocou os camundongos sem água (...) colocamos eles cronometricamente 15 minutos cada. E cada vez que eles iam, acessavam o bico do bebedouro e bebiam, né, a gente registrava (...) Aqui (<i>aponta para o slide</i>) foram o número de acessos que eles tiveram (...) com porcentagem individual para cada camundongo (...).</p>
--

<p><b>Professor-coordenador</b> - Então, é possível, não tô dizendo que de fato aconteceu, que a forma como o camundongo entra com sede, ele pode eventualmente beber mais do primeiro bebedouro simplesmente porque ele tem muita sede. Isso pode não ser necessariamente a preferência dele.</p>
--

<p><b>Professor A</b> - Isso foi observado assim: tirando o primeiro acesso, só registramos a partir do que eles experimentavam depois.</p>
---

**Professor-coordenador** - Isso é muito importante. Então, essa discussão tem que tá nos resultados, tá certo? Lembrem que vocês vão fazer um congresso na sexta-feira (*referência ao seminário de socialização final*). Então, é preciso preencher essas lacunas com antecipação porque essa é a resposta que anula o argumento que eu tô levantando.

Vale ressaltar que, segundo Parente (2012)<sup>66</sup>, o discurso antagônico ajuda a promover a argumentação na medida em que propõe, opõe e duvida, possibilitando a construção de respostas que organizam um conflito discursivo.

Cachapuz *et al* (2011) também dizem que a melhor forma de confrontar as ideias dos aprendizes é buscar promover o diálogo entre posições antagonistas. Neste aspecto, o Curso de Férias é pródigo, pois o professor-coordenador faz constantes intervenções durante as socializações para ajudar os participantes a perceber pontos que precisam ficar mais claros.

Todos aprendem com essas confrontações, inclusive os monitores. No recorte a seguir, há um exemplo disso. Vale registrar que a monitora é estreada, por isso está acompanhada de outro monitor.

GRUPO DE ALUNOS G10 (socialização 1)
<b>Aluna C</b> - Agora o segundo experimento foi relacionado à memória e o estresse. (...) Nós pegamos a caixa, botamos dois objetos iguais, que foram duas caixinhas. No segundo teste, foram dois potinhos. Aí o terceiro teste foi (...) uma caixinha e um potinho, pra ver onde eles iam ter mais acesso. A hipótese: acreditamos que os camundongos iriam mais para a caixa, pois os mesmos teriam mais facilidade de acesso por ser mais baixa.
<b>Professor-coordenador</b> - Certo. Eu só não entendi o que é que o primeiro teste significa em termos de memória, porque pode ser que eles tenham preferência, como você determinou, pelas características do objeto (...) Então, quando fazem a segunda exposição aí no teste de vocês, eu fiquei sem saber direito se vocês estão testando memória de objeto, de forma, ou reconhecimento da posição do objeto, porque o objeto aparece na mesma posição em relação à terceira, olha lá ( <i>aponta o slide</i> ): tá vendo, um quadrado e um objeto meio circular na primeira situação, não é verdade? Aí depois, um quadrado e o outro em posições diferentes.
<b>Aluna C</b> - Não, é porque a foto não tá posicionada, mas eles estão na mesma posição, entendeu?
<b>Professor-coordenador</b> - Mas aí qual seria o teste nessa terceira exposição aí, o que é que vocês estão testando nesse momento aí, por exemplo? Os objetos estão na mesma posição e eles têm a mesma forma, qual seria o teste, entende? O que é que vocês estão querendo medir aí, já que os objetos estão na mesma posição e são os mesmos objetos.
<b>Monitor</b> - A gente tá querendo medir, verificar a forma, se eles daqui a pouco, após o estímulo estressante, vão conseguir reconhecer a forma do objeto.

<sup>66</sup> A autora baseia-se na obra de Christian Plantin: *A argumentação: história, teorias, perspectivas*. São Paulo: Parábola, 2008.

**Professor-coordenador** - Sim, mas por que tem duas sessões de exposição aos mesmos objetos, nos mesmos lugares? Isso eu não entendi.

**Monitora** - Não são duas sessões não. É porque é assim: são três testes. (...) Aí ó (*mostra o slide*), o teste 1 é colocado duas caixas e eles ficam 3 minutos. No teste 2, aí os dois potes, no caso pra ele reconhecer a forma que mudou totalmente; e no teste 3, o pote ele continua, né, e é só apenas colocada a caixa, né. Então, a nossa hipótese, também esquecemos de colocar no slide, seria que como ela já tava no pote antes, que foi o teste 2, ele iria mais à caixa, por ser também diferente e porque ele já taria com a memória do pote ali (*baseia-se na informação de que o camundongo gosta de explorar novidades*); ele iria mais pra caixa, que foi mais longe, foi o teste 1.

**Professor-coordenador** - Significa, então, que vocês estão testando memória de forma, não de espaço?

**Monitora** - Isso. Aí eles (os alunos) cogitaram também essa ideia de ser mais baixo, ter mais facilidade pra eles acessarem, porque durante o teste, eles ficam, apesar do pote ser mais alto e ser roliço, eles conseguem também pular. Eles ficam em cima do pote, mas a caixa é bem mais baixa, plana, então...

**Professor-coordenador** - Certo, mas quem garante que não é uma simples preferência dele pela caixa em vez do pote?

**Monitora** - A gente ainda não comparou os dados, os resultados, entendeu?

**Professor-coordenador** - Mas veja: essa história da preferência precisa ser feita antes de botar o teste pra rolar, porque eu posso começar escolhendo a caixa porque eu gosto mais da caixa do que do pote. Então, antes de botar o teste pra rolar a gente precisa ter certeza de que ele não tem uma preferência por nenhum dos dois objetos. E aí, pra fazer isso, a gente mede simplesmente o tempo que ele leva num objeto e noutro. Se houver diferença, aí aqueles objetos não prestam pro teste. A gente tem que escolher novos objetos onde o tempo de exploração dos objetos seja o mesmo na partida, entende? Porque se não, se ele gostar mais da caixa, ele vai ficar brincando com a caixa, não importa onde você põe, já no início do teste. Então, quando forem refazer o teste é preciso ter muita certeza de que os dois objetos escolhidos realmente ele divide o tempo de exploração igualzinho, tá? Beleza!

Os próprios monitores não perceberam algo importante que poderia ter sido interpretado a partir do que os alunos verificaram: que os camundongos subiam com mais facilidade na caixinha do que no potinho. Isto deveria levantar a suspeita de que os animais poderiam escolher depois a caixa não em função de ter memorizado o objeto, mas por causa da preferência, o que inviabilizaria todo o teste de memorização.

Percebe-se que a preocupação em ajustar a metodologia para se obter resultados confiáveis exercita a percepção de falhas, a observação atenta e favorece a capacidade de raciocínio lógico, uma das vantagens da ABP (DECKER e BOUHUIJS, 2009; SCHMIDT, 1993).

## 6.2 OCORRÊNCIA DOS PASSOS E PADRÃO DE RACIOCÍNIO DE LAWSON

No Curso de Férias “Forma, função e estilo de vida dos animais”, tudo é muito novo para os participantes, especialmente os cursistas alunos, requerendo um aprendizado ativo com o qual a grande maioria não está acostumada.

Observei nas primeiras atividades dos grupos que a tendência era os participantes ficarem muito focados no experimento em si: como este era feito, os materiais utilizados, o que ocorria, o que mais chamava a sua atenção. Eles demonstravam ficar encantados com a atividade experimental, mas revelavam pouca inclinação e habilidade com a parte analítica (HODSON, 1994).

Vejo aí a importância, conforme sugere Hodson (*idem*), Demo (2010, 2011a, 2011b) Sasseron e Carvalho (2011), da experimentação oferecer “menos prática e mais reflexão” para que tenha valor educativo real. Este é um aspecto que o Curso de Férias promove com muita ênfase, valendo-se da ABP e do método científico.

Durante as atividades, o desafio de questionar e levantar perguntas, fazer observações, planejar e realizar pesquisas com metodologia que possam gerar resultados aceitáveis e confiáveis, a necessidade de ajustar ou refazer os testes diante dos obstáculos que surgem, com o cuidado para que possam de fato responder a pergunta levantada, sem fazer afirmações que o experimento não permite dizer, todas essas situações favorecem nos participantes o exercício de habilidades cognitivas superiores (DECKER e BOUHUIJS, 2009; SCHMIDT, 1993).

Considerando o caráter lógico-experimental do método científico predominante em ciências da natureza e da vida e que a ciência é essencialmente argumentação (DEMO, 2011b; JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2005; SASSERON e CARVALHO, 2011), outro ponto relevante que a metodologia usada no Curso de Férias favorece é a construção de argumentos lógicos e válidos, fundamentados em provas e evidências experimentais.

Nas socializações, sobretudo as primeiras, são muitas as interferências do tipo: “Então, a pergunta original qual é? Tente formular numa única frase”. “O que vocês perguntaram e qual foi exatamente o experimento que pensaram para responder à pergunta”. “E a hipótese qual foi?” “O teste tem que objetivo exatamente, será que é o melhor jeito de saber o que vocês querem?” “Esses dados precisam ser mencionados porque são fundamentais para a conclusão.” “Mas que conclusões exatamente vocês tiveram com esse experimento?”

Com o estímulo para que os cursistas apresentem com mais clareza a questão-problema, a formulação da hipótese, a metodologia do experimento, os resultados observados e registrados e as conclusões a que chegaram, ia ocorrendo uma familiarização crescente com a metodologia proposta. O método experimental ou hipotético-dedutivo ia sendo assimilado paulatinamente e, ao final, na segunda socialização, percebe-se uma melhora sensível na argumentação apresentada.

Lawson (2000, 2004) menciona que cada ciclo de raciocínio é formado por etapas semilógicas (não no sentido de quase lógica, mas de metade de um raciocínio em formação). A formulação da hipótese, por exemplo, pode ser constituída de várias suposições, vários ciclos de *se / então*.

Mas concentrei-me em reconstituir o ciclo completo referente aos problemas analisados de cada grupo em questão (grupo de professores G1 e grupo de alunos G5), porque busco responder *se/como* este padrão completo ocorre.

Como já foi dito, o padrão só existe em função das atividades desenvolvidas. Então, a seguir, a identificação e avaliação dos passos seguidos – tendo como referência os passos da pesquisa científica pelo método hipotético-dedutivo conforme caracterizado por Lawson (2000, 2002, 2003, 2004, 2005) – e, na sequência, a verificação da ocorrência do padrão de raciocínio *se / e / então / e ou mas / portanto* (LAWSON, 2002, 2004). Começo pelo grupo de professores e depois passo ao de alunos.

## ➤ O GRUPO DE PROFESSORES G1, SUAS ATIVIDADES E RACIOCÍNIOS

O grupo G1 era formado por quatro docentes do ensino médio e fundamental da rede pública estadual e municipal de Castanhal, Abaetetuba e Terra Alta, todos municípios próximos de Belém. Eram professores das disciplinas biologia, química e ciências naturais.

Após o *brainstorming* inicial, usado para estimular as contribuições individuais e construção coletiva (KOMATSU *et al*, 2003; DEELMAN e HOEBERIGS, 2009; IOCHIDA, 2001), os diferentes pontos de interesse do grupo convergiram para um consenso: a escolha do sistema nervoso como área biológica para estudo. Mas o que os levou a essa convergência? A resposta aparece no recorte 01 do quadro a seguir, onde mostro o primeiro problema abordado.

➤ **Passos seguidos na proposição e resolução do primeiro problema**

Quadro 03 - Identificação dos passos seguidos pelo grupo G1 na resolução do problema “Aprendizagem e locomoção dos camundongos sob efeito de álcool”

N° do Recorte	Discursos	Passos seguidos
01	<b>Observador participante</b> – <i>Entre outras ideias, uma professora relatou nas discussões do grupo que sempre teve curiosidade com o fato da bebida alcoólica mudar o comportamento das pessoas. Diante das opções, o grupo achou o tema relevante.</i>	Observação intrigante
02	<b>Observador participante</b> – <i>por que a bebida alcoólica muda o comportamento das pessoas?</i>	Pergunta causal
03	<b>Professor A</b> – (...) existe (...) influência do álcool sobre o desempenho motor e a aprendizagem?	Questão problema
04	<b>Professor A</b> – Como hipótese, a gente tem que a aprendizagem e locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico são afetadas.	Formulação de hipótese
05	<b>Professor A</b> – (...) nós treinamos os camundongos nessa pista preparada (...). Nós tivemos quatro entradas para cada camundongo, observando o tempo que eles percorreram essa pista sem a ingestão de uma solução aquosa com álcool, que nós prepararíamos (...) E aí nós preparamos uma solução de água, açúcar e álcool, agora a 5%, acrescentando recheio de chocolate [para testá-los de novo depois da ingestão dessa bebida].	Planejamento de testes
06	<b>Observador-participante</b> – <i>Não é verbalizada, mas pode ser deduzida do texto da hipótese: a aprendizagem e a locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico serão afetadas.</i>	Previsão de resultados
07	<b>Professor A</b> - (...) construímos primeiramente uma pista em L (...). E os camundongos foram marcados na cauda, os 4, e treinados individualmente com 4 entradas, antes da ingestão do álcool. Em seguida, nós lhes demos uma única solução aquosa, achocolatada com álcool a 5% de concentração total, que foi mantida por 38h. Pra gente chegar a essa substância, nós levamos dois dias, porque outras não tiveram ingestão. [Depois eles fizeram mais quatro entradas].	Execução dos testes
08	<b>Professor A</b> – Antes do álcool, da primeira para a quarta entrada, (...) todos eles (...) tenderam a diminuir esse tempo [demonstrando aprender].(...) Depois da ingestão do álcool, a gente vê uma oscilação maior (...) A primeira entrada foi a mais rápida, depois o tempo aumentou; no final, houve uma pequena queda de novo (...) A gente observou também que ocasiona euforia (...) houve uma menor resistência aos obstáculos (...) por exemplo, a ponte que tinha, eles não pensaram duas vezes, passaram rapidamente ( <i>tom enfático</i> ).	Resultados observados
09	<b>Professor A</b> – Aí nós concluímos que houve aprendizagem sem a ingestão do álcool, devido o tempo ser menor. O álcool, nós concluímos, que afeta o desempenho motor. A gente observou que o tempo foi maior nesse percurso da pista em L.	Conclusão
10	<b>Observador-participante</b> – <i>Embora não tenha sido incluído no texto final, o fato do álcool causar euforia fazia parte da conclusão do grupo, dado evidenciado pelas discussões no grupo e pelo tom enfático da apresentação, o discurso não-dito.</i>	

Fonte: os recortes de 03 a 05 são da primeira socialização; e os de 07 a 09, da segunda.

O grupo G1 começou a sua problematização a partir da curiosidade de uma professora. Ela disse que a mudança comportamental em quem ingere bebida alcoólica é algo que se pergunta até hoje. Esta foi uma das observações que registrei durante a observação e videogravação do *brainstorming* inicial, exercício feito para liberar a mente e deixar as ideias fluírem (OLIVEIRA, 1999). Foi a curiosidade que levou o grupo a definir sua linha de pesquisa, caracterizando o primeiro passo da sequência de Lawson (2002, 2004), a observação intrigante.

