

ERALDO JOSÉ MADUREIRA TAVARES

**EVOLUÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE ALUNOS DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFBA SOBRE A NATUREZA
DA CIÊNCIA:**

**INFLUÊNCIAS DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA, DAS DISCIPLINAS
DE CONTEÚDO ESPECÍFICO E DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA
E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências à comissão Julgadora da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, sob a orientação do Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani e co-orientação do Prof. Dr. Pedro Luís Bernardo da Rocha.

Universidade Federal da Bahia

Salvador – 2006

ERALDO JOSÉ MADUREIRA TAVARES

**EVOLUÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE ALUNOS DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFBA SOBRE A NATUREZA
DA CIÊNCIA:**

**INFLUÊNCIAS DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA, DAS DISCIPLINAS
DE CONTEÚDO ESPECÍFICO E DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA
E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS**

Universidade Federal da Bahia

Salvador – 2006

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu orientador, o Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani, por sua dedicação, inteligência, erudição e humanidade, com as quais me acompanhou nesta jornada pelo saber. Agradeço a meu co-orientador, o Prof. Dr. Pedro Luís Bernardo da Rocha, Zoólogo de notável talento matemático, pela significativa contribuição que trouxe para a elaboração e execução do tratamento estatístico da dissertação.

Merecem menção, sem dúvida, o Prof. Dr. Olival Freire Jr, por sua gentil cooperação com os alunos do mestrado enquanto Coordenador; e o secretário do Mestrado, Orlando, por sua disposição incansável no cumprimento de seu papel.

Agradeço, adicionalmente, e de maneira especial, à meus pais pelo apoio que me deram no cumprimento desta etapa.

PÁGINA DE APROVAÇÃO

Comissão julgadora

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1. <i>As questões de pesquisa deste trabalho</i>	18
 Capítulo I	
O QUE CONSTITUIRIA UMA VISÃO ADEQUADA DE CIÊNCIA?	20
1. <i>Pode-se falar de uma visão adequada de ciência?</i>	21
2. <i>As concepções epistemológicas que consideramos adequadas neste trabalho</i>	27
2.1. <i>Tema epistemológico 1: diferenças entre ciência/não-ciência</i>	30
2.2. <i>Tema epistemológico 2: experimento e experimentalismo</i>	30
2.3. <i>Tema epistemológico 3: natureza dos modelos científicos</i>	31
2.4. <i>Tema epistemológico 4: diferenças entre leis e teorias</i>	36
2.4.1. <i>A noção de “lei”</i>	36
2.4.2. <i>A noção de “teorias científicas”</i>	38
2.4.3. <i>Diferença entre lei e teoria</i>	38
2.5. <i>Tema epistemológico 5: influência de fatores sociais e culturais sobre a ciência</i>	39
2.6. <i>Tema epistemológico 6: estatuto de verdade do conhecimento científico</i>	42
2.7. <i>Tema epistemológico 7: visão rígida do método científico</i>	43
2.8. <i>Tema epistemológico 8: o papel das hipóteses na investigação científica</i>	45
2.9. <i>Tema epistemológico 9: concepção empírico-indutivista e atórica da ciência</i>	45
 Capítulo II	
MATERIAIS E MÉTODOS	47
1. <i>Uma visão geral dos métodos usados neste estudo</i>	47

2. Planejamento amostral e ferramentas de coleta de dados	49
3. Por que usamos somente questionários de questões fechadas.....	58
4. Tratamento estatístico	59
4.1. Uma visão geral da análise estatística da dissertação	59
4.2. Tratamento estatístico para a situação real encontrada	60

Capítulo III

RESULTADOS	63
1. Sobre o grau de confiança dos alunos em cada questão	63
2. Comparação entre questões diretas e com situação-problema.....	64
3. Comparação das médias dos escores dos quatro tipos de questionário	65
4. Comparação das médias obtidas nos fatores IC e EPC.....	68
5. Tratamento dos escores em cada tema epistemológico isoladamente	74
6. Comparação das médias entre os diferentes temas epistemológicos	74

Capítulo IV

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.	77
--------------------------------------	----

ANEXOS	83
---------------------	----

Anexo 1: Questionário CESC	84
---	----

Anexo 2: Questionário sobre dados pessoais	156
---	-----

Anexo 3: Os blocos de construção dos temas do questionário	157
---	-----

Anexo 4: Tabela geral de dados usada na análise ANCOVA dos 65 alunos da amostra	163
---	-----

Anexo 5: Escores das alternativas em cada questão do CESC	165
--	-----

Anexo 6: Dados da regressão linear para a amostra reunida de 65 alunos, sem distinção de fatores fixos, obtidos no Graphpad InStat 3.00	167
---	-----

Anexo 7: Dados da regressão linear para o fator IC grupo 1 (sim) obtidos no Graphpad InStat 3.00	168
--	-----

Anexo 8: <i>Dados da regressão linear para o fator IC grupo 2 (não) obtidos no Graphpad InStat 3.00</i>	169
Anexo 9: <i>Dados da regressão linear para o fator EPC grupo 1 (sim) obtidos no Graphpad InStat 3.00</i>	170
Anexo 10: <i>Dados da regressão linear para o fator EPC grupo 2 (não) obtidos no Graphpad InStat 3.00</i>	171
Anexo 11. <i>Teste t para dados emparelhados de questões diretas e com situação-problema</i>	172
Anexo 12. <i>Termo de consentimento livre e esclarecido</i>	173
REFERÊNCIAS	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. <i>Parte da tabela apresentada por Alters (1997) para mostrar a concordância e discordância com 15 critérios sobre NDC obtidos textualmente da literatura.....</i>	24
Tabela 2. <i>Temas epistemológicos tratados pelo questionário CESC, com o número de questões por tema no CESC original.....</i>	51
Tabela 3. <i>Temas epistemológicos tratados pelos questionários CESC A, B, C e D</i>	52
Tabela 4. <i>Distribuição de questões diretas e questões com situação-problema</i>	52
Tabela 5. <i>Distribuição dos temas (t.) epistemológicos nas várias formas e questões (Q.) do CESC</i>	54
Tabela 6. <i>Os 4 grupos formados pela combinação entre os níveis dos dois fatores fixos (EPC e IC) e a amostra planejada para a ANCOVA desses grupos.....</i>	60
Tabela 7. <i>Os 4 grupos formados pela combinação entre os níveis dos fatores fixos e a amostra de cada grupo. Esses grupos foram usados na ANCOVA não-balanceada deste estudo.....</i>	62
Tabela 8. <i>Distribuição dos subtipos de questionário nos grupos de combinação entre os níveis dos fatores fixos.....</i>	66
Tabela 9. <i>Os fatores usados e o número da amostra de cada grupo de tratamento</i>	69
Tabela 10. <i>Estatística descritiva dos escores, obtida da ANCOVA sobre a amostra de 65 alunos</i>	69
Tabela 11. <i>Resultado da ANCOVA com fatores EPC e IC e covariável carga horária.....</i>	69
Tabela 12. <i>Tabela geral de dados usada na análise ANCOVA dos 65 alunos da amostra ..</i>	164
Tabela 13. <i>Escores das alternativas de cada questão</i>	166

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Esquema da estrutura geral de cada tipo de alternativa de cada questão e seus respectivos escores55*
- Figura 2.** *Histograma mostrando número de questões respondidas (eixo y) e escore indicado pelos alunos, de 0 a 10, para o grau de concordância que apresentavam com a resposta dada (eixo x).....64*
- Figura 3.** *Comparação dos escores médios obtidos em questões diretas e com situação-problema.....65*
- Figura 4.** *Comparação dos escores nos 4 tipos básicos de questionário67*
- Figura 5.** *Linha de regressão da amostra de 65 alunos, sem distinção de fatores.....71*
- Figura 6.** *Gráfico da ANCOVA sobre a amostra de 65 alunos mostrando o fator fixo EPC (disciplina Evolução do Pensamento Científico).....72*
- Figura 7.** *Gráfico da ANCOVA sobre a amostra de 65 alunos mostrando o fator fixo IC (iniciação científica).....73*
- Figura 8.** *Gráfico de dispersão dos escores obtidos pelos 65 alunos nas questões dos nove temas epistemológicos75*