Para a maioria das pessoas, a alteração comportamental provocada pelo álcool é tida como normal, não tem motivo de surpresa. Por que, então, ser caracterizada como observação intrigante? Porque depende do ponto de vista de quem observa (LAWSON, 2005). Para a professora em questão, é possível que o problema com álcool represente um incômodo familiar talvez.

A discussão foi guiada por uma pergunta causal (por que a bebida alcoólica altera o comportamento das pessoas?), levando-os a desejar fazer a comprovação experimental deste fenômeno. Verifiquei, porém, nas atividades do Curso de Férias, que esta pergunta causal nascida imediatamente após a observação intrigante não se constitui necessariamente na questão a ser investigada.

Do ponto de vista da metodologia científica, me parece que esta pergunta surgida da inquietude e do desequilíbrio cognitivo, poderia ser identificada como o tema ou temática da pesquisa. Conforme destacam Marconi e Lakatos (2011), em função de todo tema ter vários aspectos e nuances, é preciso delimitar um ponto específico a se trabalhar. Ou seja, é necessário eleger um problema, que pode ser formulado também como pergunta.

Enquanto as autoras acima falam em termos de tema e problema, Demo (2011b, p. 95) usa temática e tema. Ele explica que “temática é a floresta, tema é a árvore, de preferência uma árvore do tamanho do pesquisador”, ressaltando que é trágico descobrir no meio do trabalho que a pesquisa não está funcionando porque o tema é grande, disperso ou difícil demais.

Assim sendo, os participantes do Curso de Férias são orientados a ser o mais específico possível quanto ao que querem saber em torno da pergunta inicial levantada, do tema discutido, devendo levar em conta as limitações de tempo, de recursos disponíveis e, sobretudo, o que ainda não sabem e precisam saber para chegar aonde querem – um dos passos e principais características da ABP, baseada no princípio do aprendizado autônomo (SCHMIDT, 1993; IOCHIDA, 2001; LEITE e AFONSO, 2001; KOMATSU et al, 2003; UEL, 2012). Aí vem a formulação de uma pergunta de trabalho, do problema de pesquisa propriamente dito.

Conforme informa o relator do grupo (professor A), os integrantes do G1 concordaram em confirmar se realmente o álcool altera o comportamento, fazendo estudos com camundongos, e elegeram dois aspectos a serem investigados: *existe a influência do álcool sobre o desempenho motor e a aprendizagem?* (recorte 02 do quadro com seus discursos).

Diante disso, senti a necessidade de desdobrar o segundo passo descrito por Lawson (pergunta causal) em duas fases: a pergunta causal propriamente, que se segue à observação intrigante, e a pergunta que delimita um problema específico a ser trabalhado, a qual passo a chamar de questão-problema (recorte 03).

Vale ressaltar que a sequência de passos da descoberta científica descrita por Lawson não é rígida e inflexível. O esquema que fiz (figura 10, p. 69) foi baseado nos artigos em que ele analisa as pesquisas de Galileu e Alvarez (LAWSON, 2002, 2004). Ora, ele apresenta os passos resumidos em cinco, seis e oito etapas; ora ele chega a desdobrá-los em nove. Os oito passos que listei foi o que vi se repetir com mais regularidade em suas descrições (observação intrigante, pergunta causal, formulação de hipótese, planejamento de testes, previsão de resultados, execução de testes, resultados observados e conclusões).

Por exemplo, algumas vezes ele apresenta os resultados observados em dois estágios: registro dos dados fazendo parte da execução dos testes e comparação dos resultados observados com os previstos. Outra subdivisão é em relação à formulação da hipótese: um primeiro momento com a geração de várias hipóteses e depois a eleição da ou das mais plausíveis para serem testadas (LAWSON, 2002).

Quanto à pergunta causal, ora é apresentada como a “questão central levantada”, ora o autor chega a fundi-la com a hipótese, chamando de hipótese causal (LAWSON, 2002, 2004). Não é de se estranhar esta fusão. Segundo Marconi e Lakatos (2011), tanto problema quanto hipótese são enunciados que relacionam duas variáveis ou mais (fatos, fenômenos). A diferença é que o problema consiste em uma sentença interrogativa e a hipótese em sentença afirmativa.

Neste primeiro problema do G1, foi exatamente o que vi. O problema com pergunta interrogativa: *existe influência do álcool sobre o desempenho motor e a aprendizagem?* E a hipótese com uma afirmação declarativa a respeito das mesmas variáveis consideradas: *como hipótese, a gente tem que a aprendizagem e locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico são afetadas* (recorte 04).

Por tudo isso, acredito ser útil acrescentar a questão-problema no esquema de passos seguidos pelos participantes do Curso de Férias.

A pergunta que os professores do G1 fizeram parece óbvia (se o álcool afeta a locomoção e a aprendizagem), já que este é um conhecimento do senso comum. Mas esta é uma atitude fundamental para quem faz ciências, porque pode levar à revisão dos atuais modelos mentais e fazer surgir novos conhecimentos (LAWSON, 2003, 2005).

A hipótese (recorte 04 do quadro) de que os camundongos teriam comprometimento nas áreas citadas é mais um exemplo de analogia com esquemas mentais prévios. Pode-se deduzir que houve o seguinte raciocínio: o que acontece com o ser humano sob efeito alcoólico deve acontecer também com o camundongo.

No recorte 05, o representante do grupo menciona como eles pretendiam fazer a pesquisa (planejamento do teste). Quando a primeira socialização ocorreu, eles já tinham iniciado a execução dos primeiros experimentos, por o isso discurso mescla o que já fizeram com o que ainda iriam fazer.

De acordo com as observações que fiz, o planejamento do teste é um dos passos que mais requer raciocínio do grupo: é deles a incumbência de pensar no desenho experimental, numa metodologia que responda a pergunta levantada, embora a ajuda dos monitores e mesmo do professor-coordenador seja fundamental, como já demonstrado na etapa de análise anterior.

A previsão de resultado, o passo seguinte, não é incluída no relatório do grupo, mas esta pode ser subentendida do texto da própria hipótese, conforme fiz no recorte 06. Abaixo, destaco os dois recortes para melhor visualização.

<b>Recorte</b> 04	<b>Professor A</b> – (...) como hipótese, a gente tem que a aprendizagem e locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico são afetadas.	<b>Passo</b> Formulação de hipótese
<b>Recorte</b> 06	<b>Observador-participante</b> – <i>Não é verbalizada, mas pode ser deduzida do texto da hipótese: a aprendizagem e a locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico serão afetadas.</i>	<b>Passo</b> Previsão de resultados

Os professores não relataram previsões específicas sobre como seria este efeito, que comportamentos poderiam ser observados. A previsão está simplesmente contida na hipótese, algo como: “vamos constatar que sim, que o álcool afeta o desempenho”.

Este é um exemplo do que Lawson (2004) destaca como fenômeno universal: o de que os estudantes de ciências de um modo geral, assim como cientistas principiantes, têm dificuldade para diferenciar hipótese de resultados previstos para os testes, tomando os dois como se fossem a mesma coisa.

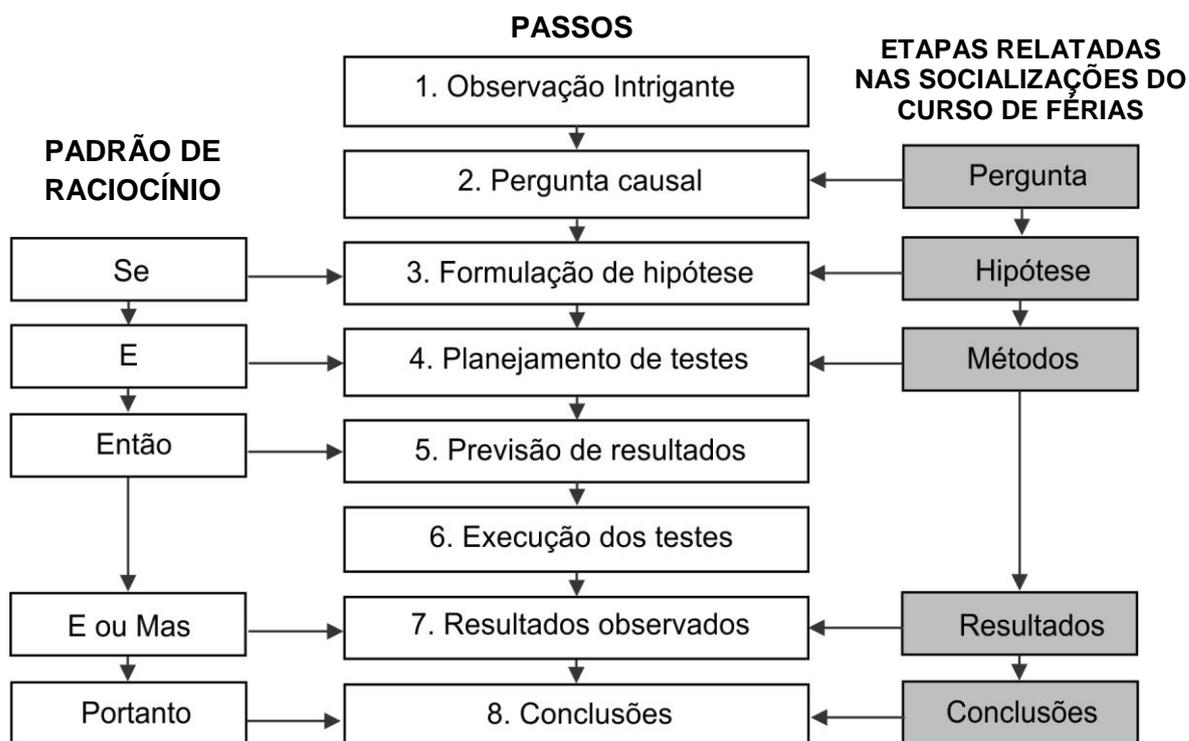
Considerando que todos os 12 grupos das duas edições que acompanhei apresentaram o mesmo padrão, cabe aqui uma comparação da situação vivida pelo G1 com o caso do grupo de alunos G10, que fez testes para avaliar a reação dos camundongos após estímulos estressantes (ver p. 150 e 152).

Enquanto no exemplo do G1, a previsão é a própria hipótese (a aprendizagem e locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico serão afetadas), no caso do G10, a previsão (os camundongos vão apresentar um nível de agitação maior) substituiu a hipótese. Esta, na verdade, seria que os animais, quando estressados, se comportam de maneira diferente do habitual. A agitação maior seria o como, o resultado esperado.

O fato é que durante as socializações nenhum grupo faz qualquer menção a resultado esperado. E nem poderia ser diferente, já que as orientações da coordenação do Curso de Férias são para que os participantes preparem o relatório a ser apresentado no seminário de acordo com o seguinte esquema: problema, hipótese, métodos, resultados e conclusão.

Na figura a seguir, faço uma comparação gráfica dos passos e padrão de raciocínio de Lawson com as etapas que os participantes do Curso de Férias são orientados a relatar nas socializações.

Figura 17 – Comparação do padrão de raciocínio e os passos da pesquisa científica segundo Lawson com as etapas relatadas nas socializações do Curso de Férias



Fonte: produzido a partir de Lawson (2002, 2004) e dados sobre o curso

O fato de o resultado esperado não ser incluído nos relatórios durante os seminários de socialização não significa que esta etapa de raciocínio não aconteça. O exemplo do grupo G10, que apresentou uma hipótese com característica de previsão para o que aconteceria durante o teste, confirma que este raciocínio é feito inconscientemente. Afinal, é natural que diante de um teste a ser feito haja uma expectativa do que vai acontecer. De modo geral, todos os participantes no curso esperam que suas hipóteses sejam confirmadas. Até porque, quando se investe tempo e recurso no teste de uma hipótese é porque se acredita nela como uma explicação provável.

Essa constatação suscita uma pergunta: valeria a pena incluir no esquema do curso também este item: pedir que os participantes registrem em detalhes o que esperam observar nos experimentos, o que pensam que vai acontecer? Isso seria realmente importante? Por que considerar esta sugestão de Lawson?

Para refletir sobre o assunto, é oportuno considerar uma observação que fiz durante as atividades do grupo de professores G1, fora da socialização. Enquanto planejavam o experimento para testar os camundongos sob o efeito de álcool, eles comentaram que os animais fariam o percurso de forma mais lenta e com certa dificuldade de locomoção, ideia mais próxima a um bêbado cambaleante – mais um exemplo de raciocínio analógico.

Voltando à análise do quadro com os discursos do G1 na socialização do primeiro problema (p. 162), o recorte 07, referente ao passo de execução dos testes, informa que os camundongos fizeram primeiramente quatro entradas no circuito de obstáculos; em seguida receberam a bebida achocolatada com 5% de álcool e, depois de 38 horas, foram conduzidos em mais quatro entradas.

O ponto que quero destacar aparece no recorte 08, referente à observação dos resultados: é registrado que depois de ingerir a bebida alcoólica, os camundongos não hesitavam diante dos obstáculos, fazendo a primeira entrada no circuito bem mais rápida do que o verificado na etapa anterior – *não pensaram duas vezes, passaram rapidamente*. Mesmo com o registro de que, na fase sóbria, eles tinham melhorado o tempo de percurso entrada após entrada, o tempo agora foi mais rápido ainda. Porém, na sequência de entradas da fase sob efeito do álcool, eles não apresentaram regularidade: ora faziam mais rápido, ora mais lento.

O dado referente à euforia só foi percebido porque os professores do grupo tinham uma expectativa em relação ao que iriam ver no teste. O G1 estava focado

em observar um comportamento de lentidão e percebeu que o comprometimento ocorreu de maneira oposta: os camundongos também ficaram afoitos e diminuíram a cautela diante dos obstáculos. Se não fosse o resultado contradizer a expectativa inicial, talvez o grupo não tivesse nem registrado esta observação.

Entretanto, apesar da ênfase com que a informação foi relatada nos resultados, o dado não foi incluído na conclusão final. Ficou apenas como um detalhe curioso do experimento. Observei nas conversas dos professores enquanto realizavam o teste que esse “detalhe” estava entre os principais comentários do grupo. Em outras palavras: eles viram, mas não enxergaram. Em função disso e “ouvindo” o discurso não-dito no contexto geral da apresentação deles (ORLANDI, 2009), decidi inserir o dado como fazendo parte do raciocínio de conclusão deles.

Assim sendo, os recortes 09 e 10, referente ao último passo no modelo de Lawson (2002, 2004), mostram que o resultado do teste, além de garantir apoio para a hipótese levantada, de que há comprometimento do álcool sobre o desempenho motor dos camundongos e sua capacidade de aprendizado, traz também o dado extra que o álcool provoca euforia.