RESUMO

Esta dissertação apresenta os resultados de um estudo sobre a evolução das concepções de alunos do curso de Ciências Biológicas da UFBA sobre a natureza da ciência. O objetivo central foi delineado pelo seguinte problema: *Como evoluem as concepções de ciência dos alunos de Ciências Biológicas da UFBA ao longo do curso?* As seguintes questões de pesquisa foram abordadas para dar conta desse objetivo: *As concepções de ciência dos alunos estão correlacionadas com a carga horária já cursada? Qual a influência exercida por uma disciplina que aborda a história e filosofia das ciências (Evolução do Pensamento Científico - EPC) sobre estas concepções? O engajamento dos estudantes no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) tem influência sobre estas concepções?* Para responder a essas questões de pesquisa, foi construído um questionário sobre concepções de ciência preparado especialmente para alunos de Ciências Biológicas. Esse questionário permitiu a atribuição de escores às concepções de alunos, de acordo com critérios que consideramos indicar uma visão adequada da natureza da ciência e tendo sempre em vista os objetivos modestos do ensino a este respeito e da avaliação das concepções de ciência de professores e estudantes. Os seguintes resultados foram obtidos: (1) o aumento da carga horária não foi acompanhado de melhora nos escores dos alunos, em termos gerais; (2) alunos que foram vinculados ao PIBIC ou o eram no momento em que responderam ao instrumento não apresentaram escores significativamente melhores do que aqueles que jamais haviam sido; (3) alunos que cursaram EPC apresentaram escores significativamente superiores aos dos alunos que não cursaram EPC. Os resultados nos permitem concluir que: (1) uma abordagem do ensino de ciências não informada por história e filosofia das ciências, empregada na maioria das disciplinas do curso de Ciências Biológicas da UFBA, não contribui significativamente para a evolução das concepções de ciência dos alunos; (2) a vinculação ao PIBIC não está sendo eficiente na promoção de uma melhoria da compreensão dos alunos sobre a natureza da ciência; (3) uma disciplina dedicada à história e filosofia das ciências, como é o caso de EPC, promove melhora nas concepções de ciência dos alunos. Contudo, os resultados indicam também que esta melhora tem alcance restrito, uma vez que, em termos gerais, não se observa ao longo do curso uma evolução positiva das concepções epistemológicas dos alunos. Isso indica a necessidade de ir além do modelo curricular em que é atribuída a apenas uma disciplina a responsabilidade pelo aprimoramento das concepções dos alunos sobre a natureza

da ciência. Nossos resultados sugerem que as dimensões históricas e filosóficas do trabalho científico devem ser levadas em consideração nas disciplinas de conteúdo específico, ao longo de todo o currículo, se desejamos criar condições mais efetivas para a construção de um melhor entendimento da natureza da ciência. Estas conclusões têm implicações importantes para planejamentos curriculares que se pautam por uma abordagem contextual do ensino de ciências e para o planejamento de programas institucionais de iniciação científica.

Abstract

This dissertation reports the results of a study about the evolution of the conceptions about the nature of science of Biology majors in a Brazilian university, Universidade Federal da Bahia (UFBA). The chief goal of the study was to address the following problem: *How do the conceptions about science of UFBA Biology majors evolve during the course?* The following research questions were answered in order to fulfill that goal: *Are the students' conceptions of science correlated with the total number of covered course hours? What is the influence exerted by a discipline about history and philosophy of science (Evolution of Scientific Thought - EPC) on these conceptions? Does students' involvement with the Institutional Program of Scientific Training Scholarships (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC) influence these conceptions?* To answer these research questions, a questionnaire about conceptions of science specifically designed for Biology majors was built. This questionnaire made it possible to assign scores to the students' conceptions, according to criteria which indicate, in our understanding, an adequate view about the nature of science, always taking into account the modest goals of teaching about this topic and evaluating teachers' and students' conceptions about the nature of science. We obtained the following results: (1) increasing number of covered course hours was not, in general, correlated with an increment in students' scores; (2) students who were participating or had participated in scientific training did not show significantly higher scores than those who had never participated; (3) students who had attended the discipline EPC had significantly better scores than those who did not. These results lead us to conclude that: (1) an approach to science teaching not informed by history and philosophy of science, employed in most of the disciplines of the Biology course investigated, does not contribute significantly to the evolution of students' conceptions of science; (2) scientific training is not being efficient in promoting improvement of students' understanding of the nature of science; (3) a discipline dedicated to history and philosophy of sciences does promote improvement in pupils' conceptions of science. However, the results also indicate that this improvement has a restricted scope, since, in general, we didn't observe a positive evolution of the students' epistemological conceptions along the Biology course. This indicates the necessity of going beyond a curricular model in which only one discipline is supposed to be responsible for the improvement of students' conceptions about the nature of science. Our results suggest that historical and philosophical dimensions of the scientific enterprise should be taken into

account in disciplines dealing with specifically biological content, throughout the curriculum, if we wish to create more effective conditions for the construction of a better understanding about the nature of science. These conclusions have important implications for curricular designs based on a contextual approach of science teaching and for the planning of scientific training institutional programs.

INTRODUÇÃO

Muito se tem defendido, na literatura, a importância da história e filosofia das ciências para uma educação científica de qualidade (e.g., SCC, 1984; NCC, 1988; AAAS, 1989; AAAS, 1990; LEDERMAN, 1992, p. 331; MATTHEWS 1994, p. 1-9). Propõe-se que o aprendizado *das* ciências deve ser acompanhado por uma aprendizagem *sobre a natureza da ciência* e que alguma compreensão da história e da filosofia das ciências é importante tanto para pesquisadores quanto para professores. Segundo Matthews (1994), estes últimos precisam ter, no mínimo, três competências: (1) o conhecimento e a apreciação da ciência que ensinam; (2) alguma compreensão de história e filosofia das ciências; e (3) alguma teoria educacional que oriente suas atividades de ensino. Os pesquisadores, por outro lado, devem desenvolver uma visão informada sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, de modo que possam compreender melhor seu papel social e profissional, ao passo em que também necessitam de um entendimento histórico e epistemológico da ciência na qual trabalham, para que a sua prática científica seja tanto apropriada, de acordo com os cânones da pesquisa científica, quanto crítica.

A importância do ensino sobre a natureza da ciência se torna mais notória em vista da existência de uma crise contemporânea no Ensino de Ciências, indicada pelos altos índices de ‘analfabetismo científico’ e evasão das salas de aulas de Ciências (MATTHEWS 1994). As pesquisas acerca das concepções de estudantes sobre a natureza da ciência, a despeito das diferenças metodológicas (LEDERMAN, 1992, p. 335; LEDERMAN *et. al.*, 1998), demonstram que os estudantes freqüentemente apresentam concepções inadequadas sobre a natureza da ciência (AIKENHEAD, 1973; CLEMINSON, 1990; LEDERMAN & O’MALLEY, 1990; LEDERMAN 1992, p. 335; RYAN & AIKENHEAD 1992, p. 577; ROTH & ROYCHONDHURY 1994; ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000, p. 668, 669, MOSS *et. al.*, 2001). Entre estas concepções, as seguintes são mais freqüentes: visão absolutista do conhecimento científico; visão empírico-indutivista da ciência; ignorância do papel da criatividade e da imaginação na elaboração do conhecimento científico; noções inadequadas de “fato”, “evidência”, “observação”, “experimentação”, “modelos”, “leis” e “teorias”, bem como de suas inter-relações.

Para citar alguns exemplos, Lederman & O’Malley (1990, p. 232, 233) mostraram, mediante questionários de questões abertas e entrevistas, que estudantes de 14 a 17 anos,

equivalendo a alunos de 8ª série do ensino fundamental à 3ª série do ensino médio brasileiro, “... não viam leis como absolutas, mas como um tipo de conhecimento científico que tinha mais apoio empírico do que teorias. (...) cada um dos estudantes possuía a visão de que leis mantinham uma posição de maior status do que teorias dentro de uma ‘hierarquia de credibilidade’ (uma visão que não é atualmente aceita)”.¹ El-Hani *et. al.* (2004) realizaram um estudo da evolução das concepções de ciência de graduandos em Ciências Biológicas ao longo de uma disciplina de história e filosofia das ciências, utilizando como ferramenta de coleta de dados o questionário VNOS-C (Views of the Nature of Science, Form C), construído e validado por Lederman *et. al.* (2001, 2002). Esse estudo investigou a mesma população abordada nesta dissertação, ou seja, alunos de Ciências Biológicas da UFBA, mas restringiu-se ao efeito de uma disciplina específica de história e filosofia das ciências em um semestre. Diversas visões inadequadas sobre a natureza do trabalho científico foram detectadas nesse estudo, sendo as mais frequentes aquelas relacionadas à demarcação entre ciência e não-ciência, ao conceito de experimento, ao papel dos experimentos na atividade científica, à noção de modelo e às diferenças entre leis e teorias. Ryan & Aikenhead (1992) detectaram que apenas 36% dos estudantes apresentaram uma visão sobre modelos que estava de acordo com o que os autores chamaram de “epistemologia contemporânea da ciência” (p. 570). Eles observaram também que 64% dos estudantes expressaram a concepção de que hipóteses se tornam teorias e teorias se tornam leis (p. 571) e que apenas 9% achavam haver métodos, ao invés de apenas um método científico (p. 573). Essas duas últimas visões estão, segundo eles, em desacordo com a “epistemologia contemporânea”.

De maneira talvez ainda mais grave, outras investigações demonstraram que os próprios professores também possuem concepções inadequadas da natureza da ciência, principalmente empírico-indutivistas e absolutistas (ABELL & SMITH 1994; ABD-EL-KHALICK & BOUJAOUDE, 1997, p. 676; HARRES, 1999). King (1991, p. 140), por exemplo, observou que a maioria dos professores iniciantes que investigou quase nada conheciam sobre história e filosofia da ciência.

Um problema adicional a ser superado quando se pretende trabalhar pela melhoria das concepções de ciência dos alunos é o fato de que algumas investigações não conseguiram

¹ As citações foram traduzidas para o português pelo autor do presente trabalho. Os textos originais em inglês serão apresentados em notas, de modo que possam ser examinados pelos leitores. No caso da presente citação, o texto original é o seguinte: “... did not view laws as absolute, but as a type of scientific knowledge which had more empirical support than theories. (...) each of the students possessed the view that laws maintained a position of higher status than theories within a ‘hierarchy of credibility’ (a view which is not presently accepted)”.

constatar correlações entre as concepções epistemológicas dos professores e sua conduta em sala de aula (LEDERMAN & ZEIDLER 1987, MELLADO 1997). O próprio Lederman (1999) realizou mais recentemente estudos empíricos sobre fatores que facilitam ou impedem a relação entre a concepção de ciência do professor e sua prática em sala de aula, concluindo novamente que as concepções epistemológicas dos professores não influenciam necessariamente sua prática pedagógica, apesar de certamente poderem fazê-lo, como indicam outras investigações que apontam uma correlação entre a prática pedagógica do professor e suas concepções de ciência (BRICKHOUSE 1990, SEPÚLVEDA 2001, AKERSON, abr. 2006). Dentre os fatores que podem impedir que se estabeleça uma relação entre a concepção de ciência do professor e sua prática em sala de aula, encontram-se os fatos de que professores raramente consideram a natureza da ciência quando planejam suas instruções, bem como de que o gerenciamento de outras preocupações, como obter e manter o interesse dos alunos, recebe atenção primária do professor (LEDERMAN, 1999. p. 924). Como fatores importantes para que a relação entre concepções epistemológicas e prática pedagógica possa ocorrer, Lederman (1999, pp. 927-928) listou o nível de experiência do professor e suas *intenções* na condução do trabalho pedagógico. Ajudar os professores a internalizarem a importância da instrução sobre a natureza da ciência pode ajudar a evitar a falta de atenção à natureza da ciência que se evidencia em suas decisões pedagógicas (Ibidem).

Mesmo que tenham internalizado a importância das concepções sobre a natureza da ciência e a intenção de propiciar aos alunos uma melhor compreensão da natureza da ciência, *os professores necessitarão ainda desenvolver habilidades e perícias necessárias para converter seu conhecimento em práticas de ensino* (LEDERMAN & ZEIDLER, 1987; LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK *et. al.*, 1997, p. 693-696), de forma a efetivamente influenciar de maneira adequada as concepções de ciência de seus alunos. Pode-se concluir, então, que a posse de concepções adequadas sobre a natureza da ciência pelo professor é uma condição necessária, mas não suficiente, para a melhoria das concepções epistemológicas dos estudantes, o que não diminui sua importância.

Dada a importância da história e da filosofia das ciências na formação de professores e pesquisadores, pode-se perguntar: o que contribui para a modificação das concepções de ciência dos alunos durante a graduação? É possível, primeiro, que as disciplinas de conteúdo específico tenham uma influência sobre as concepções epistemológicas dos alunos, na medida em que abordem implicitamente elementos do trabalho científico. Segundo, o envolvimento dos alunos com o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) deveria ter

uma influência sobre suas visões sobre a natureza da ciência, uma vez que ele tem como objetivo propiciar aos estudantes acesso aos métodos e princípios do trabalho científico (ver abaixo). Terceiro, a disciplina Evolução do Pensamento Científico (EPC), obrigatória para os bacharelados do Instituto de Biologia da UFBA, também deveria influenciar suas concepções epistemológicas, uma vez que trata especificamente de história e filosofia das ciências.

Com relação ao PIBIC, o compromisso com um aprimoramento das concepções epistemológicas dos estudantes de nível superior está claramente colocado em carta datada de 22 de março de 2006, na qual o atual presidente do CNPq, Erney Plessmann Camargo, expressa os objetivos do programa de iniciação científica:

... É fundamental reiterar a decisão do Conselho Deliberativo (CD) do CNPq no sentido de esclarecer alguns aspectos dos Programas de Iniciação Científica do Conselho. O CD considera a Iniciação Científica (IC) um poderoso instrumento de divulgação dos *métodos e princípios da ciência* e um dos mais importantes programas do CNPq. (...) O CD considera a IC um programa voltado para o aluno, não para o pesquisador. A IC se destina a complementar o ensino de graduação oferecendo a milhares de alunos a oportunidade de descobrir *como a ciência é produzida, como o conhecimento é adquirido*. Esse objetivo é conseguido pela participação do aluno nas atividades práticas e teóricas no ambiente de pesquisa. *O CD acredita que essa vivência ajudará o aluno a ver e entender o mundo sob o prisma da ciência*. (...). Embora os alunos devam participar de pesquisa do grupo a que estão ligados e nele assumir tarefas específicas, em nenhuma hipótese a IC pode ser tratada como um programa destinado a prover mão-de-obra para pesquisadores ou grupos de pesquisa. O sentido é contrário: é o pesquisador e o seu grupo que devem dedicar parte de seu tempo ao ensino prático e conceitual da pesquisa ao aluno de graduação. (...). Não será o aluno de IC quem irá fortalecer ou ajudar a desenvolver grupos de pesquisa. Esse é um conceito absolutamente equivocado. Pelo contrário, grupos bem formados de pesquisa é que poderão desenvolver o aluno (CAMARGO, 2006) (Os grifos são nosso).

É evidente, assim, que se espera que o programa PIBIC melhore as concepções de ciência dos alunos. Para o exercício 2002-2003, o programa atendeu a 13.000 bolsistas (CNPq, 2002). Mas, estão sendo cumpridos os objetivos do PIBIC de melhorar as concepções epistemológicas dos alunos? Os programas federais e estaduais de fomento à iniciação científica têm conseguido contribuir para essa formação diferenciada?