A justificativa provável para os professores não terem incluído o dado na conclusão é que isso não fazia parte da hipótese nem do resultado esperado por assim dizer. A suposição era apenas que a locomoção e o aprendizado dos camundongos seriam afetados. Portanto, pode ter prevalecido a ideia de mostrar uma correspondência entre os resultados obtidos e a hipótese formulada, revelando preocupação com a resposta certa.

Vejo nesta atitude, que parece inconsciente, uma herança da escola positivista, uma prisão que impede de se considerar o que está fora do assunto estudado, com prejuízo para a valorização de novos conhecimentos.

Diante deste exemplo do grupo G1, parece que fazer uma previsão específica ajuda realmente a tornar o teste mais significativo e traz nova perspectiva à observação e interpretação dos resultados. Aparentemente porque o exercício estimula o participante a buscar concepções prévias na sua base de dados (estrutura cognitiva), acionando subsunçores e preparando o caminho para a aprendizagem significativa da teoria ausubeliana.

A importância de se prever os resultados pode ser analisada também à luz de Piaget (2010a, 2010b). Quando algo sai diferente do previsto (camundongos mais rápidos em vez de mais lentos), não havendo correspondência entre o dado que

está sendo processado e a informação prévia, surge um conflito cognitivo e instaura-se um desequilíbrio que conduz o sujeito em busca da assimilação ou acomodação.

Ao surgir uma justificativa para o novo dado, o equilíbrio é restaurado e promove uma mudança nos conceitos, exatamente o que caracteriza a aprendizagem segundo a teoria piagetiana. No caso do exemplo em análise (a percepção de que o álcool provoca euforia), a mudança ou aprendizado se dá por acomodação, em que os conceitos são modificados por influência do mundo externo, por meio das experiências, resultando na construção de novos esquemas mentais (PIAGET, 2010a; MIZUKAMI, 2011).

Neste processo de construção cognitiva do G1 ao resolver seu primeiro problema, o aprendizado de que o álcool compromete o sistema locomotor e o aprendizado, além de provocar euforia, foi favorecido também pelas trocas ocorridas no grupo. Em primeiro lugar, as conversas que resultaram na curiosidade e pergunta inicial. Depois, comentários prevendo que os camundongos poderiam ficar como bêbados equilibristas. Estes dados falam a favor da importância das interações sociais, conforme a teoria de Vygotsky (OLIVEIRA, 1992).

A respeito da possibilidade da previsão de resultados para os testes funcionar como um gatilho que aciona conhecimentos prévios e promove conflitos cognitivos construídos pelo próprio sujeito, pode estar aí também uma alternativa para o que Cachapuz *et al* (2011) criticam como conflitos cognitivos artificialmente criados. Eles referem-se à atitude de se buscar conhecer os conhecimentos prévios dos alunos para depois questioná-los. Nesta possível alternativa, o conflito seria autogerado, aumentando a motivação intrínseca.

### ➤ **O padrão de raciocínio observado no primeiro problema do G1**

Uma vez identificados os passos seguidos pelo grupo, o padrão de raciocínio parece surgir naturalmente. Na verdade, ele está lá desde o princípio, guiando cada etapa. Esta análise só está sendo feita separadamente porque um quadro só contendo os passos e o padrão de raciocínio se mostrou extenso e de difícil leitura.

A seguir, mostro os raciocínios que possivelmente os membros do grupo desenvolveram durante as atividades sobre o primeiro problema.

Quadro 04 - Padrão de raciocínio usado pelo grupo G1 na resolução do problema “Locomoção dos camundongos sob efeito de álcool”

N° do Recorte	Discursos	Paráfrase do padrão de raciocínio
01	<b>Professor A</b> – (...) se existe influência do álcool sobre o desempenho motor e aprendizagem; e, como hipótese a gente tem que a aprendizagem e a locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico são afetadas.	<b>Se</b> ... a aprendizagem e a locomoção dos camundongos sob efeito do álcool são afetadas (hipótese)
02	<b>Professor A</b> – (...) nós treinamos os camundongos (...) sem a ingestão de (...) álcool, (...) E aí nós preparamos uma solução de água, açúcar e álcool, agora a 5%, acrescentando recheio de chocolate [para testá-lo de novo depois da ingestão dessa bebida].	<b>E</b> ... testarmos os camundongos numa pista de obstáculos, primeiro sem a ingestão de álcool e depois sob a influência do álcool (teste planejado)
03	<b>Observador-participante</b> – <i>Não é verbalizada, mas pode ser deduzida do texto da hipótese: a aprendizagem e a locomoção dos camundongos sob efeito alcoólico serão afetadas.</i>	<b>Então</b> ... sob a influência do álcool os camundongos vão ter sua locomoção e aprendizado afetados (resultado esperado)
04	<b>Professor A</b> – Antes do álcool, da primeira para a quarta entrada, (...) todos eles (...) tenderam a diminuir esse tempo [demonstrando aprender]. (...) Depois da ingestão do álcool, a gente vê uma oscilação maior (...). A primeira entrada foi a mais rápida, depois o tempo aumentou; no final, houve uma pequena queda de novo (...). A gente observou também que ocasiona euforia, a gente verificou que houve uma menor resistência aos obstáculos (...), por exemplo, a ponte que tinha, eles não pensaram duas vezes, passaram rapidamente ( <i>tom enfático</i> ).	<b>E</b> ... sem álcool, o grupo diminuía o tempo de percurso nas novas entradas, demonstrando aprender; depois da ingestão do álcool, fez primeiro o percurso com menor resistência aos obstáculos e em menor tempo, mostrando euforia, e nas entradas seguintes esse tempo ficou irregular, oscilava para mais e para menos (resultado observado)
05	<b>Professor A</b> – Aí nós concluímos que houve aprendizagem sem a ingestão do álcool, devido o tempo ser menor. O álcool, nós concluímos que afeta o desempenho motor, a gente observou que o tempo foi maior nesse percurso da pista em L.	
06	<b>Observador participante</b> – <i>Apesar de ter relatado a constatação da euforia em tom de ênfase, o grupo não incluiu o dado no texto final da conclusão. Mas a informação não verbalizada era óbvia nos comentários em grupo e no discurso não-dito na apresentação.</i>	<b>Portanto</b> ... o álcool afeta a aprendizagem e locomoção dos camundongos e também causa euforia (conclusão)

Fonte: recortes de 01 a 03 são da primeira socialização; os recortes 04 e 05 são da segunda.

A hipótese é apontada expressamente no recorte 01, incluindo a partícula linguística **se**, que neste processo de raciocínio lógico corresponde à suposição de verdade para efeito de teste, uma explicação provisória (LAWSON, 2002, 2004).

O discurso no recorte 02 aponta o pensamento seguinte: o planejamento do teste (construir uma pista de obstáculos, preparar uma solução alcoólica), como se este completasse a hipótese, daí o uso da conjunção aditiva **e**, que remete para a ideia de conexão.

No recorte 03, está o possível pensamento para os resultados esperados pelo grupo, uma simples repetição da hipótese, algo como: se existe influência do álcool sobre o desempenho motor e aprendizagem; **então**, os testes vão mostrar que a aprendizagem e a locomoção dos camundongos serão afetadas.

Até aqui, o raciocínio corresponde a uma semilógica, metade de um ciclo lógico segundo Lawson (2002). E aí vem a realização dos testes planejados, gerando novas observações que confirmem ou refutem a hipótese.

Os resultados registrados (recorte 04) confirmaram o pensamento inicial, o **e** referente à sustentação da hipótese. Além de uma observação extra: a euforia.

Em seguida, vem a conclusão, o momento do **portanto**, o fechamento do ciclo. No recorte 05, é declarado o pensamento de que a hipótese foi confirmada em relação ao comprometimento do aprendizado e da locomoção. E no recorte 06, a observação minha para a conclusão não declarada a respeito da euforia.

Este último dado referente à conclusão e a expectativa de resultado se confundindo com a hipótese confirmam a tese de Lawson (2004, 2005) de que alguns aspectos do padrão de raciocínio ocorrem de maneira inconsciente, sem que o pesquisador preste muito a atenção na forma como está pensando.

### ➤ **Passos do segundo problema trabalhado pelo grupo de professores**

A observação do comportamento dos camundongos durante o experimento para resolução do primeiro problema estimulou os professores do G1 a fazer novas perguntas e problematizações. Na sequência, os membros da equipe quiseram saber sobre a memória espacial desses animais. Na página a seguir, os passos desta nova pesquisa realizada pelo grupo.

Quadro 05 - Identificação dos passos seguidos pelo grupo G1 na resolução do problema “Memória espacial dos camundongos”

Nº do Recorte	Discursos	Passos do método
01	<b>Professor A</b> – (...) da primeira para a quarta entrada (...) todos eles [os camundongos] (...), tenderam a diminuir esse tempo no percurso lá da pista.	Observação intrigante
02	<b>Observador participante</b> – <i>por que os camundongos diminuíram o tempo de percurso no circuito de teste?</i>	Pergunta causal
03	<b>Professor A</b> – (...) os camundongos possuem memória espacial? (...)	Questão problema
04	<b>Professor A</b> – (...) e a hipótese foi que os camundongos (...) possuem memória [espacial] (...)	Formulação de hipótese
05	<b>Professora B</b> – (...) construção de um circuito em Y, onde nós vamos ter dois braços, um direito e um esquerdo, e esse maior que é por onde ele vai iniciar.	Planejamento de testes
06	<b>Observador-participante</b> – <i>Previsão não verbalizada, mas dedutível da hipótese: os camundongos vão aprender e lembrar.</i>	Previsão de resultados
07	<b>Professora B</b> -(...) os procedimentos foram primeiro a construção de um circuito em Y (...). Então, foram realizadas duas etapas. Na primeira entrada, de dois minutos, ele, o ratinho foi liberado aqui nessa parte mais longa ( <i>aponta foto no slide</i> ), então ele teve que escolher qual lado ele iria, o direito ou o esquerdo. Feita a escolha dele, digamos se ele foi para o lado direito, nós bloqueamos para ele ficar mais tempo lá, dois minutos, para ele poder reconhecer. Isso foi feito com os outros camundongos também na primeira entrada. Na segunda entrada, ele ficou no livre arbítrio, ele poderia escolher tanto o direito quanto o esquerdo.	Execução dos testes
08	<b>Professora B</b> – Ele foi primeiro onde ele escolheu [no início], mas ele explorou mais o lado desconhecido.	Resultados observados
09	<b>Professora B</b> – nós concluímos que os camundongos possuem memória e eles tendem a explorar o novo, no caso o braço novo.	Conclusão

Fonte: os recortes 01, 03 e 04 são da primeira socialização; recortes 05 e de 07 a 09 são da segunda.

O episódio mostra que o processo da pesquisa não é linear, conforme destaca Lawson (2002), pois, durante a execução dos testes, novas observações intrigantes podem ser feitas e suscitar novas perguntas e investigações.

A pergunta causal, que é praticamente uma extensão da observação intrigante, está no registro que faço no recorte 02. Deduzi que, ao observarem o desempenho dos camundongos, os professores do G1 podem ter se indagado: *por que os camundongos diminuíram o tempo de percurso no circuito de teste?*

A resposta imaginada pelo grupo se transformou na questão-problema (recorte 03): *os camundongos possuem memória espacial?* Percebe-se que é como se esta nova pergunta contivesse uma possível explicação para a pergunta causal anterior. Daí que, naturalmente, a hipótese é “sim”, expressa no discurso afirmativo do recorte 04: *os camundongos (...) possuem memória [espacial].*

Para provar que os camundongos realmente possuem memória espacial, o que explicaria o fato deles terem melhorado progressivamente o tempo de percurso no teste anterior, o grupo planejou um novo circuito para ver se o comportamento se repetiria em cenário diferente. Assim, a professora B informa (recorte 05) que o planejamento incluía usar um labirinto em Y, fazer os camundongos se familiarizarem com um dos lados e depois verificar se escolheriam o mesmo espaço.

Mais uma vez, a previsão de resultados não é mencionada e, da mesma forma que ocorreu com o problema anterior, fica implícita no discurso da hipótese, ou seja, que os camundongos vão aprender e lembrar, como apontei no recorte 06.

O recorte 07 refere a execução do teste. E os resultados observados estão no recorte 08. A professora relata que *ele foi primeiro onde ele escolheu [no início], mas ele explorou mais o lado desconhecido.*

Com esses dados em mãos, veio o passo seguinte, a conclusão (recorte 09) de que houve evidência que o camundongo memorizou o primeiro lado visitado, sustentando a hipótese formulada. Os resultados também revelaram ao G1 outro conhecimento: que esses animais gostam de explorar espaços novos, já que o animal ficou mais tempo no lado que ainda não tinha visitado.

Desta vez o dado conclusivo extra foi incluído na fala final. Considerando que o tempo que o camundongo levou no lado memorizado foi muito curto e que ele ficou mais tempo no espaço novo, alguém poderia contra-argumentar que isso poderia indicar que, na verdade, ele não lembrava tanto do primeiro lado. Esse pode ter sido o motivo de a informação ter sido inserida na conclusão. Em outra ocasião, o professor-coordenador já havia ressaltado que os camundongos gostam de explorar o novo, um importante dado da “literatura” que apoiava o argumento do grupo.

Este episódio mostra que a argumentação em ciências pode se apoiar em evidências experimentais assim como em dados fornecidos por outras fontes (DEMO, 2011b; JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2005; SASSERON e CARVALHO, 2011).

➤ **Padrão de raciocínio desenvolvido na solução do segundo problema**

Após identificar os passos desenvolvidos pelo G1 na resolução do problema de memória espacial dos camundongos, evidencio agora o padrão de raciocínio desenvolvido pelos professores no decorrer deste segundo experimento.

Quadro 06 - Padrão de raciocínio usado pelo grupo G1 na resolução do problema “Memória espacial dos camundongos”

Nº do Recorte	Discursos	Paráfrase do padrão de raciocínio
01	<b>Professor A</b> – (...) e a hipótese foi que os camundongos aprendem, lembram, possuem memória [espacial]	<b>Se...</b> os camundongos têm memória espacial (hipótese)
02	<b>Professora B</b> – (...) construção de um circuito em Y, onde nós vamos ter dois braços, um direito e um esquerdo, e esse maior que é por onde ele vai iniciar (...) na primeira entrada (...) ele teve que escolher qual lado ele iria, o direito ou o esquerdo. Feita a escolha (...) nós bloqueamos para ele ficar mais tempo lá, dois minutos (...) na segunda entrada, ele ficou no livre arbítrio, ele poderia escolher tanto o direito quanto o esquerdo.	<b>E...</b> colocarmos um camundongo para percorrer um circuito em Y, e após ele escolher um dos lados, isolarmos o outro lado para que ele se familiarize com o lado escolhido (teste planejado)
03	<b>Observador-participante</b> – <i>Previsão não verbalizada, mas dedutível da hipótese: os camundongos vão aprender e lembrar.</i>	<b>Então...</b> ao colocá-lo uma segunda vez no mesmo circuito, ele vai escolher o lado já visitado da primeira vez (resultado esperado)
04	<b>Professora B</b> – Ele foi primeiro onde ele escolheu [no início], mas ele explorou mais o lado desconhecido.	<b>E...</b> o camundongo foi justamente para o lado que escolheu na primeira entrada, embora tenha demorado mais no lado desconhecido (resultado observado)
05	<b>Professora B</b> – nós concluímos que os camundongos possuem memória e eles tendem a explorar o novo, no caso o braço novo.	<b>Portanto...</b> O camundongo tem memória espacial e gosta de explorar o novo. (conclusão)

Fonte: o recorte 01 é da primeira socialização; os recortes 02, 04 e 05 são da segunda.