Em suma, será que os professores e pesquisadores de nosso país estão recebendo uma formação que propicie o desenvolvimento de concepções adequadas sobre a natureza da ciência? Para responder a estas perguntas, seriam necessários estudos longitudinais sobre a evolução das concepções epistemológicas de estudantes de um número significativo de cursos de nível superior de nosso país. Porém, podemos ter indícios do que ocorre no país mediante

um estudo local. É o que pretendemos nesta dissertação, que se ocupa do seguinte problema: *Que fatores influenciam a mudança das concepções de ciência dos alunos de Ciências Biológicas da UFBA ao longo do curso?*

O desenvolvimento desse diagnóstico depende de uma estratégia metodológica capaz de estimar adequadamente os parâmetros da população de interesse, no sentido de ser suficientemente ampla para se tornar *representativa*. Por isso, optamos, neste estudo, por uma abordagem quantitativa, que deverá, em estudos posteriores, ser combinada com uma abordagem qualitativa. Consideramos que a abordagem empregada neste estudo, a partir da aplicação de questionário cuidadosamente estruturado e da aplicação de testes estatísticos poderosos pode ser replicada em outros cursos do país, de modo a permitir a realização de estudos longitudinais representativos sobre a evolução das visões de alunos do Ensino Superior sobre a natureza da ciência. Assim, consideramos ser também um objetivo da presente dissertação desenvolver uma metodologia que possa ser replicada em outras situações, de modo a produzir amostras suficientemente representativas, que permitam testar hipóteses sobre a influência de fatores como a Iniciação Científica, as disciplinas de conteúdos específicos e disciplinas de história e filosofia da ciência sobre a evolução das concepções epistemológicas dos alunos.

1. AS QUESTÕES DE PESQUISA DESTE TRABALHO

Como mudam as concepções epistemológicas dos alunos ao longo do curso de Ciências Biológicas da UFBA, por conta da maneira tácita como é tratada a natureza do conhecimento e do trabalho científicos nas disciplinas que se ocupam dos conteúdos específicos desta ciência? Como a existência de uma disciplina de história e filosofia das ciências neste curso afeta a evolução das concepções de ciência dos alunos? Como a vinculação ao PIBIC influencia a evolução das concepções dos alunos sobre a natureza da ciência? Como será detalhado a seguir, esta pesquisa teve por objetivo principal responder a essas questões de pesquisa. Para tanto, uma nova ferramenta de coleta de dados foi elaborada: um questionário de múltipla escolha adaptado especificamente para alunos de graduação em Ciências Biológicas.

Em suma, os objetivos da dissertação são os seguintes:

1. Investigar as mudanças sofridas pelas concepções de ciência dos alunos ao longo do curso de Ciências Biológicas da UFBA.
2. Verificar a influência de uma disciplina que trata de história e filosofia das ciências, (EPC) sobre a evolução das concepções de ciência dos alunos;
3. Avaliar a influência da vinculação ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) sobre a evolução de concepção de ciência dos alunos.
4. Produzir uma metodologia possa ser replicada em outros cursos do país, para permitir um estudo longitudinal da influência de fatores como os investigados no presente trabalho sobre a evolução das concepções epistemológicas dos alunos, a partir de amostras suficientemente representativas.

Os objetivos específicos buscaram resolver problemas operacionais e são os seguintes:

1. Construir uma nova ferramenta de coleta de dados sobre visões de alunos acerca da natureza da ciência: um questionário, dividido em quatro tipos (que chamamos de **CESC** (*Concepções de Estudantes Sobre a Natureza da Ciência*) **A**, **CESC B**, **CESC C** e **CESC D**), cada um com 9 perguntas;
2. Analisar os escores obtidos pelos alunos no questionário em função da carga horária cursada;
3. Analisar os escores obtidos pelos alunos no questionário em função de os alunos terem ou não cursado a disciplina *Evolução do Pensamento Científico*;
4. Analisar os escores obtidos pelos alunos no questionário em função de sua vinculação ao PIBIC.

O projeto da dissertação foi aprovado pelo CEP-ISC (com número 004-06/CEP-ISC) com recomendações que foram seguidas na construção do questionário.

Capítulo I

O QUE CONSTITUIRIA UMA VISÃO ADEQUADA DE CIÊNCIA?

Nesta seção, pretendemos mostrar que há uma diversidade de opiniões diferentes sobre a natureza da ciência, mesmo entre filósofos da ciência. Entretanto, argumentaremos que, apesar destas diferenças de opinião, há pontos em que há considerável acordo entre estes filósofos. Procuraremos mostrar quais são esses pontos e apresentar seus conteúdos, de maneira a explicitar quais idéias sobre a natureza da ciência tratamos como adequadas no presente trabalho.

Deve estar claro, desde o início, que não se pretende fazer, nesta dissertação, qualquer contribuição para o desenvolvimento da filosofia das ciências. Pretendemos avaliar mudanças nas concepções epistemológicas dos alunos ao longo de um curso superior e, para isso, precisamos buscar referenciais sobre quais concepções seriam mais desejáveis na formação deles. Para isso, precisamos recorrer à filosofia das ciências como fonte de tais referenciais, sem qualquer pretensão de trazer novas idéias neste campo do conhecimento.

É importante entender, adicionalmente, que assumimos como pressuposto em nossa pesquisa que os objetivos do ensino sobre história e filosofia das ciências (HFC) para professores e cientistas em formação devem ser necessariamente *modestos* (MATTHEWS, 1998). Portanto, uma avaliação de tais concepções e de suas mudanças ao longo de um curso de ensino superior deve pautar-se, igualmente, pelo pressuposto de que os alunos não deverão conhecer de modo detalhado ou particularizado teorias sobre a ciência ou estar familiarizados com polêmicas neste campo para que suas concepções sobre a natureza das ciências sejam consideradas adequadas. Estes pressupostos tornam consideravelmente mais fácil, na verdade, factível, a busca de pontos de acordo entre diferentes filósofos da ciência.

1. PODE-SE FALAR DE UMA VISÃO ADEQUADA DE CIÊNCIA?

Já que nosso trabalho tem como objetivo avaliar a evolução das concepções de ciência de estudantes, torna-se importante responder à questão: “Que concepções são aqui consideradas adequadas?” Para nos ajudar a responder a essa pergunta, abordaremos inicialmente as visões de ciência consideradas adequadas na literatura de pesquisa em educação. Depois, apresentaremos uma comparação geral dessas visões com as dos filósofos da ciência.

Pressupõe-se que os instrumentos utilizados para coletar dados sobre visões acerca da natureza da ciência (NDC) são baseados em modelos filosóficos válidos. Contudo, pode-se questionar se este é de fato o caso (ALTERS, 1997, p. 39). Reconhecendo a existência de modelos de ciência conflituosos, Lucas recomendou, já em 1975 (p. 484), que *os elaboradores de instrumentos especifiquem de maneira explícita os pressupostos filosóficos subjacentes aos instrumentos*. Observa-se, no entanto, que freqüentemente não são explicitados os critérios ou pressupostos filosóficos, a concepção de ciência adotada na construção dos instrumentos sobre NDC (ALTERS, 1997, p. 40).

A ausência de informações sobre os pressupostos filosóficos adotados nos estudos sobre concepções de ciência é uma deficiência importante desses estudos. Em virtude da existência de modelos conflituosos sobre a natureza da ciência, não se pode simplesmente supor que todos os especialistas em educação concordarão com a visão de ciência adotada em um estudo, simplesmente mantendo-a tácita.

De fato, as controvérsias sobre a natureza da ciência se estendem a documentos de reforma educacional (GOOD, 2001 p. 176). Por exemplo, nos dois maiores documentos de reforma educacional dos Estados Unidos, *Benchmarks for Science Literacy* (1993) e *National Science Education Standards* (1996), a **complexidade** da natureza da ciência, com suas características contrastantes, é descrita. Em algumas passagens, tanto o *Benchmarks* quanto o *Standards* descrevem a ciência de modo que a enfatizar o caráter tentativo e local do conhecimento científico, ao passo que outras vezes são destacados a estabilidade e o universalismo dessa forma de conhecimento (GOOD, 2001, p. 173). Ambos os documentos foram criticados por serem muito “pós-modernos” ou por serem muito “modernos”, a depender da visão dos críticos e daquilo que procuraram enfatizar nos documentos (Ibidem

pp. 173-174). Mas a visão geral de ciência apresentada pelos documentos, segundo Good (2001, p. 173), parece ser a de um **realismo moderno**.²

Entretanto, numa cópia inicial do *Standards*, de 1992, afirmava-se que este documento de reforma educacional é baseado na “visão pós-moderna da natureza da ciência”³ (p. A-2). A versão final do *Standards* (1996) não contém, contudo, o termo “pós-moderno”, devido ao incômodo manifestado por cientistas e outros em relação a essa caracterização, bem como a outros conteúdos daquele documento, por considerarem o pós-modernismo um movimento anticientífico (NICHOLSON, 1993). É digno de nota que ambos os documentos são produtos de duas das mais influentes sociedades científicas do mundo, a AAAS (American Association for the Advancement of Science) e a NAS (The National Academy of Sciences), respectivamente. Mas, como visto, não estão livres de controvérsias acerca da natureza da ciência.