A exemplo do primeiro problema, também neste segundo os discursos analisados evidenciam a presença do padrão de raciocínio *Se / e / então / e ou mas / portanto*. Com as paráfrases da coluna à direita, mostro o provável pensamento formulado pelos participantes nas etapas já descritas anteriormente.

No recorte 01, está a proposição da hipótese que o G1 apresentou: *a hipótese foi que os camundongos aprendem, lembram, possuem memória [espacial]*. A fala não menciona expressamente a questão da memória espacial, mas o professor A anunciou que a professora B apresentaria o teste de memorial espacial, por isso fiz a interpolação acima.

Complementando o pensamento anterior, “**se** os camundongos têm memória espacial”, o **e** acrescenta as condições de teste conforme descrito no recorte 02 (o labirinto em Y), funcionando como complemento da hipótese. É a garantia, conforme o paralelo que Locateli (2006) fez do padrão de Lawson com o padrão de Toulmin.

Continuando esta sequência lógica, “**se** os camundongos têm memória espacial **e** forem submetidos a certas condições de teste, **então** vão se comportar de um modo tal que evidencie isto”. Esse modo não é especificado, embora seja provável que cada membro do grupo faça suas previsões, mesmo sem se dar conta. A expectativa, porém, é a confirmação da hipótese (recorte 03).

No recorte 04, aparece o raciocínio na observação dos resultados, correspondendo ao segundo **e**, que se refere à corroboração da hipótese, de acordo com o padrão lawsoniano. Por fim (recorte 06), a conclusão é claramente expressa, fechando o ciclo com o raciocínio característico do **portanto**: *nós concluimos que os camundongos possuem memória e eles tendem a explorar o novo*.

## ➤ O GRUPO DE ALUNOS G5, SUAS ATIVIDADES E RACIOCÍNIOS

O grupo G5 era formado por quatro alunos da primeira e segunda séries do ensino médio da rede pública de Castanhal (PA), com faixa etária de 15 a 17 anos. Eles escolheram trabalhar inicialmente com o sistema nervoso e fizeram também depois estudos sobre o sistema cardiorrespiratório, formulando quatro experimentos. Me concentro, a partir de agora, na análise dos dois primeiros.

## ➤ **Passos seguidos na resolução do problema inicial**

Nas apresentações do grupo durante os seminários, os alunos não relataram como chegaram ao seu primeiro problema estudado. Mas, o material que gravei durante o início de suas conversas revela que o filme apresentado na introdução do curso foi tema de debate entre eles. O acidente com o menino que foi atingido na cabeça por um ouriço de castanha-do-pará chamou sua atenção. Início o quadro de análise abaixo justamente com este registro.

Quadro 07 - Identificação dos passos seguidos pelo grupo G5 na resolução do problema “O que é o sistema nervoso e onde ele se localiza?”

Nº do Recorte	Discursos	Passos do método
01	<b>Observador participante</b> – <i>O filme do garoto atingido na cabeça por um ouriço da castanha-do-pará e que sofreu paralisia de um braço e pernas impressionou o grupo.</i>	Observação intrigante
02	<b>Observador participante</b> – <i>Por que um baque na cabeça causa perda de movimentos?</i>	Pergunta causal
03	<b>Aluno B</b> – O que é o sistema nervoso e onde se localiza?	Questão problema
04	<b>Aluna A</b> – (...) o sistema nervoso ele consiste em tecidos (...) e nós achamos também que ele não está concentrado só numa parte do corpo [o cérebro], ele tá concentrado e também espalhado por toda parte do corpo.	Formulação de hipótese
05	<b>Aluno B</b> – (...) nós mergulhamos ele [o camundongo] no formol (...) e vamos analisar todo o sistema dele (...) <b>Professor-coordenador</b> - (...) ou seja, fazer a dissecação para tentar ver conexões entre o sistema nervoso e o corpo? <b>Aluno B</b> – É	Planejamento de testes
06	<b>Aluna A</b> – (...) nós achamos também que ele não está concentrado só numa parte do corpo [cérebro], ele tá concentrado e também espalhado por toda parte do corpo.	Previsão de resultados
07	<b>Aluno B</b> - (...) fomos para a parte da dissecação, que seria tirar partes do corpo do camundongo e chegar à parte para que pudéssemos estudar a anatomia dele.	Execução dos testes
08	<b>Aluno B</b> – (...) percebemos que na cabeça do camundongo, protegido por uma caixa bem dura e resistente, há uma massa branca (...). E dessa massa branca saem vários fiozinhos para a parte da cabeça do camundongo. E também, bem protegido, sai um fio mais grosso; desse fio mais grosso, saíam vários fiozinhos para as diversas partes do corpo.	Resultados observados
09	<b>Observador participante</b> – <i>O grupo esqueceu de mencionar as conclusões do experimento, mas ficou implícito que eles confirmaram o pensamento que o sistema nervoso é um conjunto de tecidos concentrados no cérebro e espalhados pelo corpo.</i>	Conclusão

Fonte: os recortes 03 a 06 são da primeira socialização; os recortes 07 e 08 são da segunda.

Após comentarem o caso do garoto do filme, as curiosidades e interesses do grupo convergiram para o sistema nervoso. A paralisia de braços e pernas associadas ao trauma cranioencefálico foi a observação intrigante que deu origem ao problema proposto (recorte 01).

Durante o *brainstorming*, a exemplo do ocorrido com outros grupos, surgiu a seguinte pergunta causal: *por que um baque na cabeça causa perda de movimentos?* (recorte 02). Entretanto os alunos precisavam definir por onde começar a pesquisa e delimitar um objetivo específico.

Com a ajuda do monitor, eles concluíram que, antes de tudo precisavam explorar o sistema nervoso e conhecer seu funcionamento. Daí a pergunta: *o que é o sistema nervoso e onde se localiza?* (recorte 03). O G5 partiu de seus limites de conhecimento, tendo como motivação buscar informações necessárias para poder chegar à resposta de sua pergunta causal.

Vejo aqui o Curso de Férias estimulando a capacidade dos participantes em identificar o que precisam aprender e buscar informações e conhecimentos úteis à solução de uma questão-problema, o que Decker e Bouhuijs (2009) classificam como uma das habilidades cognitivas superiores desenvolvidas pela Aprendizagem Baseada em Problemas.

Esse exercício é feito tanto na definição do objeto de pesquisa quanto no planejamento dos testes. Isso porque os cursistas não recebem um problema sugerido, como acontece com a ABP no ensino superior. Nos sete passos da sessão tutorial, os estudantes universitários definem seus objetivos de aprendizado e planejam os estudos que vão fazer somente após a formulação da hipótese.

Voltando à questão-problema proposta pelos alunos do grupo G5, trata-se de uma pergunta descritiva, a exemplo do que aconteceu com o segundo problema do grupo de professores G1 (sobre a memória espacial dos camundongos) e diversas outras perguntas que motivaram as pesquisas dos demais grupos.

Segundo Lawson (2004), a pesquisa científica é guiada por pergunta causal, mas às vezes precisa responder também a perguntas descritivas para obter informações necessárias ao avanço da investigação. Ele cita vários exemplos da pesquisa de Alvarez.

Olhando a lista de problemas formulados e resolvidos pelos 12 grupos do Curso de Férias, percebi que das 29 questões, 21 são perguntas descritivas (72%) e apenas oito (28%) são perguntas causais, que buscam uma relação de causa e efeito entre variáveis, como mostro no quadro da página a seguir.

Quadro 08 - Problemas dos 12 grupos de participantes, conforme o tipo de pergunta

Grupos		Problemas	Tipo de pergunta
P R O F E S S O R E S	G1	- O álcool afeta a aprendizagem e locomoção dos camundongos?	Causal
		- O camundongo possui memória espacial?	Descritiva
		- O camundongo possui memória olfativa?	Descritiva
	G2	- Existe relação entre o sistema locomotor do animal e o cérebro?	Causal
	G3	- O camundongo distingue sabores e tem preferência por amargo, doce, azedo ou salgado?	Descritiva
		- Qual o sentido mais utilizado pelo camundongo, além do paladar, para detectar os sabores: o olfato ou a visão?	Descritiva
	G4	- Quais os fatores que interagem para uma boa memorização?	Descritiva
		- O camundongo memoriza e aprende em situações de estresse?	Causal
A L U N O S	G5	- O que é o sistema nervoso e onde ele se localiza?	Descritiva
		- Os nervos (fiozinhos brancos) estão ligados ao movimento?	Causal
		- Como é o coração e qual o seu formato?	Descritiva
		- Por que o lado esquerdo do coração tem parede mais grossa e está ligado ao cano mais grosso?	Causal
		- Há diferença no sangue bombeado por cada lado do coração?	Descritiva
	G6	- O que compõem o sistema locomotor e como este funciona?	Descritiva
		- O sistema locomotor está relacionado com o sistema nervoso?	Descritiva
	G7	- Por que o impacto na cabeça causa perda de movimento em algumas partes do corpo?	Causal
		- Os pulmões de diferentes espécies de animais são iguais?	Descritiva
		- Como o ar chega ao pulmão?	Descritiva
	G8	- O camundongo tem memória espacial e de objetos?	Descritiva
		- O camundongo tem memória de estímulo aversivo?	Descritiva
	G9	- Qual a parte do cérebro afetada num acidente causa perda de movimento?	Descritiva
		- Os camundongos recuperam os movimentos quando afetados por uma lesão no cérebro?	Descritiva
	G10	- A memória é afetada quando o camundongo está sob estresse?	Causal
		- Os camundongos têm níveis de agitação diferentes antes e depois de estresse?	Descritiva
	G11	- O que é o sistema nervoso e o que faz parte dele?	Descritiva
		- O que faz parte do sistema locomotor?	Descritiva
		- O que produz o movimento nas articulações?	Descritiva
	G12	- Como é a circulação no encéfalo?	Descritiva
- Uma lesão parcial no cerebelo do camundongo compromete seu sistema locomotor?		Causal	

Fonte: produzido a partir dos dados registrados nas videogravações

A existência, de acordo com Lawson *et al* (2000) de três tipos de conceitos científicos (descritivos, hipotéticos e teóricos), com grau crescente de dificuldade na sua assimilação, é um fator que explica a maioria dos problemas no Curso de Férias serem baseados em perguntas descritivas.

De acordo com os autores, é importante que o ensino de ciências respeite e promova o desenvolvimento progressivo da habilidade de raciocínio em construir novos conhecimentos. Outro fator a se considerar é que o tempo disponível no curso pede que sejam desenvolvidas atividades simples.

Dos três ciclos mencionados por Lawson (1994) que podem ser usados no ensino de ciências, verifiquei a ocorrência dos ciclos descritivo e hipotético-dedutivo. Quanto ao ciclo empírico-abdutivo, apesar das muitas experiências realizadas, ele não acontece como um ciclo completo isolado, pois segundo o autor, realiza-se o experimento para que os alunos expliquem a causa do fenômeno que estão vendo, sem que sejam feitas perguntas prévias. Já o ciclo hipotético-dedutivo realiza experimentos para buscar respostas a uma hipótese, fato predominante no curso.

Entretanto, na passagem de um ciclo descritivo para um ciclo hipotético-dedutivo, percebi a ocorrência de raciocínio empírico-abdutivo, que parte do que está sendo observado para se chegar à causa do fenômeno, num processo reverso.

Apesar da maioria dos problemas ser constituído por perguntas descritivas, em todos se faz o exercício da hipótese, já que um ciclo hipotético-dedutivo pode ter tanto pergunta descritiva quanto causal (LAWSON, 2004).

Voltando à análise do quadro referente aos passos do primeiro problema do grupo de alunos G5 (ver p. 176), após a definição da questão-problema, eles partiram para a formulação da hipótese (recorte 04) com base nos seus conhecimentos prévios. Eles acreditavam que o sistema nervoso consiste em tecidos e que está concentrado no cérebro e também espalhado por todo o corpo.

O recorte 05 corresponde ao planejamento do teste para avaliar a hipótese (ou desenho experimental como é mais frequentemente chamado no curso). O teste consistia em dissecar um camundongo formolizado para investigar sua anatomia. O diálogo mostra o professor-coordenador aproveitando a ocasião para introduzir naturalmente a linguagem da ciência. O aluno B informa: *vamos analisar todo o sistema dele*. Sendo parafraseado: *ou seja, fazer a dissecção para tentar ver conexões entre o sistema nervoso e o corpo?* Ao que responde: *é*.

No recorte 06, os resultados esperados estão implícitos naturalmente na descrição feita na hipótese. O relato de como o grupo executou o experimento está no recorte seguinte, consistindo de um estudo anatômico. Na sequência, o aluno B detalha os resultados: *percebemos que na cabeça do camundongo, protegido por uma caixa bem dura e resistente, há uma massa branca, que vamos chamar de massa branca central. E dessa massa branca saem vários fiozinhos para a parte da cabeça do camundongo. E também, bem protegido, sai um fio mais grosso; desse fio mais grosso, saíam vários fiozinhos para as diversas partes do corpo.*

Embora ao final da exposição, o orador do G5 não tenha verbalizado a que conclusão eles chegaram (recorte 09), esta é facilmente deduzida do discurso dos resultados observados, corroborando a hipótese do grupo: *sim, o sistema nervoso é um conjunto de tecidos concentrados no cérebro e espalhados pelo corpo.*

Acredito que, como essa investigação visava apenas municiar o grupo de mais informações para o próximo experimento, esta não era a conclusão mais importante para eles. Daí o esquecimento, que passou despercebido ao monitor.

### ➤ O padrão de raciocínio desenvolvido pelo G5 no primeiro problema

Uma vez analisado o primeiro problema do grupo G5 quanto aos passos da pesquisa realizada, passo à verificação do padrão de raciocínio *Se / e / então / e ou mas / portanto.*

Quadro 09 - Padrão de raciocínio usado pelo grupo G5 na resolução do problema "O que é o sistema nervoso e onde ele se localiza?"

Nº do Recorte	Discursos	Paráfrase do padrão de raciocínio
01	<b>Aluna A</b> – (...) o sistema nervoso ele consiste em tecidos (...) e nós achamos também que ele não está concentrado só numa parte do corpo [o cérebro], ele tá concentrado e também espalhado por toda parte do corpo.	<b>Se...</b> o sistema nervoso é um conjunto de tecidos concentrados no cérebro e espalhados pelas diversas partes do corpo (hipótese)
02	<b>Aluno B</b> – (...) nós mergulhamos ele [o camundongo] no formol (...) e vamos analisar todo o sistema dele (...) <b>Professor-coordenador-</b> (...) ou seja, fazer a dissecação para tentar ver conexões entre o sistema nervoso e o corpo? <b>Aluno B</b> – É	<b>E...</b> dissecamos um camundongo para estudar a anatomia dele (teste planejado)

03	<b>Aluna A</b> – (...) nós achamos também que ele não está concentrado só numa parte do corpo [cérebro], ele tá concentrado e também espalhado por toda parte do corpo.	<b>Então...</b> vamos encontrar esses tecidos dispostos da forma pensada (resultado esperado)
04	<b>Aluno B</b> – (...) percebemos que na cabeça do camundongo, protegido por uma caixa bem dura e resistente, há uma massa branca (...). E dessa massa branca saem vários fiozinhos para a parte da cabeça do camundongo. E também, bem protegido, sai um fio mais grosso; desse fio mais grosso, saíam vários fiozinhos para as diversas partes do corpo.	<b>E...</b> foi visualizada dentro da caixa craniana a massa branca central com vários fiozinhos e um fio mais grosso, de onde saíam fiozinhos em direção a várias partes do corpo (resultado observado)
05	<b>Observador-participante</b> - <i>O grupo esqueceu de mencionar as conclusões do experimento, mas ficou implícito que eles confirmaram o pensamento que o sistema nervoso é um conjunto de tecidos concentrados no cérebro e espalhados pelo corpo.</i>	<b>Portanto...</b> o sistema nervoso é um conjunto de tecidos concentrados no cérebro e espalhados pelas diversas partes do corpo (conclusão)

Fonte: os recortes de 01 a 03 são da primeira socialização; o recorte 04 é da segunda.

Com base nos passos já analisados e nos discursos acima, deduzo que o grupo G5 desenvolveu o padrão de raciocínio *se / e / então / e ou mas / portanto* durante as atividades em torno do problema sobre o que é o sistema nervoso e onde este se localiza.

O recorte 01 traz a hipótese apresentada numa sentença declarativa, expressando o raciocínio de explicação prévia para o sistema que será pesquisado, o qual pôde ser traduzido com a paráfrase contendo o elemento **se**.

O diálogo do aluno B com o professor-coordenador, no recorte 02, evidencia o que estava sendo planejado para testar a hipótese do grupo, representando o padrão **e** referente ao teste imaginado.

A previsão de resultados (recorte 03), não é incluída no relatório, mas também aqui fica evidente que a expectativa do grupo é confirmar, **então**, o que foi descrito na hipótese: *“nós achamos também que ele (...) tá concentrado e também espalhado por toda parte do corpo”*. O uso do verbo achar e o contexto em que este é empregado apoia essa dedução.

No recorte 04, o discurso do aluno B detalha os resultados observados pelo grupo G5, utilizando-se de inflexões verbais que denotam a ação de observação:

*percebemos que (...) há uma massa (...) saíam vários fiozinhos para as diversas partes do corpo.* Por confirmar a hipótese, esta etapa corresponde ao segundo e do padrão de Lawson (2002, 2004).

Embora durante a socialização ao auditório, o grupo G5 não tenha mencionado suas conclusões, é possível perceber que houve um raciocínio conclusivo pelo contexto da fala anterior, confirmando a existência do padrão **portanto**. No recorte 05, registro como os alunos poderiam ter expressado oralmente este pensamento.

### ➤ Os passos do segundo problema trabalhado pelo grupo de alunos G5

Com a conclusão do experimento anterior, o G5 pôde visualizar e compreender o funcionamento do sistema nervoso. Este estudo anatômico fundamentou o grupo em busca de respostas para a sua primeira inquietação sobre a relação entre um trauma na cabeça e a perda de movimentos dos membros. Eles continuaram sendo motivados pela mesma observação intrigante e a mesma pergunta causal (recortes 01 e 02). Assim, partiram para nova problematização, cujos passos são demonstrados a seguir.

Quadro 10 - Identificação dos passos seguidos pelo grupo G5 na resolução do problema “Os nervos estão ligados ao movimento?”

Nº do Recorte	Discursos	Passos do método
01	<b>Aluno B</b> – <i>A paralisia de braço e pernas sofrida pelo garoto do filme continuava sendo a impressionou o grupo e o estimulou a fazer também o segundo experimento.</i>	Observação intrigante
02	<b>Observador participante</b> – <i>Por que um baque na cabeça causa perda de movimentos?</i>	Pergunta causal
03	<b>Aluno B</b> – <i>Aí surgiu outra pergunta que foi: será se esses fiozinhos (nervos) podem estar ligados ao movimento?</i>	Questão problema
04	<b>Aluno B</b> – <i>Então, tivemos as nossas hipóteses que sim, que esses fiozinhos podiam enviar um comando e fazer o movimento da pata do camundongo.</i>	Formulação de hipótese
05	<b>Aluno A</b> – <i>o nervo estimula o músculo ou não? (...) A nossa hipótese é que sim.</i>	

06	<p><b>Aluna A</b> – Nós vamos (...) procurar o músculo dele, o nervo, né. E vamos usar uma bateria (<i>segue diálogo com o professor sobre o teste da bateria visto em um filme</i>)</p> <p><b>Aluna A</b> – (...) Nós vamos tentar também com várias coisas pra ver o que vai dar certo: a bateria, o fogo...</p> <p><b>Professor-coordenador</b> – Mas como vão fazer isso experimentalmente, vão queimar o bichinho? (<i>em tom coloquial</i>)</p> <p><b>Aluna A</b> – Não, vai só chegar perto (<i>risos</i>).</p> <p><b>Professor-coordenador</b> – Ah, vai calor, então. Menos mal.</p> <p><b>Aluna A</b> – É e luminosidade também (...) e magnetismo, com um imã (...) Nós vamos tentar pra ver qual vai dar certo.</p> <p><b>Professor-coordenador</b> – Então, vocês estão acreditando que existem diferentes formas de energia capazes de produzir contração muscular?</p> <p><b>Aluna A</b> - É.</p>	Planejamento de testes
07	<b>Aluna A-</b> (...) Sem o nervo, acho que o músculo não serviria pra nada porque não receberia o comando do cérebro, vão os três trabalhando junto.	Previsão de resultados
08	<b>Aluno B</b> – (...) esses fiozinhos, eles podem estar ligados à massa branca central, pode enviar um comando, e desse comando (...) fazer o movimento da pata.	
09	<b>Aluno B</b> – (...) procuramos novamente até achar um fiozinho branco (...) ligado a uma massa vermelha ( <i>músculo</i> ) (...) e aí, testamos vários tipos de energia, que era a energia térmica [o calor], uma pinça esquentada pelo fogo; a energia mecânica, que seria tátil, pegar no nervo ou fiozinho; a magnética, que seria utilizar um imã; e a energia elétrica, que utilizamos uma bateria.	Execução dos testes
10	<b>Aluno B</b> - (...), sobre as energias: a energia térmica não aconteceu nada; a energia mecânica, pegamos no fiozinho e não aconteceu nada; a energia magnética, botamos o imã, não aconteceu nada; somente a energia elétrica fez um estímulo que fez com que a pata do camundongo se mexesse.	Resultados observados
11	<b>Aluno B</b> – E aí concluímos que esses fiozinhos brancos estão ligados (...) ao movimento.	Conclusão

Fonte: recortes 05 a 07 são da socialização 1; recortes 03 e 04 e de 08 a 11 são da socialização 2.

Este exemplo do grupo G5 mostra que a mesma observação intrigante e a mesma pergunta causal podem conduzir a vários ciclos de pesquisa (LAWSON, 2004). No recorte 02, a expressão que informa a nova questão-problema do grupo confirma a ideia de sequência: *Aí surgiu outra pergunta (...): será se esses fiozinhos [nervos] podem estar ligados ao movimento?* Esta agora era uma pergunta causal,

pois cogita a relação entre variáveis: será que a causa dos movimentos vêm da ligação desses fiozinhos com o cérebro?

Quanto à hipótese do grupo (recortes 04 e 05), ela é constituída de declaração afirmativa para a pergunta acima e para outra mais direta: *o nervo estimula o músculo ou não?* Em resumo, a hipótese era que os nervos levam informação do cérebro até o músculo para que este se movimente.

No diálogo do recorte 06, temos a aluna A relatando o planejamento do experimento e o professor-coordenador intervindo de maneira bem humorada e coloquial, novamente no intuito de ajudar os participantes a “falar ciências” (CARVALHO, 2009). A ideia do G5 era testar o nervo e confirmar se ele movimentava o músculo, para isso usariam diferentes tipos de estímulos. Ao final o professor parafraseia as falas da aluna da seguinte maneira: *Então, vocês estão acreditando que existem diferentes formas de energia capazes de produzir contração muscular?* A pergunta não objetiva necessariamente esclarecer uma dúvida, é usada para que os alunos percebam outra maneira de dizer o mesmo texto.

Quanto à previsão dos resultados para os testes, os recortes 07 e 08, um da primeira e outro da segunda socialização, mostram um detalhamento da hipótese: *sem o nervo, acho que o músculo não serviria pra nada porque não receberia o comando do cérebro, vão os três trabalhando juntos. E ainda: esses fiozinhos eles podem estar ligados à massa branca central, podia enviar um comando, e desse comando (...) fazer o movimento da pata do camundongo.* Vale ressaltar que mesmo sem o comando para especificar os resultados esperados, eles demonstram o que esperam ver. Mais uma evidência de que o processo existe, ainda que de forma inconsciente.

No recorte 09, está o discurso do aluno B contando como o G5 executou seus testes. Os resultados observados estão no recorte 10, onde ele informa: *somente a energia elétrica fez um estímulo que fez com que a pata do camundongo se mexesse.* E a conclusão vem em seguida, confirmando que os “fiozinhos” estão ligados ao movimento e sustentando a hipótese.

Era visível a satisfação do grupo por terem construído eles próprios esse conhecimento.

➤ **O padrão de raciocínio presente no segundo problema do G5**

Após serem evidenciados os passos seguidos pelos alunos do grupo G5 na resolução do problema ligado ao movimento do músculo, apresento no quadro a seguir evidências de que o padrão de raciocínio *se / e / então / e ou mas / portanto* acompanhou as atividades desenvolvidas.

Quadro 11 - Padrão de raciocínio usado pelo grupo G5 na resolução do problema “Os nervos estão ligados ao movimento?”

Nº do Recorte	Discursos	Paráfrase do padrão de raciocínio
01	<b>Aluna A</b> – o nervo estimula o músculo ou não? (...) A nossa hipótese é que sim.	<b>Se...</b> os nervos levam informação do cérebro até o músculo para que este se movimente (hipótese)
02	<b>Aluno B</b> – Aí surgiu outra pergunta que foi: será se esses fiozinhos [nervos] podem estar ligados ao movimento? Então, tivemos as nossas hipóteses que sim (...)	
03	<b>Aluna A</b> – Nós vamos (...) procurar o músculo dele e o nervo [do camundongo] e vamos usar uma bateria ( <i>segue diálogo sobre o teste da bateria</i> ) <b>Aluna A</b> – Nós vamos tentar também com várias coisas pra ver o que vai dar certo: a bateria, o fogo... (...) e luminosidade também (...) e magnetismo <b>Professor-coordenador</b> – Então, vocês estão acreditando que existem diferentes formas de energia capazes de produzir contração muscular? <b>Aluna A</b> - É.	<b>E...</b> expusermos o nervo a estímulos provocados por diferentes formas de energia (teste planejado)
04	<b>Aluna A</b> - (...) Sem o nervo, acho que o músculo não serviria pra nada porque não receberia o comando do cérebro, vão os três trabalhando junto.	<b>Então...</b> a pata do animal ligada a esse nervo vai reagir a um ou mais estímulos, movimentando-se (resultado esperado)
05	<b>Aluno B</b> – (...) esses fiozinhos, eles podem estar ligados à massa branca central, pode enviar um comando, e desse comando (...) fazer o movimento da pata.	
06	<b>Aluno B</b> – (...) esses fiozinhos estão ligados a essa massa vermelha [músculo], que está ligada a uma pata. Depois, sobre as energias: a energia térmica não aconteceu nada; a energia mecânica, pegamos no fiozinho e não aconteceu nada; a energia magnética, botamos o imã, não aconteceu nada; somente a energia elétrica fez um estímulo que fez com que a pata do camundongo se mexesse.	<b>E...</b> os testes com a energia elétrica fizeram a pata do camundongo se movimentar. (resultado observado)
07	<b>Aluno B</b> – E aí concluímos que esses fiozinhos brancos estão ligados (...) ao movimento.	<b>Portanto...</b> os nervos estão ligados ao movimento, fazendo o estímulo do músculo (conclusão)

Fonte: recortes com a aluna A são da primeira socialização; recortes com o aluno B são da segunda.

Nos recortes 01 e 02, os alunos A e B apresentam perguntas – *será se esses fiozinhos [nervos] podem estar ligados ao movimento? e o nervo estimula o músculo ou não?* – que conduzem a sentenças declarativas que caracterizam a hipótese. Daí a formulação da paráfrase correspondendo ao elemento **se** do padrão de raciocínio hipotético-dedutivo de Lawson.

No diálogo do recorte 03, é revelado o processo cognitivo de planejamento do teste, em que foi pensado o uso de vários tipos de energia para descobrir se o nervo reage e provoca movimento no músculo. Ao parafrasear essas falas, cheguei ao padrão **e** de raciocínio hipotético dedutivo, indicando o teste imaginado.

Como já foi dito anteriormente, aparece no processo desta pesquisa (recortes 04 e 05) forte indicativo de previsão de resultados para o teste planejado, mesmo que de forma inconsciente. Com isso, o grupo chega ao raciocínio do **então**.

O discurso seguinte refere-se ao registro dos resultados (recorte 06), quando o aluno B descreve exatamente o que o experimento produziu de evidências: uma das energias testadas fez o músculo se movimentar, indicando o elemento **e** de corroboração da hipótese.

Finalmente, no recorte 07, aparece um discurso claro a respeito da conclusão a que o grupo chegou (que os nervos estão ligados ao movimento, já que estimulam o músculo), indicando ser pertinente a correspondência com o padrão **portanto**.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os participantes do Curso de Férias, edições X e XI, desenvolveram raciocínios pertinentes com o padrão *Se/ e/ então/ e ou mas/ portanto* descrito por Lawson (2002, 2004), inferências que acompanharam os passos seguidos pelos grupos durante a formulação e resolução de problemas de biologia propostos por eles próprios, a partir do acervo de animais disponibilizados.

O desdobramento desses passos diferiu em um aspecto da sequência descrita por Lawson, mas sem repercussões sobre o padrão de raciocínio que o autor supõe acompanhar toda descoberta científica. Isso porque a diferença que registrei ocorreu nas etapas iniciais, antes de se chegar à formulação da hipótese, o primeiro elemento do seu modelo lógico-linguístico, o *se*.

A sequência inicial das atividades desenvolvidas pelos grupos segue a descrição de Lawson: começa com uma observação intrigante, algo que I um desequilíbrio cognitivo por não encontrar explicação nos atuais esquemas mentais, levando automaticamente a uma pergunta causal, a formulação de um *porquê* – raciocínios que podemos fazer cotidianamente, sem necessariamente resultar em pesquisa científica.