Sobre as visões de ciência apresentadas na literatura sobre educação científica, Alters (1996, p. 39) escreve: “A literatura sobre educação científica defende, explícita ou implicitamente, doutrinas (critérios) básicas para ‘a natureza da ciência’ ”.⁴ Este autor se propôs, assim, a investigar se os *critérios sobre a natureza da ciência* assumidos na *educação científica* são sustentados pelos *filósofos da ciência*. Para isso, construiu um questionário que incluía 15 critérios sobre NDC, obtidos textualmente da literatura (ALTERS, 1997, p. 44). O questionário pedia que se assinalasse o grau de concordância⁵ com cada um dos 15 critérios. Um total de 176 filósofos da ciência, todos com título de Ph.D. ou D.Sci, responderam ao questionário. Os critérios utilizados naquele estudo são os seguintes:

1. A força-motriz fundamental na ciência é a curiosidade concernente ao universo físico;
2. A ciência visa ao constante aumento do alcance e simplificação, usando a matemática como um método simples e preciso de apresentar relações;
3. Os métodos da ciência são melhor caracterizados por alguns atributos do tipo valor do que por técnicas;

² Infelizmente, Good não define claramente sua noção de “realismo moderno”, o que não contribui para uma compreensão mais precisa de sua interpretação dos documentos curriculares analisados.

³ “The National Science Education Standards are based on the postmodern view of the nature of science”.

⁴ “Science education literature explicitly and implicitly advocates basic tenets (criteria) for the ‘nature of science’ ”.

4. A característica básica da ciência é a fé na susceptibilidade do universo físico à ordenação e ao entendimento humanos;
5. A ciência tem um atributo único de franqueza, tanto de mente quanto no domínio da investigação;
6. Existe um mundo objetivo, externo, independente da existência de um observador;
7. Uma perspectiva ontológica consistente com o positivismo lógico é ingênua;
8. O uniformitarismo (a suposição de que os fenômenos são o produto de forças naturais operando sobre longos períodos de tempo com considerável, apesar de não necessariamente total, uniformidade) é uma suposição axiomática que ajuda a delinear o que conta como ciência e o que não conta.
9. Conhecimento científico é tentativo e nunca deveria ser equiparado com a verdade. Ele tem *status* temporário.
10. A ciência se apóia na suposição de que o mundo natural não pode ser alterado por um ser sobrenatural;
11. O consenso entre especialistas auto-indicados é a base do conhecimento científico;
12. Não pode haver qualquer definição nítida entre observação e inferência;
13. Os cientistas operam sob a crença de que as regras básicas do universo podem ser descobertas através de estudo cuidadoso e sistemático;
14. Há tradições diferentes em ciência sobre o que é investigado e como, mas todas elas têm em comum certas crenças básicas sobre o valor de evidência, lógica e bons argumentos;
15. As disciplinas científicas diferem umas das outras quanto ao objeto de estudo, técnicas usadas e resultados procurados, mas compartilham um propósito e uma filosofia comuns.

Os resultados obtidos na pesquisa de Alters (1997) estão, em parte, na tabela 1.

⁵ Os graus eram: concordo fortemente; concordo; discordo; discordo fortemente.

Item	Concorda		Discorda	
	f	%	f	%
1	137	77,8	39	22,2
2	146	83,0	30	17,0
3	78	44,3	98	55,7
4	147	83,5	29	16,5
5	98	55,7	78	44,3
6	158	89,8	18	10,2
7	109	61,9	67	38,1
8	81	46,0	95	54,0
9	106	60,2	70	39,8
10	74	42,0	102	58,0
11	39	22,2	137	77,8
12	109	61,9	67	38,1
13	160	90,9	16	9,1
14	143	81,3	33	18,8
15	83	47,2	93	52,8

Tabela 1. Parte da tabela apresentada por Alters (1997) para mostrar a concordância e discordância com 15 critérios sobre NDC obtidos textualmente da literatura. f = frequência absoluta.

A partir dos resultados obtidos, Alters conclui: “Os filósofos da ciência expressaram desacordos significativos a respeito dos critérios [da literatura sobre educação científica], e diferentes filósofos da ciência divergiram em suas visões sobre

os critérios”⁶ (p. 39). De fato, Alters afirma que seu estudo indica que “não há nenhuma concordância unânime entre os participantes com respeito a nenhum dos critérios da natureza da ciência [NDC]”⁷ (p. 47). E acrescenta: “As implicações [deste estudo] para a comunidade de pesquisadores em educação científica e suas organizações formais é que deveríamos reconhecer que não existe acordo sobre NDC”.⁸

Entretanto, o mesmo estudo de Alters também revelou que as concordâncias dos filósofos da ciência com as doutrinas sobre NDC encontradas na literatura sobre educação científica são, em geral, maiores do que as discordâncias. Vários itens (33,3% deles) obtiveram concordância de mais de 80% dos filósofos da ciência (Tabela 1). Ademais, 66,6% dos itens obtiveram concordância da maioria dos filósofos da ciência. Os demais, 33,3%, obtiveram *discordância* da maioria dos filósofos da ciência. Não se obteve *unanimidade* em nenhum dos 15 itens

⁶ “The philosophers of science expressed significant disagreements with the tenets, and different philosophers of science varied on their views about the tenets”.

⁷ “there is no unanimity of agreement among participants with regard of any of the NOS tenets”.

⁸ “The implications for the science education research community and its formal organizations is that we should acknowledge that no one agreed-on NOS exists”.

estudados. Assim, esse estudo, apesar de não apoiar a idéia de que há unanimidade sobre quaisquer dos temas acerca da natureza da ciência considerados, apoiou a idéia de que há alguma convergência de opiniões na maioria daqueles temas.

Ao examinar as discordâncias entre os filósofos da ciência, Alters afirma: “muitos dos critérios existentes sobre NDC, que são comumente tomados como factuais, devem ser reconsiderados sob a luz deste estudo, de modo que novos critérios possam ser desenvolvidos para a pesquisa futura”⁹ (Ibidem). Não é o caso, portanto, de interromper a pesquisa acerca das visões sobre NDC, mas de melhorar os critérios disponíveis. Mas, o estudo de Alters de fato lança dúvidas pertinentes tanto sobre a *correção filosófica* dos atuais critérios sobre NDC quanto sobre *quais elementos* devem compor o conjunto de critérios. No presente estudo, somente nos comprometemos com o critério 9 do estudo de Alters, que diz respeito à natureza tentativa e mutável do conhecimento científico. Este critério obteve 60,2% de concordância dos filósofos da ciência investigados por aquele autor.

Ademais, diante da falta de *unanimidade* dos filósofos da ciência sobre NDC, pode-se questionar se faz realmente sentido falar de uma *concepção adequada* de ciência, e até mesmo se a filosofia da ciência deve ser de fato incluída nos cursos de formação de professores e pesquisadores e se vale a pena investigar as concepções de ciência de alunos – o que nos propomos nesta dissertação. Contudo, mesmo que se reconheça que não há *unanimidade* entre filósofos da ciência, resta o fato de que, como vimos, a pesquisa de Alters (1997) detectou certos pontos de convergência entre filósofos da ciência, e que esses pontos podem muito bem ser usados em investigações sobre concepções de ciência de alunos, sempre tendo em vista que os objetivos do ensino de HFC devem ser *modestos* (MATTHEWS, 1998).

Ademais, Alters (1997) não propôs um abandono da pesquisa sobre concepções de ciência de alunos; antes, propôs a busca de *novos critérios* para a pesquisa futura, o que foi efetivamente feito no presente trabalho, que utilizou somente um dos critérios investigados por ele. Na busca dos critérios para o presente trabalho, utilizamos outros trabalhos que também se afastaram das doutrinas investigadas por Alters, como é o caso de Gil Pérez *et. al.* (2001). Em resposta ao problema levantado por Alters, Gil Pérez *et. al.* (2001, p. 135) afirma que

⁹ “many of the existing NOS tenets, which are commonly taken as factual, must be reconsidered in light of this study so that new criteria may be developed for future research”.