Mas, antes de vir a geração da hipótese e o planejamento de um teste para confirmá-la – passos seguintes no esquema de Lawson e o que diferencia a atividade científica de outras construções cognitivas, segundo o autor –, registrei o raciocínio para eleger um problema específico a ser trabalhado.

Como a pergunta causal – no exemplo recorrente no curso, por que um trauma na cabeça causa perda de movimentos nos braços e pernas? – pode remeter para uma investigação muito ampla, a boa metodologia científica pede que se delimite um aspecto a ser pesquisado de cada vez, de modo que se possa dar conta da investigação. Além disso, os participantes são orientados a identificar e investigar o que precisam saber para resolver o problema, seguindo os princípios de aprendizado autônomo da ABP.

Assim sendo, a sequência inicial que registrei foi: observação intrigante, formulação de pergunta causal, delimitação de questão-problema. E só depois os demais passos apontados: geração de hipótese, planejamento de teste, previsão para os resultados, execução dos testes, resultados observados e formulação de conclusões.

Considerando que os passos descritos por Lawson não são rígidos, em função do processo da pesquisa não ser linear, este passo a mais (delimitação de uma questão-problema) não chega necessariamente a contradizer o esquema do pesquisador americano, apenas demonstra que a pergunta causal pode redundar em vários ciclos de pesquisa, assim como várias hipóteses podem ser formuladas.

A maioria (72%) dos 29 problemas trabalhados durante as duas semanas de curso buscou responder a perguntas descritivas. Tendo a liberdade e incumbência de formular as questões-problema que seriam investigadas, os participantes começavam com questões simples, buscando subsídios para avançar na pesquisa, suprindo informações que eles ainda não tinham ou sabiam apenas pelo livro didático.

Porém, à medida que estudavam o sistema biológico escolhido, fazendo comparações anatômicas entre diferentes espécies de animais, dissecações, testes simples e experimentos comportamentais com camundongos, alguns grupos investigaram também perguntas causais. O dado evidencia que há um desenvolvimento progressivo no raciocínio dos aprendizes, aspecto que precisa ser respeitado e estimulado no ensino de ciências.

Quanto à escolha da “linha de investigação”, esta foi a grande barreira inicial a ser vencida. Para alguns cursistas professores, fazer perguntas que lhes pareciam óbvias, cujo conteúdo era do domínio de suas aulas de ciências, representou embaraço e desconforto, como se o professor não pudesse dizer que não sabe. Eles demonstraram também dificuldade em questionar o que está “normalizado”, o desejável “estranhar”, “ad-mirar”, olhar de fora, atitude fundamental na pesquisa científica, no aprendizado e outros aspectos da vida.

Há muito se vem falando isso, mas é algo que ainda precisa ser dito e redito: a função do professor como transmissor de conhecimento deve ser revista, repensada, superada. Até porque conhecimento não se transmite, se constrói. Sócrates, Comenius, Piaget, Freire e tantos outros pensadores já apontaram que o aprendizado verdadeiro só acontece quando o aluno tem autonomia para pensar o próprio pensamento, a partir do que recebe do meio, quando interage com o outro e com o mundo.

Já os cursistas alunos, acostumados à aprendizagem passiva, em que o professor direciona tudo, a começar pelo “assunto da aula”, não conseguiram formular perguntas iniciais a partir de observações de seu cotidiano, apesar da

orientação específica neste sentido. O interesse era grande em torno da novidade proporcionada, já que os recursos disponibilizados, embora singelos em comparação com um grande laboratório científico, eram muito superiores ao de um laboratório escolar da rede pública. Porém, quanto à curiosidade epistemológica, esta parecia “esterilizada”.

Este é, tão somente, o outro lado do problema: se o professor ainda acha que deve ser o sabe-tudo na sua área de domínio e vai à escola “passar” uma aula; o aluno fica esperando para receber. A consequência é que a atitude de buscar conhecer além do que está programado nos currículos, de perguntar a respeito dos fatos da vida que passam diariamente diante de nossos olhos, esta é negligenciada.

Seguindo a teoria da Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygostky (FINO, 2011), a posição do professor deve ser semelhante a de um andaime (*scaffolding*), que oferece suporte enquanto o aluno faz suas construções. Ele deve usar a autoridade do argumento e não o argumento de autoridade (DEMO, 2011b); exercitar relacionamentos baseados na cooperação em vez da coação, como define Piaget (LA TAILLE, 1992).

A observação intrigante que motivou 100% dos grupos de alunos foi extraída inicialmente do filme usado para explicar o que é a ABP – a história real de um garoto que foi atingido na cabeça por um ouriço de castanha-do-pará. Mas, à proporção que avançavam na exploração anatômica e estudo dos animais, a curiosidade epistemológica (motivação intrínseca, desejo de conhecimento) era acionada.

O fato das perguntas serem vinculadas ao caso do filme ou surgirem das observações durante os experimentos pode ser um indicativo de que os alunos apresentavam predominantemente raciocínios característicos da fase operatório-concreta, apontando para a necessidade e importância de atividades que estimulem o pensamento formal ou hipotético.

Após o surgimento da pergunta causal e a delimitação da questão-problema, o padrão *Se/ e/ então/ e ou mas/ portanto* foi claramente observado: o **se** referente à formulação da hipótese, o **e** ao planejamento do teste, o **então** ao resultado esperado, o **e** ou **mas** aos resultados observados e o **portanto** à conclusão.

Entretanto, o que fica claro ao observador externo focado em identificar tais inferências, não o é, em todos os seus aspectos, aos participantes e até mesmo para a coordenação do curso. O raciocínio correspondente ao **então**, o resultado

esperado, foi feito sem consciência do fato. No trabalho de todos os grupos, a expectativa de resultado se confundiu com a hipótese e vice-versa, confirmando a tese de Lawson de que esta confusão é um fenômeno universal, que atinge não apenas estudantes, mas também cientistas principiantes.

Nenhum dos grupos, de alunos ou professores, detalhou ou mencionou durante as socializações o que esperavam ver na execução dos testes. Mesmo porque, a orientação que eles recebem da coordenação é apresentar o problema, hipótese, métodos, resultados e conclusão, seguindo o padrão da maioria dos relatórios de pesquisa.

Se a confusão entre hipótese e previsão de resultados é comum porque este padrão de relatório também é comum, significa que a mudança precisa começar nesta orientação metodológica, já que ela influencia e guia o processo da pesquisa.

O caso de um grupo de professores que testou camundongos sob efeito de bebida alcoólica é emblemático, mostrando por que seria útil fazer a previsão de resultados em processos de investigação científica, escolar ou não. Eles esperavam que os camundongos se comportassem tropeçadamente, embora não tenham incluído isso no relato ao auditório.

Ter uma expectativa não apenas de que a hipótese será confirmada (que o álcool afeta o desempenho motor), mas também de que maneira isto pode acontecer (percurso de forma mais lenta e cambaleante), aguça o olhar para uma leitura mais crítica dos resultados observados. Ao contrário do imaginado, os camundongos não hesitaram diante dos obstáculos, levando os cursistas a fazer uma constatação extra: que o álcool provoca euforia.

Dados que contradizem a previsão podem ganhar significados ampliados e resultar em conhecimento novo, o que, de outra forma, poderia passar despercebido ou ser visto apenas como curiosidade.

A impressão é que o exercício de fazer previsão estimula a busca de concepções prévias, acionando subsunçores e preparando o caminho para a aprendizagem significativa descrita por Ausubel. Quando não há correspondência entre o previsto e o fato registrado, instaura-se um desequilíbrio que conduz o sujeito em busca da assimilação ou acomodação, conforme a teoria piagetiana. Tem-se, assim, um conflito cognitivo legítimo, autogerado. E, por não ser provocado artificialmente, este potencializa a motivação intrínseca.

A pesquisa revelou também a curiosidade dos cursistas com o experimento em si, mas pouca habilidade analítica, principalmente no início do processo, apontando para a necessidade de se investir mais em práticas que favoreçam a reflexão.

Os desafios de questionar, formular questões-problema, planejar e realizar pesquisas com metodologia aptas a gerar resultados aceitáveis e confiáveis, aprender com erros, ajustar ou refazer os testes diante dos obstáculos que surgem, o cuidado para que possam de fato responder à pergunta levantada, socializar a produção com o auditório, lidar com a contra-argumentação, todas essas situações favoreceram o exercício de habilidades cognitivas superiores, como observação acurada, raciocínio lógico, organização de ideias e a argumentação fundamentada em evidências.

É a confirmação de que a atividade experimental pode ser rica em situações que desenvolvam a habilidade de raciocinar, desde que seja acompanhada por momentos de reflexão, inclusive sobre o que é e como se faz ciência, desmitificando muitas das distorções sobre a natureza da ciência.

Entre as oportunidades de reflexão, estão os *brainstormings* e trocas nos pequenos grupos, os seminários de socialização e os estímulos para que o aluno faça perguntas e busque respostas aos seus questionamentos. A construção é individual, mas só acontece em função das interações sociais, como apontou Vygotsky.

Faço coro com Hodson (1994), Driver, Newton e Osborne (2000), Silva e Zanon (2000), Jiménez-Aleixandre (2005), Marandino, Selles e Ferreira (2009), Demo (2010, 2011b), Krasilchik (2011) e Sasseron e Carvalho (2011) de que o ensino da prática reflexiva e argumentativa deveria ter lugar de mais destaque no ensino de ciências, ser um de seus objetivos primordiais. Não dá mais para nos omitirmos, quando os próprios mecanismos de avaliação internacional, como o PISA, já estão considerando a aprendizagem de ciências mais como a habilidade de raciocinar do que a simples aquisição de conceitos.

Eis aí um aspecto crucial desta discussão. O que é mais importante: saber a resposta ou saber buscar a resposta?

Um ponto considerado fraco na ABP é que os alunos têm um bom entendimento funcional, mas nem sempre sabem nomear entidades ontológicas e epistemológicas (RIBEIRO, 2008). Malheiro (2009) também constatou isso no Curso

de Férias, pois ensinar os nomes científicos não era a prioridade. A pergunta que não quer calar é: qual deve ser a prioridade?

Acompanhando Lawson (1994), penso que o ideal é buscar um equilíbrio entre o ensino de conhecimentos procedimentais (saber como) e conceituais (saber que). Mas qual seria este ponto de equilíbrio? Quais os conceitos que não podem deixar de ser ensinados/aprendidos?

Saber como se chama o menor osso do corpo humano e onde ele se localiza é importante? Para participar de um programa de perguntas e respostas na TV, com certeza. E se existem programas assim é porque a sociedade valoriza esse tipo de desempenho e habilidade.

Cabe, portanto, à universidade, como centro de formação, de produção e disseminação de conhecimento e valores, como catalisadora de mudanças educacionais e sociais, promover essa discussão.

É realmente um ponto fraco não saber os conceitos que compõem o corpo de conhecimento considerado obrigatório a um cidadão de nível educacional médio? E qual seria este conteúdo obrigatório? O mercado de trabalho não tem cobrado muito mais atitudes e habilidades resolutivas do que acúmulo de informação?

Se o raciocínio é a principal ferramenta usada nas construções cognitivas e na formação dos conceitos, estimulá-lo deve ser a prioridade. Por outro lado, os *Ciclos de Aprendizagem* apresentados por Lawson (1994), o *Modelo de Ensino-aprendizagem Centrado na Resolução de Problemas* de Lopes e Costa (1996) e a *Aprendizagem como Investigação Orientada* de Cachapuz *et al* (2011) permitem deduzir que a atividade de construir conceitos, quando feita de modo significativo e não arbitrário, é um exercício que desenvolve a habilidade de raciocinar.

A construção de conceitos e a estimulação do raciocínio devem, portanto, andar de mãos dadas, sem que uma se distancie muito da outra. O professor deve estar preparado para saber qual é este ponto de equilíbrio, ter autonomia para decidir, juntamente com os alunos, a respeito do conteúdo a ser estudado. Ainda que tenha que seguir orientações curriculares nacionais e regionais, deve ser amparado legalmente nesta direção.

Documentos oficiais já dizem que os conteúdos curriculares não são fins em si mesmos, que desenvolver competências cognitivas ou sociais deve ter prioridade sobre as informações. Então, por que cumprir o programa curricular ainda parece ser o objetivo número um em nossas escolas? Haveria uma contradição nos

instrumentos legais? Se por um lado é dito que promover habilidades como o raciocínio deve ter a primazia, por outro é apresentado uma grande quantidade de tópicos a serem explorados – e automaticamente cobrados no vestibular.

Sabemos que o tempo apaga rapidamente as informações que não são utilizadas ou não tem relevância para o contexto em que a pessoa vive. O século presente, de conhecimentos substituíveis pela velocidade com que surgem novos fatos científicos – certo conteúdo de um ano pode não valer mais para o outro –, pede uma nova metodologia para esta era da informação.

A obrigatoriedade de cumprir um currículo centrado em grande quantidade de conteúdos teóricos parece ser um importante obstáculo à formação para o saber pensar. Por isso, desenvolver a capacidade argumentativa e estimular a passagem do pensamento concreto para o pensamento hipotético-dedutivo devem estar no topo dos objetivos curriculares, mas também no planejamento do ensino, da formação de professores e, conseqüentemente, das pesquisas em educação em ciências e outras áreas.

O modelo lógico-linguístico de Lawson para o padrão de pensamento presente na construção e descobertas de novos conhecimentos mostra-se útil nessa tarefa de promover a habilidade de raciocínio, na medida em que oferece ao professor uma ferramenta de observação e avaliação sobre como os alunos estão pensando, dando-lhe oportunidade de planejar ações e intervenções pedagógicas.

O fato dos participantes do Curso de Férias terem um modelo a seguir (definir problema, hipótese, métodos, resultados e conclusão) guiou os seus passos ao longo das pesquisas realizadas. Isso mostra que dar-se conta dos processos cognitivos que estão ocorrendo no cérebro (habilidade metacognitiva) pode ser um “poderoso instrumento” para guiar as reflexões e melhorar o desempenho (LAWSON, 2000, 2002).

É importante ressaltar que esta conclusão não tem implicações com o fato de o método hipotético-dedutivo ser ou não o único método científico válido. Esta provocação de Lawson (2002) remete, porém, para algo que vai ganhando destaque e evidência no meio científico: a relevância das analogias na construção do conhecimento.

No momento em que me preparava para escrever esta conclusão (maio de 2013), li uma notícia a respeito de um livro recém-lançado nos Estados Unidos intitulado *Surfaces and essences* (Superfícies e essências, em tradução livre), do

físico e pesquisador cognitivista Douglas Hofstadter e do psicólogo Emmanuel Sander<sup>67</sup>. Em mais de 600 páginas, eles apresentam a tese de que o cérebro pensa através de analogias, que esta é a matéria-prima do pensamento.

Lawson (2000, 2004, 2005) mostra que as hipóteses se originam nelas, nas analogias, o que também constatei no Curso de Férias. Os participantes usaram analogias não só na formulação das hipóteses, mas também na elaboração dos testes, trazendo experiências de outros contextos para solucionar os problemas com os quais estavam lidando.

Parece, então, não haver conflito Lawson (2002) dizer que a essência do método científico é hipotético-dedutiva, quando ele próprio também já dizia que as hipóteses derivam de analogias e esta é a forma como a humanidade adquire conhecimento. O problema talvez esteja em confundir a essência do método com o próprio método, já que o entendimento predominante é de que não existe um meio unicamente válido de se fazer ciências.

Daí a importância dos conhecimentos prévios na construção e descoberta de novos conhecimentos, como apontaram Piaget e Ausubel. Por isso usar em uma aula recomendações do tipo “esqueçam o que vocês viram ou aprenderam até agora” não seria indicado, como constatei na pesquisa. Quando o intuito for o de provocar nos alunos a atitude de “estranhar” e olhar com outros olhos o que parece óbvio, caso do Curso de Férias, o ideal é falar em suspender temporariamente a informação, distanciar-se dela até que os dados possam ser ressignificados.

Ao fazer este trabalho, tive também a grata oportunidade de discutir a respeito da aparente contradição entre construção e descoberta do conhecimento, “descobrimo” que uma não exclui necessariamente a outra, sendo os dois lados da mesma moeda.

Por fim, esta pesquisa mostrou que contextos de ensino e aprendizagem baseados em problemas, em investigações para responder a questões levantadas ou assumidas como suas pelos aprendizes cria uma série de oportunidades não só para promover raciocínios, mas também favorece um aprendizado significativo, não apenas baseado na memória de curto prazo.

---

<sup>67</sup> Disponível em:<<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaio/109589-fronteiras-do-pensamento.shtml>>  
Acesso: 15 mai 2013.

Há propostas de ABP possíveis de ser praticadas no ensino básico, sem que precisem orientar o currículo inteiro, como acontece em alguns cursos de nível superior. A experiência do Curso de Férias mostra que a metodologia pode ser aplicada em determinadas situações, assim como a proposta que Leite e Afonso (2001) adaptaram para o ensino básico em Portugal.

No subcapítulo sobre algumas propostas metodológicas (p. 92 a 99), apresentei também outras abordagens que se baseiam em problemas e podem ser muito úteis no dia a dia do professor que deseja promover a habilidade de raciocinar e argumentar de seus alunos. A proposta de Cachapuz *et al* (2011), inclusive, se aproxima muito da que é adotada no Curso de Férias.

São propostas que podem favorecer a aplicação do padrão *se/ e/ então/ e ou mas/ portanto* e colaborar para formar sujeitos “pensantes” e autônomos.

## REFERÊNCIAS

ALLCHIM, Douglas. Lawson's Shoehorn, or Should the Philosophy of Science Be Rated 'X'? **Science & Education**, v. 12, p. 315–329, 2003.

ALMEIDA, Maria da Conceição Xavier. **Complexidade, saberes científicos, saberes da tradição**. São Paulo (SP): Editora Livraria da Física, 2010.

\_\_\_\_\_. Claude Lévi-Strauss e três lições de uma Ciência primeira. **Cronos: Narradores do Sensível - Revista do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da UFRN**, v.9, n. 2 jul./dez. 2008 – Natal (RN): EDUFRN. 2008.

AMARAL, Ivan Amorosino. Conhecimento formal, experimental e estudo ambiental. **Ciência & Educação**, v. 3, dezembro de 1997.

ANDRADE, Mariana A. B. S. **Possibilidades e limites da aprendizagem baseada em problemas no ensino médio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

ARAÚJO, Ulisses; ARANTES, Valéria. Comunidade, Conhecimento e Resolução de Problemas: o projeto acadêmico da USP Leste. In. ARAÚJO, Ulisses F. e SASTRE, Genoveva (orgs.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior**. Porto Alegre (RS): Summus Editorial, 2009.

\_\_\_\_\_; SASTRE, Genoveva. (orgs.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior**. Porto Alegre (RS): Summus Editorial, 2009.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. 5ª Edição. Tradução: Magda S. S. Fonseca. Campinas, SP: Papyrus, 1995.

BELLODI, Patrícia Lacerda. **O que é um tutor?** Representações do papel em um grupo de professores da FMUSP. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.fm.usp.br/tutores/public/congresso4.php>>. Acesso em: 21 mar. 2012.

BERBEL, Neuzi. A Problematização e a Aprendizagem Baseada em Problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2. nº 2, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/icse/v2n2/08.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

BERGSON, Henri. **A Filosofia de Claude Bernard**: discurso proferido na cerimônia de centenário de Claude Bernard, no Collège de France, 30 de dezembro de 1913. Traduzido por Maristela Bleggi Tomasini. Disponível em < <http://pt.scribd.com/doc/6240769/A-Filosofia-de-Claude-Bernard> > Acesso em: 04.04.2013.

BIZZO, Nélío. Biologia. In: **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Brasília (DF). Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica–SEB, Departamento de Políticas de Ensino Médio, 2004. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/07Biologia.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2012.

BLOG LBMG, 2010. **Prof. Leopoldo de Meis recebe prêmio “Faz a Diferença”**. Disponível em <<http://bloglbg.wordpress.com/2010/03/25/prof-leopoldo-de-meis-recebe-premio-faz-a-diferenca/>>. Acesso em: 12 fev. 2012.

BOGDAN, Robert.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**. Porto (Portugal): Ed.Porto, 1994.

BORGES, Regina Maria Rabello; LIMA, Valderez Marina do Rosário. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. V. 6 N° 1, 2007.

BRANDA, Luis. A Aprendizagem Baseada em Problemas: o resplendor tão brilhante de outros tempos. In. ARAUJO, Ulisses; SASTRE, Genoveva. (Orgs.) **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. São Paulo (SP): Summus, 2009.

BRASIL. Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação. Resolução CEB/CNE nº 03/1998. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília.

BRASIL. Presidência da República. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Brasília (DF): Lei nº 3.946/96.

CACHAPUZ, Antônio; GIL-PEREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo (Orgs.) **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. 2ª ed. São Paulo (SP): Cortez, 2011.

CALLEGARI, Cesar. Sociologia e Filosofia nas escolas: qual é o problema?. **Revista Sociologia**, Edição 14, 2007. Disponível em: <<http://sociologiacienciaevida.uol.com.br/ESSO/Edicoes/14/artigo69923-1.asp>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

CAPRA, Fritjof. **O Ponto de Mutação**: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. 25ª ed. São Paulo: Cultrix, 1982.

CARDOSO, Nelson Leite. **A utilização do software educacional de simulação e modelagem “Interactive Physics” como instrumento de promoção da aprendizagem significativa de conceitos de Física**: uma investigação pedagógica a partir da proposição de situações-problema. Dissertação (mestrado em ciências da computação). Universidade Federal de São Carlos, 2003.

CARLINI, Angélica Lucía. **Aprendizagem Baseada em Problemas aplicada ao Ensino de Direito**: projeto exploratório na área de relações de consumo. Tese de Doutorado em Educação. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2006.

CARON, Carlos Alberto. **Aprendizagem problematizada no ensino médico na perspectiva do construtivismo piagetiano**. Dissertação (mestrado em Educação). Universidade Federal do Paraná. Curitiba (PR), 2004.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Introduzindo os Alunos no Universo da Ciência, p. 71- 77. In: WERTHEIN, Jorge; CUNHA, Célio (orgs). **Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas**. 2.ed. Brasília (DF): UNESCO. São Paulo (SP): Instituto Sangari, 2009.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma Metodologia de Pesquisa para Estudar os Processos de Ensino e Aprendizagem em Salas de Aula. In: SANTOS, Flávia Maria Teixeira; GRECA, Ileana María (Orgs). **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. Ijuí (RS): Ed. Unijuí, 2006.

CHALMERS, Allan F.. **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Fiker. São Paulo (SP): Brasiliense, 1993.

CHASSOT, Attico, **A Ciência Através dos Tempos**. 4ª ed. São Paulo (SP): Moderna, 1994.

CHEN, Chi-Wen; FENG, Rung-Fen; CHIOU, Ai-Fu. Vygotsky's Perspective Applied to Problem-Based Learning in Nursing Education. **Fu-Jen Journal of Medicine**. V.7 No.3, 2009, p. 141-147.

CYRINO, Eliana Goldfarb; TORALLES-PEREIRA, Maria Lúcia. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro (RJ), 20(3): p.780-788, mai-jun, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v20n3/15>>. Acesso em 22 nov. 2012.

DECKER, Isonir da Rosa; BOUHUIJS, Peter. Aprendizagem Baseada em Problemas e Metodologia da problematização: identificando e analisando continuidades e descontinuidades nos processos de ensino-aprendizagem. In. ARAUJO, Ulisses; SASTRE, Genoveva. (Orgs.) **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. São Paulo (SP): Summus, 2009.

DEELMAN, Annechien; HOEBERIGS, Babet. A ABP no Contexto da Universidade de Maastrich. In. ARAUJO, Ulisses; SASTRE, Genoveva. (Orgs.) **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. São Paulo (SP): Summus, 2009.

DELORS, Jacques (org.). **Educação - Um Tesouro a descobrir**: Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Brasília (DF): Unesco no Brasil. São Paulo (SP): Cortez, 1998. Disponível em: <[http://ftp.infoeuropa.euroid.pt/data\\_base/000046001-000047000/000046258.pdf](http://ftp.infoeuropa.euroid.pt/data_base/000046001-000047000/000046258.pdf)> Acesso em: 20 mar. 2012.

DEMO, Pedro. **Educação e alfabetização científica**. Campinas(SP): Papyrus, 2010.

\_\_\_\_\_. **Saber Pensar**. 7ª ed. São Paulo (SP): Cortez, instituto Paulo Freire, 2011a. (Guia da escola cidadã; v. 6)

\_\_\_\_\_. **Praticar ciência**: metodologias do conhecimento científico. São Paulo (SP): Saraiva, 2011b.

DOCHY, Filip; SEGERS, Mien; VAN DEN BOSSCHE, Piet; GIJBELS, David. Effects of problem-based learning: a meta-analysis. **Learning and Instruction**, v. 13, n. 5, p. 533-568, 2003. Disponível em: <<http://arno.unimaas.nl/show.cgi?fid=15857>> Acesso em: 20 nov. 2012.

DRIVER, Rosalinda; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, nº 9, maio de 1999.

\_\_\_\_\_. NEWTON, Paul; OSBORNE, Jonathan (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v. 84, Issue 3, pages 287–312, maio de 2000.

FEYERABEND, Paul K. **Contra o método**. Tradução: Cezar Augusto Mortari. São Paulo: Editora Unesp, 2007.

FERRAZ, Iara. **Os Parkatêjê das matas do Tocantins**: a epopeia de um líder timbira. Dissertação de mestrado. São Paulo (SP): Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, 1983.

FERREIRA, Ivan Amoroso. Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. **Ciência & Ensino**, v. 3, dezembro, 1997.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 18ª Ed. Rio de Janeiro (RJ): Paz e Terra, 1988.

FINO, Carlos Nogueira. Vygostky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, nº 2, p 273-291, 2001.

GALVÃO, Arthur; ALVES, J. A. Introdução Histórica às Ciências Cognitivas. **Jornal de Ciências Cognitivas**. Sociedade Portuguesa de Ciências Cognitivas. Jan/fev, 2006. Disponível em: <<http://jcienciascognitivas.home.sapo.pt/06-01alvесеartur.html>> Acesso em: 20 mar. 2011.

GADOTTI, Moacir. **História das Ideias Pedagógicas**. 8ª Ed. São Paulo (SP): Editora Ática, 2006.

GAZZETA, Marineusa. **Laboratório vivencial**: uma proposta pedagógica. Campinas (SP): mimeografado, 1989.

GENTIL, Rosana Maura. **Aprendizagem Baseada em Problemas: saúde e educação numa tessitura interdisciplinar**. Dissertação (mestrado em Educação). Universidade Cidade de São Paulo - Unid. São Paulo (SP), 2009.

HARLAND, Toni. Vygotsky's Zone of Proximal Development and Problem-based Learning: linking a theoretical concept with practice through action research. **Teaching in Higher Education**, v. 8, nº 2, p. 263–272, 2003.

HILGERT, José Gaston. Procedimentos de Reformulação: a Paráfrase. In: PRETI, Dino (Org.). **Análise de Textos Oraís**. 2ª ed. São Paulo (SP): Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, 1995.

HODSON, Derek. Existe um Método Científico?. Trad. e Adap. de: "Is there a scientific method?" **Education in Chemistry**, v. 19, p. 112 – 116, 1982. Disponível em: <<http://www2.iq.usp.br/docente/famaxim/disciplina/qfl4600/hodson2006.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2011.

\_\_\_\_\_. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Ensenanza de las Ciências**, Barcelona, v. 12, nº.3, p.299-313, 1994.

\_\_\_\_\_. Algumas reflexões sobre alfabetização científica: motivos, significados e implicações curriculares. **Ásia-Pacífico Fórum de Ciência e Ensino Aprendizagem**, v. 3, edição 1, junho de 2002.

HOUAISS. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro (RJ): Objetiva, 2009.

IOCHIDA, Lúcia Christina. **Os sete passos**. Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.unifesp.br/centros/cedess/pbl/sete.html>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário básico de filosofia**. 4ª ed. atual. São Paulo (SP): Zahar, 2006.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, Maria Pilar. A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula, **ATAS do V ENPEC**, Bauru, 2005.

KOMATSU, Ricardo; ZANOLLI, Maurício; LIMA, Valéria; PEREIRA, Sissi; FIORINI, Vânia; BRANDA, Luís; PADILHA, Roberto (editores). **Guia do Processo de Ensino-Aprendizagem "Aprender a Aprender"**. 4ª ed. Marília (SP): Faculdade de Medicina de Marília - Famema, 2003. Disponível em: <<http://www2.unifap.br/midias/files/2012/04/guia2003.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2012.

KRASILCHIK, Myriam. **O Professor e o Currículo das Ciências**. São Paulo (SP): Editora da Universidade de São Paulo, 1987.

\_\_\_\_\_. **Prática de ensino de biologia**. 4ª ed. rev. ampl, 3ª reimp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

\_\_\_\_\_. Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14 (1), p. 85-93, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2012.

LA TAILLE, Yves. O lugar da interação social na concepção de Jean Piaget. In: LA TAILLE, Yves; OLIVEIRA, Marta Kohl; DANTAS, Heloisa. **Piaget, Vygostky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo (SP): Summus, 1992.

LATOURE, Bruno. **Ciência em ação**. Tradução: Ivone C. Benedetti. São Paulo (SP): Unesp Editora, 2000.

LAWSON, Anton. Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico e y sistemas conceptuales. **Ensenanza de las Ciencias**. 12 (2), 165-187, 1994.

\_\_\_\_\_. How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of knowledge? In. **Science & Education**, v. 9 (6), p. 577-598, 2000.