... existem, sem dúvida, alguns aspectos essenciais em que se verifica um amplo consenso e que convém destacar, evitando-se que variações e divergências ocultem o que há de comum nas diferentes abordagens, situação particularmente importante e necessária em Educação em Ciência. No fundo, trata-se de evitar que algumas árvores nos impeçam de ver a floresta.

Apesar de a posição de Gil Pérez *et. al.* não estar livre de problemas, principalmente no que diz respeito à dificuldade de estabelecer com segurança que há mesmo um amplo consenso sobre certo tema, é importante ter novamente em conta que, nesta dissertação, sempre nos apoiamos na suposição de que os objetivos do ensino de HFC devem ser modestos (MATTHEWS, 1998), tanto quanto os objetivos da avaliação das visões de alunos e professores sobre NDC, como tivemos a oportunidade de dizer acima. Não temos a pretensão de que alunos de graduação em Ciências Biológicas tenham uma compreensão avançada sobre temas complexos da natureza da ciência. Isso equivaleria a esperar que eles fossem ou estivessem caminhando para serem filósofos da ciência, o que não é o caso.

Não se espera encontrar unanimidade sobre tema algum, inclusive sobre os propostos por Gil Pérez, apresentados mais adiante. Mas há temas básicos sobre a natureza da ciência acerca dos quais se pode perceber uma considerável convergência de opiniões entre os filósofos da ciência, conforme o exame da literatura contemporânea relevante pode indicar, apesar de a identificação dessa convergência não constituir tarefa fácil.

O uso de literatura contemporânea relevante com o objetivo de encontrar convergências de opiniões não é novidade. Em 1992, Ryan e Aikenhead fizeram um estudo baseado em seu instrumento VOSTS (*Views on Science-Technology-Society*), no qual usaram o seguinte critério para classificar as visões de ciência dos alunos: “As visões de estudantes que convergem com Barnes, Holton, Kuhn, Snow ou Ziman são consideradas como representando uma perspectiva *mundial*. As visões que divergem dessa literatura contemporânea são consideradas *ingênuas*”¹⁰ (RYAN & AIKENHEAD, 1992, p. 561). É claro, porém, que os critérios por eles obtidos podem ser criticados. No estudo de Alters (1997), ficou claro que pelo menos três critérios básicos implícitos no VOSTS (equivalentes aos itens 8, 10 e 11 da Tabela 1) foram rejeitados pela maioria dos filósofos da ciência (ALTERS, 1997, p. 41). Portanto, não é possível utilizar um procedimento tão simplista quanto aquele proposto por Ryan e Aikenhead. A pesquisa sobre visões de alunos (e também de professores) sobre NDC requer mais cautela no seu planejamento.

Concordamos com Gil Pérez no sentido de que acreditamos haver, de fato, alguns pontos de amplo acordo entre filósofos da ciência, como o próprio trabalho de Alters sugere, e como esclareceremos melhor mais adiante. Porém, dado que há também grandes divergências entre os filósofos da ciência, é importante que esclareçamos as concepções sobre NDC adotadas neste trabalho, além de apresentarmos razões para as escolhas que fizemos, como aconselhou Lucas (1975). Por ora, é importante deixar claro que este trabalho foi marcado por um esforço constante para se evitar, dentro do possível, o problema de tratar de nossas visões *personais* ou as de algum autor particular como padrão de concepção “adequada” de ciência. Ao invés disso, procuramos pontos em que consideramos haver *considerável acordo* entre os filósofos da ciência. Mesmo nesse caso, é claro que qualquer lista de pontos de convergência que se produza será digna de crítica, como todo trabalho científico, e poderá ser melhorada.

A seguir, apresentaremos as visões de ciência que adotamos como adequadas.

2. AS CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS QUE CONSIDERAMOS ADEQUADAS NESTE TRABALHO

Gil Pérez *et. al.* (2001) organizaram um estudo no qual procuraram detectar o que seria uma visão aceitável do trabalho científico. Os autores estavam cientes das dificuldades dessa tarefa:

Estamos conscientes da dificuldade de falar em uma ‘imagem correta’ da construção do conhecimento científico, que parece sugerir a existência de um método científico universal, de um modelo único de mudança científica (...). É preciso, então, evitar qualquer interpretação desse tipo, situação que não se consegue renunciando a falar das características da atividade científica, mas sim com um esforço, consciente, para evitar simplificações e deturpações. (GIL PÉREZ, 2001, p. 126-127)

Eles comentam, ainda, que a caracterização do trabalho científico que propõem “não pretende negar uma ampla margem de ambigüidade, própria de uma atividade aberta e criativa, que não pode reduzir-se a um conjunto de regras fixas” (Ibidem p. 127).

¹⁰ “Student views that converge with Barnes, Holton, Kuhn, Snow, or Ziman are considered to represent a *worldly* perspective. Views that diverge from this contemporary literature are thought to be *naïve*”.

O estudo realizado por estes autores envolveu, por um lado, (1) uma caracterização *negativa* da atividade científica, ou seja, uma descrição de visões que devem ser evitadas (Ibidem, p. 127). Estas visões foram detectadas mediante a combinação de (a) reflexão crítica de docentes em atividades em grupo coordenadas pelos pesquisadores, e (b) análise de artigos sobre educação científica/didática das ciências (Ibidem, p. 128). Por outro lado, o trabalho de Gil-Pérez e colaboradores envolveu (2) uma caracterização positiva da atividade científica, obtida através de (a) explicitação das características positivas implicitamente presentes nas características negativas anteriormente obtidas no estudo (Ibidem, p. 127) e (b) *consideração do que há de comum nas visões de autores* como Popper (1962), Kuhn (1971), Bunge (1976), Toulmin (1977), Lakatos (1982), Laudan (1984) e Giere (1988) (ibidem p. 127).

A seguir, apresentamos uma lista baseada no trabalho de Gil Pérez *et. al.* (2001), a qual entendemos apresentar visões sobre a natureza da atividade científica sobre as quais se verifica considerável concordância em “textos escritos por diferentes epistemólogos contemporâneos” (GIL-PÉREZ *et. al.* 2001, p. 135):

- 1) A criatividade e imaginação têm um papel importante na ciência;
- 2) A ciência é influenciada pela sociedade;
- 3) A ciência não começa com a observação. A concepção empírico-indutivista é uma visão deformada da natureza da ciência;
- 4) Há um caráter tentativo, de dúvida no conhecimento científico.
- 5) Não há um Método Científico, mas sim uma variedade de métodos usados no trabalho científico;
- 6) A ciência não é apenas analítica. A síntese também cumpre um papel muito importante na construção do conhecimento científico. A ciência se caracteriza, por um lado, pela divisão parcelar dos estudos (análise), mas, por outro, caracteriza-se também por “esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos” (síntese) [GIL PÉREZ *et. al.*, 2001].
- 7) O crescimento do conhecimento científico não é linear;
- 8) A ciência não é obra de gênios isolados;

- 9) A ciência procura a coerência global dos diversos campos científicos, bem como das diversas teorias que constrói.

Já que consideramos apropriada a lista apresentada por Gil Pérez *et. al.*, 2001, baseamos nela boa parte de nossa lista de critérios. Mas, além disso, consultamos outros autores, como Kuhn (1957), Nagel (1961), Hanson (1965), Lakatos & Musgrave (1979), Popper (1979), Chalmers (1981), Lakatos (1982), Mayr (1982); Bunge (1985), Kuhn (1987), Feyerabend (1989), Blackburn (1994), Farouki (1995), Bachelard (1996), e McComas (1998), como referências para uma apreciação crítica das visões de Gil Pérez *et. al.*, (2001). Adicionalmente a essa lista, consideramos desejável que os estudantes compreendessem adequadamente o sentido de termos metacientíficos como “observação”, “hipótese”, “teoria”, “modelo” e “lei”.

Contudo, nem todos os elementos apresentados por Gil-Pérez *et al.*, listados acima, foram abordados nesta pesquisa, devido a limitações quanto ao tamanho do instrumento de coleta de dados a ser utilizado. Os conteúdos epistemológicos considerados no presente trabalho foram os seguintes:

1. Diferenças entre ciência/não-ciência.
2. Experimento e experimentalismo.
3. Natureza de modelos.
4. Diferenças entre leis e teorias.
5. Influência de fatores sociais e culturais sobre a ciência.
6. Estatuto de verdade do conhecimento científico.
7. Visão rígida do método científico.
8. Papel das hipóteses na investigação científica.
9. Concepção empírico-indutivista de ciência.

A abordagem de cada um destes temas levou em conta, como dissemos, que os objetivos do ensino de história e filosofia das ciências para alunos de ciências naturais devem

ser modestos (MATTHEWS, 1998). Assim, na construção do instrumento utilizado, a linguagem foi mantida simples e se evitou tratar de questões que exigiriam conhecimento mais profundo ou detalhado sobre a filosofia das ciências.

A seguir, fornecemos informações adicionais sobre a visão considerada adequada para cada um dos nove temas epistemológicos acima. Alguns temas mereceram uma abordagem mais longa, quer pela maior complexidade, quer por nos parecerem temas mais propensos a gerar polêmica.

2.1.. TEMA EPISTEMOLÓGICO 1: DIFERENÇAS ENTRE CIÊNCIA/NÃO-CIÊNCIA

O problema de demarcar a ciência de outras formas de conhecimento é bastante difícil de tratar, caso se procure um aprofundamento do tema. Não se encontra no escopo deste trabalho um tratamento filosófico ou mesmo uma revisão bibliográfica ampla deste tema. Apenas apresentaremos, assim, a posição adotada neste trabalho, em termos simples. Consideramos adequado (1) compreender que há demarcação entre ciência e não-ciência, ainda que essa demarcação não seja nítida (GOOD 2001 p. 182); (2) reconhecer que se pode encontrar métodos em outras formas de conhecimento (FEYERABEND, 1989), como, por exemplo, na filosofia; (3) reconhecer que a diferença entre a ciência e não-ciência não reside na comprovação absoluta das proposições científicas (Ibidem); (4) compreender que a ciência se diferencia de outras formas de conhecimento, como o conhecimento do senso comum, com base em sua natureza ao mesmo tempo empírica e comprometida com uma explicação sistemática do mundo (NAGEL, 1961, p. 1-14).

2.2. TEMA EPISTEMOLÓGICO 2: EXPERIMENTO E EXPERIMENTALISMO.

Entendemos aqui experimento como uma “manipulação controlada de acontecimentos, projetada para produzir observações que confirmem ou invalidem uma ou mais teorias ou hipóteses rivais” (BLACKBURN, 1994, p. 134).

McComas (1998, p. 64) inclui entre os 15 mitos amplamente difundidos sobre a natureza da ciência a visão de que experimentos são a principal rota para o conhecimento científico. Ele afirma:

Muitos cientistas notáveis tem usado técnicas não-experimentais para avançar o conhecimento. De fato, em várias disciplinas científicas, a verdadeira experimentação não é possível por causa da incapacidade de controlar variáveis. Muitas descobertas fundamentais em astronomia são baseadas em observações extensivas, e não em experimentos. Copérnico e Kepler mudaram nossa visão do sistema solar usando evidência observacional derivada de observações prolongadas e detalhadas, freqüentemente contribuídas por outros cientistas, mas nenhum dos dois realizou experimentos. (MCCOMAS, 1998, p. 64)¹¹

Conseqüentemente, consideramos adequada a visão de que a produção do conhecimento científico não requer necessariamente experimentação. Adicionalmente, consideramos adequadas a visão de que o conhecimento obtido com o auxílio de experimentos é falível, já que (a) a elaboração dos experimentos requer teorias e os experimentos, portanto, serão tão falíveis quanto às teorias nas quais se baseiam (CHALMERS, 1981, p. 58-60), (b) é impossível controlar todas as variáveis relevantes e (c) a percepção e interpretação dos dados experimentais também exigem teorias; Finalmente, consideramos adequada a visão de que, apesar de falíveis, os experimentos contribuem para o avanço da ciência, auxiliando os cientistas a propor teorias melhores, bem como a testar suas teorias.

2.3. TEMA EPISTEMOLÓGICO 3: NATUREZA DOS MODELOS CIENTÍFICOS.

Os debates sobre a natureza dos modelos científicos é bastante extensa, de modo que abordagens discordantes sobre o tema são facilmente encontradas. Apesar disso, também neste caso é possível encontrar pontos de concordância. Nesta seção, apresentaremos de forma comparativa algumas visões sobre modelos, bem como a visão que consideramos adequada ao analisar as respostas dos alunos ao instrumento que utilizamos, no qual o tema “modelos” foi abordado de maneira muito simples (ver, no Anexo 1, questões “A1.T03.12.D”, “B1.T03.11.D”, “C1.T03.10.S”, “D1.T03.09.S” de nossa ferramenta de coleta.). Ainda assim, é importante detalhar o que consideramos uma visão adequada sobre a natureza dos modelos.

De acordo com Blackburn (1997, p. 252), modelo (em ciência) é uma

¹¹ “Many noteworthy scientists have used non-experimental techniques to advance knowledge. In fact, in a number of science disciplines, true experimentation is not possible because of the inability to control variables. Many fundamental discoveries in astronomy are based on extensive observations rather than experiments. Copernicus and Kepler changed our view of the solar system using observational evidence derived from length and detailed observations frequently contributed by other scientists, but neither performed experiments”.

... representação de um sistema por outro, usualmente mais familiar, cujo funcionamento se supõe ser análogo ao do primeiro. (...) Apesar de ninguém duvidar que os modelos têm um papel heurístico útil em ciência, há um debate intenso acerca de saber se uma boa explicação de um dado fenômeno precisa de um modelo, ou se uma estrutura organizada de leis a partir das quais este possa ser deduzido é suficiente em termos de explicação científica (BLACKBURN, p. 252).

Note-se, de passagem, que Blackburn já salienta que nem tudo é consenso sobre o tema “modelos”, além de citar um ponto de amplo acordo (“... modelos têm um papel heurístico útil em ciência ...”). É difícil apresentar uma definição geral, suficientemente abrangente, de modelos. Abrantes (1998, p. 2), por exemplo, afirma que “o termo ‘modelo’ (...) é ambíguo, pois é usado, tanto por cientistas quanto por filósofos, com uma pluralidade de significados”.

A diversidade de modelos presentes na ciência permite que se proponham diversas classificações de modelos. Descrevem-se modelos mecânicos (GLENNAN, 2005), físicos, teóricos (ACHINSTEIN, 1968; GIÉRE, 1988), descritivos (ANKENY, 2000 p. S260), semânticos (BUNGE p. 49), experimentais, lógicos e matemáticos (BARBOUR, 1976). As classificações podem ser, evidentemente, criticadas quanto à sua adequação. Por exemplo, uma classificação que distinga modelos físicos de teóricos poderia ser criticada pelo fato de os chamados modelos “físicos”, como, por exemplo, o modelo em metal da dupla hélice do DNA proposto por Watson e Crick (WATSON, 1980, p. 125), pressupõem grandes quantidades de teoria.

Os modelos têm um sentido dependente do contexto em que são utilizados. Por exemplo, “no contexto do tema ‘simulação’, a noção usualmente considerada de ‘modelo’ é a de uma representação idealizada de um sistema real” (ABRANTES, 1998, p. 2). Para que possa ser uma representação de um certo sistema, “o modelo deve guardar alguma similaridade com o sistema” (Ibidem). Um modelo jamais representará, contudo, um sistema completamente:

Um modelo não representa todas as entidades que compõem um sistema, com todas as suas propriedades e inter-relações. Se esse fosse o caso, o modelo seria uma duplicação do sistema e não cumpriria sua função. O modelo é, portanto, uma representação idealizada na medida em que faz abstração de aspectos do sistema, que são considerados irrelevantes. (ABRANTES, 1998, p. 2)

Assim, ao se falar de modelos, é importante levar em conta o contexto de seu uso. Afinal, “há em ciência um número de diferentes tipos de modelos que servem a uma diversidade de funções”¹² (BARBOUR, 1976). Podemos, entretanto, dizer que todos os modelos envolvem algum tipo de analogia entre modelo e (1) realidade ou (2) algum outro tipo de afirmação científica (ACHINSTEIN, 1968; GIERE, 1988).