\_\_\_\_\_. What does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process of Scientific Discovery? **Science & Education**, v. 11, p. 1-24, 2002.

\_\_\_\_\_. Allchin's Shoehorn, or Why Science is Hypothetico-Deductive. **Science & Education**, v. 12, p. 331-337, abril de 2003.

\_\_\_\_\_. T. rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. **Science & Education**, 13, p. 155-177, 2004.

\_\_\_\_\_. What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry? **Journal of Research in Science Teaching**, 42(6), p. 716-740, 2005.

\_\_\_\_\_; ALKHOURY, S.; BENFORD, R.; CLARK, B. B.; FALCONER, K. A. What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, p. 996-1018, 2000.

\_\_\_\_\_; WOLLMAN, W.T. Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning - an experiment. **Journal of Research in Science Teaching**, 40 (suplement), p. 33-50, 2003.

LEITE, Laurinda; ESTEVES, Esmeralda. **Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em ensino de física e química**. Universidade do Minho, Instituto de Educação e Psicologia, Centro de Investigação em Educação, 2005. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/5537>>. Acesso em 18 mar. 2012.

\_\_\_\_\_; AFONSO, Ana Sofia. Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: características, organização e supervisão. **Boletín das Ciências**, ano XIV, nº 48, novembro de 2001.

LEE, Robert M. K. W; KWAN, Chiu-Yin. The use of Problem-Based Learning in Medical Education. **Journal Medical Education**, v. 1, nº 2, 1997.

LÉVI-STRAUSS, Claude. **O Pensamento Selvagem**. 12ª ed. Campinas (SP): Papirus, 2011.

LIMA, Valéria; KOMATSU, Ricardo; PADILHA, Roberto. Desafios ao desenvolvimento de um currículo inovador: a experiência da Faculdade de Medicina de Marília. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, Botucatu (SP), v 7, nº 12, p.175-84, fevereiro de 2003 (Seção Espaço Aberto).

LOCATELLI, Rogério José. **Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico**. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências), USP. São Paulo (SP), 2006.

\_\_\_\_\_. CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, 2007.

LOPES, Bernardino; COSTA, Nilza. Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Centrado en la Resolución de Problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. **Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, v.14, n.1, p.45-61, 1996.

MALHEIRO, João Manoel da Silva. **Panorama da Educação Fundamental e Média no Brasil: o modelo da Aprendizagem Baseada em Problemas como experiência na prática docente**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Belém (PA): IEMCI/UFPA, 2005.

\_\_\_\_\_. **A resolução de problemas por intermédio de atividades experimentais investigativas relacionadas à biologia: uma análise das ações vivenciadas em um curso de férias em Oriximiná (PA)**. Tese (doutorado em Educação para a Ciência). Bauru (SP): Universidade do Estado de São Paulo (Unesp), 2009.

\_\_\_\_\_; DINIZ, Cristovam Wanderley Picanço. Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino de Ciências: a mudança de atitudes de alunos e professores. In: NARDI, R. (Org.). **Atas do V Encontro Nacional em Educação em Ciências**. Caderno de Resumos, v. 5. Bauru (SP): ABRAPEC, 2005.

\_\_\_\_\_; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baiarl. A Aprendizagem Baseada em Evidências (ABE) e o Raciocínio hipotético-dedutivo envolvendo alunos do ensino médio: uma análise realizada em uma escola de Belém (PA). In: **II Congresso Brasileiro de Educação**. Bauru (SP): UNESP, 2009.

\_\_\_\_\_; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baiarl. A Experimentação no Ensino de Ciências: uma análise do discurso docente envolvendo o raciocínio hipotético-dedutivo. **Revista da SBEnBio: III Encontro Nacional de Ensino de Biologia - IV Encontro Regional de Ensino de Biologia da Região 5 e V Congresso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales**, São Paulo (SP), v. 3, 2010.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009 (Coleção Docência em Formação, Série Ensino Médio).

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 6ª ed. revista e ampliada. São Paulo (SP): Atlas, 2011.

MARTINS, Jane Gonçalves. **Aprendizagem Baseada em Problemas Aplicada a Ambiente Virtual de Aprendizagem**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (SC). 2002. Acesso em: 10 abr. 2011.

MAYR, Ernest. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília (DF): Editora UNB, 1998.

MEIS, Leopoldo de. **A bioenergética e a energética de uma vida**. Rio de Janeiro (RJ): Instituto de Bioquímica Médica/UFRJ, 2008. Disponível em: < [www.imbebb.org.br/posgrad/arquivos/Leopoldo-Biografia.pdf](http://www.imbebb.org.br/posgrad/arquivos/Leopoldo-Biografia.pdf) >. Acesso em: 02 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. Educação em Ciências. In: WERTHEIN, Jorge; CUNHA, Célio (orgs). **Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas**. 2.ed. Brasília (DF): UNESCO. São Paulo (SP): Instituto Sangari, 2009.

\_\_\_\_\_; FONSECA, Lúcia. O ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, nº 55, jul./set de 1992.

MIZUKAMI, Maria da G. Nicoletti. **Ensino: as abordagens do processo**. Reimpr. da ed. 1986. São Paulo (SP): Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

MORAES, Magali A.; MANZINI, José E. Concepções sobre a aprendizagem baseada em problemas: um estudo de caso na Famema. In: **Revista Brasileira de Educação Médica**, Rio de Janeiro (RJ), v.30, nº 3, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-55022006000300003arttext>>. Acesso em 25 abr. 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. In: MOREIRA, Marco Antônio; CABALLERO, Maria Concesa; RODRÍGUEZ, María Luz (Orgs.) **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. p. 19-44, 1997.

\_\_\_\_\_. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educação**, v. 4(2), p. 38-44, 2005.

\_\_\_\_\_. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação na sala de aula**. Brasília (DF): UNB, 2006.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro (RJ): Bertrand Brasil, 2002.

MOTTA, Carlos. **Livre pensar**. Blog Crônicas do Motta, 4 de abril de 2011. Disponível em: <<http://cronicasdomotta.blogspot.com.br/2011/04/livre-pensar.Html>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

MURCHO, Desidério. **Introdução à Lógica**. Ouro Preto (Portugal). Universidade Federal de Ouro Preto 2010. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/39605491/Introducao-Logica-Desiderio>> ou em <<http://dmurcho.com>>. Acesso em 19 jan. 2012.

NEVES, Renato Martins. **Desenvolvimento de Competências de Gerentes Intermediários na Construção Civil através da Adaptação da Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS. Porto Alegre (RS), 2006. Acesso em: 10 abr. 2011.

OLIVEIRA, Jorge. **Gestão da Inovação**. Sociedade Portuguesa da Inovação. Principia Editora, 1999. Disponível em: <<http://www.spi.pt/documents/books/inovint>>. Acesso em: 24 mai. 2012.

OLIVEIRA, Marta Kohl. Vygostky e o processo de formação de conceitos. In: LA TAILLE, Yves; OLIVEIRA, Marta Kohl; DANTAS, Heloisa. **Piaget, Vygostky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo (SP): Summus, 1992.

ORLANDI, Eni Puchinelli. **Análise de Discurso: princípios e procedimentos**. 8ª ed. Campinas (SP): Pontes, 2009.

OXFORD. **Advanced Learner's Dictionary of current English**. 6ª ed. New York (EUA): Oxford University, 2000.

PARRA, Nélio. **O adolescente segundo Piaget**. São Paulo (SP): Pioneira, 1983. (Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais – Série Cadernos de Educação).

PARENTE, Andrela Garibaldi Loureiro. **Práticas de investigação no ensino de ciências: percursos de formação de professores**. Tese (doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, 2012.

PENAFORTE J. John Dewey e as raízes filosóficas da aprendizagem baseada em problemas. In: MAMEDE, S.; PENAFORTE, J.; SCHMIDT, H.; CAPRARA, A.; TOMAZ, J.B.; SÁ, H.. (Orgs). **Aprendizagem baseada em problemas: anatomia de uma nova abordagem educacional**. Fortaleza: Escola de Saúde Pública/São Paulo: Editora Hucitec; p. 49-78, 2001.

PEREIRA, Júlio César Rodrigues. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as Ciências da Saúde, Humanas e Sociais**. São Paulo (SP): Edusp-Fapesp, 2004.

PERELMAN, Chaïm; OLBRECHTS-TYTECA, Lucie. **Tratado da argumentação: a nova retórica**. 2ª ed. São Paulo (SP): Martins Fontes, 2005.

PIAGET, Jean. **Psicologia e Pedagogia: a resposta do grande psicólogo aos problemas do ensino**. 10ª ed. rev. Rio de Janeiro (RJ): Forense Universitária, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Seis Estudos de Psicologia**. 24ª ed. rev. Rio de Janeiro (RJ): Forense Universitária, 2010b.

\_\_\_\_\_. **Epistemologia Genética**. 4ª edição. São Paulo (SP): WMF Martins Fontes, 2012.

PLANTIN, Christian. **A argumentação: história, teorias, perspectivas**. São Paulo: Parábola, 2008.

POPPER, Karl. **Conjecturas e Refutações**: o desenvolvimento do conhecimento científico. Tradução: Benedita Bettencourt. Coimbra (Portugal): Almedina, 2006.

\_\_\_\_\_. **A Lógica da Pesquisa Científica**. 13ª reimpr. da 1ª ed. de 1975. Tradução: Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo (SP): Cultrix, 2007.

QUEIROZ, Danielle; VALL, Janaína; SOUZA, Ângela Maria; VIEIRA, Neiva. Observação participante na pesquisa qualitativa: conceitos e aplicações na área da saúde. **Revista de Enfermagem da URFJ**. Rio de Janeiro (RJ), v. 15(2), p. 276-283, abr./jun de 2007, Disponível em: <<http://www.facenf.uerj.br/v15n2/v15n2a19.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2012.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 22ª ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2011.

RIBEIRO, Luiz Roberto de Camargo. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na educação em Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, p. 23-32, 2008. Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/ree/article/view/396/259>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

RIBEIRO, Luiz Roberto de Camargo; MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. Uma Implementação da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Pós-Graduação em Engenharia sob a Ótica dos Alunos. **Revista Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina (PR), v. 25, p. 89-102, 2004.

ROCHA, Enrique; AIRES, Marcos. **A lógica do cotidiano**: como o raciocínio lógico contribui para seu desenvolvimento profissional. Niteroi (RJ): Impetus, 2010.

ROSÁRIO, Daísa Gomes do. **Formação de Professores**: a Aprendizagem Baseada em Problemas e sua contribuição para o desempenho do professor na sala de aula. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Belém (PA), IEMCI/UFPA, 2005.

RUÉ, Joan. Aprender com Autonomia no Ensino Superior. In. ARAUJO, Ulisses; SASTRE, Genoveva. (Orgs.) **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. São Paulo (SP): Summus, 2009.

SANTOS, Jonas Floriano Gomes dos. **Construção ou Descoberta**. Site INAPE Araçatuba (SP). Disponível em: <<http://www.inape.org.br/colunas/fisica-conceito-historia/construcao-ou-descoberta>> Acesso em 03.03.2013.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, nº 3, 333-352, 2008.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento para estudos de argumentação no ensino de ciências. **Revista Ensaio**. v. 13, nº 03, p. 243-262, set/dez de 2011.

SCHMIDT, Henk. Problem-based learning: rationale and description. **Medical Education**, v. 17, p. 11-16, 1983. Disponível em: <[http://repub.eur.nl/res/pub/2745/eur\\_schmidt\\_143.pdf](http://repub.eur.nl/res/pub/2745/eur_schmidt_143.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2012.

SCHMIDT, Henk. Foundations of problem-based learning: some explanatory notes. **Medical Education**, v. 27, p. 422 – 432, 1993. Disponível em: <<http://repub.eur.nl/res/pub/2709/>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

SILVA, Lenice Heloísa de Arruda; ZANON, Lenir Basso. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, Roseli Pacheco; ARAGÃO, Rosália M. R. de. **Ensino de ciências, fundamentos e abordagens**. São Paulo: CAPES/UNIMEP, 2000.

SILVA, Viviane; DEJUSTE, Maria Tereza. A abordagem PBL e suas possibilidades no ensino da matemática. In: **XIII INIC-Encontro Latino americano de Iniciação Científica e IX EPG-Encontro Latino Americano de Pós-graduação da UNIVAP**, 2009. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/.../0872\\_0685\\_01pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/.../0872_0685_01pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2011.

SOUZA, Sidnei de Oliveira. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL – Problem-Based Learning)**: estratégia para o ensino e aprendizagem de algoritmos e conteúdos computacionais. Dissertação (mestrado em Educação). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011.

TOULMIN, Stephen E. **Os usos do argumento**. 2ª ed. São Paulo (SP): Martins Fontes, 2006.

UEL, Universidade Estadual de Londrina (PR). **Metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas**. Londrina(PR), 2012. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/moises/Arquivos/aprendizagembaseadaemproblemas.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Ensino de Ciências – o futuro em risco**. Brasília (DF): UNESCO no Brasil. Série Debates VI, 2005. Disponível em:<[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/ DetalheObraForm.do?select\\_ac tion=&co obra=65668](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_ac tion=&co obra=65668)>. Acesso em jan. 2012.

VALADARES, Jorge. A Teoria da Aprendizagem Significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, p. 36-57, 2011.

VELHO, Gilberto. Observando o familiar. IN NUNES, Edson de Oliveira (Org.) **A aventura sociológica**. Rio de Janeiro (RJ): Zahar, 1978.

WERTHEIN, Jorge; CUNHA, Célio (Orgs). **Ensino de Ciências e Desenvolvimento**: o que pensam os cientistas. 2.ed. Brasília (DF): UNESCO. São Paulo (SP): Instituto Sangari, 2009. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001859/185928por.pdf>>. Acesso em 18 dez. 2011.

## ANEXO



comitê de ética em pesquisa  
com animais de experimentação

**PARECER BIO052-12**

**Projeto:** IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZADO EM CURSOS DE FÉRIAS: SELEÇÃO DE TALENTOS EM ESCOLAS PÚBLICAS NO INTERIOR DO ESTADO DO PARÁ

**Coordenador:** Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz

**Área Temática:** Biologia-Anatomia

**Vigência:** 03/2012 a 03/2014

**Nº no CEPAE-UFPA:** BIO052-12

O projeto acima identificado foi avaliado pelo Comitê de Ética Em Pesquisa Com Animais de Experimentação da Universidade Federal do Pará (CEPAE). O tema eleito para a investigação e de alto teor científico justificando a utilização do modelo animal proposto. Os procedimentos experimentais utilizados seguem as normas locais e internacionais para tratamento e manipulação de animais de experimentação. Portanto, o CEPAE, através de seu presidente, no uso das atribuições delegadas pela portaria Nº 3988/2011 do Reitor da Universidade Federal do Pará, resolve **APROVAR** a utilização de animais de experimentação nas atividades do projeto em questão, no período de vigência estabelecido. As atividades experimentais fora do período de vigência devem receber nova autorização deste comitê.

Belém, 02 março de 2012

Prof. Dr. Wallace Gomes Leal  
Presidente CEPAE-UFPA