Uma classificação de modelos que nos pareceu bastante adequada foi apresentada por Barbour (1976). Além de abranger grande diversidade de modelos, ela é simples, de fácil compreensão. Já que essa classificação foi amplamente utilizada nesta dissertação, nós a descreveremos na seqüência, acrescentando comentários.

Barbour (1976) classifica os modelos em:

1. Modelos experimentais:
 - 1.1. Modelos de escala;
 - 1.2. Modelos de trabalho;
 - 1.3. Modelos análogos;
2. Modelos lógicos;
3. Modelos matemáticos;
4. Modelos teóricos.

Por ‘**modelos experimentais**’, Barbour entende modelos que podem ser construídos e usados em laboratório. Entre estes, encontram-se ‘*modelos em escala*’, que representam relações espaciais, como no caso, por exemplo, de miniaturas de aviões testadas em túneis de vento, e *modelos de trabalho* (“working models”), que representam seqüências temporais. Nos *modelos análogos*, por sua vez, “... certas características de um sistema são simuladas pelo comportamento de um outro sistema em um meio diferente – por exemplo, (...) um modelo de circuito elétrico de um sistema acústico”¹³ (BARBOUR, 1976).

¹² “There are in science a number of different kinds of model which serve a diversity of functions”.

¹³ “(...) certain features of one system are simulated by the behaviour of another system in a different medium – for instance, (...) an electrical circuit model of an acoustic system”.

Nos **modelos lógicos**¹⁴, “o lógico ou o matemático puro começa a partir dos axiomas e teoremas de um sistema dedutivo formal. Um modelo lógico é um conjunto particular de entidades que satisfaz esses axiomas e teoremas”.¹⁵ (Ibidem)

Os **modelos matemáticos** são “... representações simbólicas de variáveis quantitativas em sistemas físicos ou sociais”.¹⁶ Um exemplo seria uma equação que se propõe a expressar o crescimento de uma população em função do tempo. Modelos matemáticos não apresentam qualquer semelhança material ou física com o sistema primário. A única semelhança está na estrutura formal.

Os **modelos teóricos** “... são construções mentais imaginativas inventadas para dar conta de fenômenos observados. Tal modelo é usualmente um mecanismo ou processo imaginado, que é postulado por analogia com mecanismos ou processos familiares”¹⁷ (Ibidem). Um modelo teórico “não é um retrato literal do mundo. Como ocorre com um modelo matemático, é uma representação simbólica de um sistema físico, mas difere em sua intenção de representar a estrutura subjacente do mundo”¹⁸ (Ibidem). Dito de outro modo, “um modelo teórico, então, é um mecanismo ou processo imaginado, postulado por analogia com mecanismos ou processos familiares e usados para construir uma teoria para correlacionar um conjunto de observações”¹⁹ (Ibidem). Barbour destaca, ainda, que o termo “familiar” é utilizado por ele no sentido de “melhor entendido”, e não de “mais utilizado”.

Modelos teóricos não devem ser confundidos com modelos experimentais análogos. Um exemplo poderá ajudar a distingui-los: Podemos usar esferas de aço dentro de um liquidificador ligado como um sistema *familiar* usado para postular, por analogia, um sistema *imaginado* (esferas microscópicas nos gases, que se chocam com as paredes do recipiente e produzem a pressão). O sistema imaginado é o *modelo teórico*. O sistema familiar, porém, também é um modelo, mas de outra natureza: é o que chamamos anteriormente de *modelo*

¹⁴ Não abordamos este tipo de modelo em nossa ferramenta de coleta de dados, por entendermos que isso estaria além de nossas expectativas quanto ao grau de compreensão dos graduandos de Biologia sobre a natureza dos modelos.

¹⁵ “The logician or pure mathematician starts from the axioms and theorems of a formal deductive system. A logical model is a particular set of entities which satisfy these axioms and theorems”.

¹⁶ “... symbolic representations of quantitative variables in physical or social systems”.

¹⁷ “... are imaginative mental constructs invented to account for observed phenomena. Such a model is usually an imagined mechanism or process, which is postulated by analogy with familiar mechanisms or processes”.

¹⁸ “... it is not a literal picture of the world. Like a mathematical model, it is a symbolic representation of a physical system, but it differs in its intent to represent the underlying structure of the world”.

experimental análogo, já que, nele, certas características de um sistema (o “imaginado”) são simuladas pelo comportamento de um outro sistema (o “familiar”), em um meio diferente.

Como poderá ser visto na nossa ferramenta de coleta que apresentamos no Anexo 1, contextualizamos nossa abordagem sobre modelos e evitamos dar importância a classificações. De fato, evitamos amplamente o uso dos termos de classificação (Ver anexo 1, questionário CESC A1, questão **A1.T03.12.D**, **B1.T03.11.D**, **C1.T03.10.S**, **D1.T03.09.S**). Citamos ocasionalmente nomes de classes de modelo para ajudar a contextualizar o tipo de modelo que se fala (ex, questão **A1.T03.12.D** alternativa *d* [os nomes das classes de modelos são sugestivos do que se fala]), dando também exemplos (como na questão acima, alternativa *d*: “Essa similaridade física entre modelo e realidade pode ser pequena ou nula em modelos matemáticos, como fórmulas usadas para o cálculo de frequências de genes numa população”), mas a memorização das classificações não foi considerada relevante, já que o nome “modelo matemático”, com um exemplo, tornava muito claro o tipo de modelo em questão. A única exceção foi a questão **D1.T03.09.S**, alternativa *d* (“Tampouco a fórmula da pressão dos gases obtida a partir do modelo de esferas microscópicas é uma reprodução da realidade, visto que a fórmula é um modelo matemático”), onde ousamos dar uma importância um pouco maior para a classificação do modelo citado, com base em nossa visão de que há amplo acordo sobre a existência de modelos matemáticos, havendo até um campo inteiro e distinto de estudo matemático sobre tais modelos (a disciplina “modelagem matemática”). *A classificação de nenhum outro tipo de modelo foi citada no questionário*, visto que não consideramos essas classificações suficientemente consensuais. Apesar disso, as classificações de Barbour nos foram extremamente úteis no sentido de que os exemplos de modelos que apresentamos aos alunos no questionário aceitavam a classificação de Barbour.

Em suma, consideramos adequada, nesta pesquisa, a visão de alunos sobre modelos que esteja informada sobre a natureza geral dos modelos (1) experimentais, (2) matemáticos e (3) teóricos, sem nos importarmos com os nomes dados a classificações. Consideramos também adequado e importante o reconhecimento de que (1) os modelos teóricos não são o mesmo que a realidade, nem meros instrumentos mentais que não são nem verdadeiros nem falsos (BARBOUR 1976, p. 5, par. 4), mas tentativas de representar simbolicamente aspectos do mundo (Ibidem) e (2) o reconhecimento de que os cientistas têm **intenções realistas** em

¹⁹ “A theoretical model, then, is an imagined mechanism or process, postulated by analogy with familiar mechanisms or processes and used to construct a theory to correlate a set of observations.”

seu uso de modelos teóricos, mas não se deve tomar um modelo teórico de modo totalmente literal (BARBOUR, 1976).

2.4. TEMA EPISTEMOLÓGICO 4: DIFERENÇAS ENTRE LEIS E TEORIAS

Nesta seção, apresentaremos brevemente as noções de “lei” e “teoria” adotadas nesta pesquisa, além de comparar as duas noções, visando salientar diferenças entre ambas.

2.4.1. A NOÇÃO DE “LEI”

A abordagem da diferença entre leis e teorias não é tão simples quanto pode parecer à primeira vista, já que o conceito de “lei da natureza” é um dos mais polêmicos da filosofia da ciência (BLACKBURN, 1994, p. 222). Nagel afirma que

o rótulo ‘lei da natureza’ (ou rótulos similares, como ‘lei científica’, ‘lei natural’ ou simplesmente ‘lei’) não é um termo técnico definido em nenhuma ciência empírica; e é usado frequentemente, especialmente no discurso comum, com uma forte intenção honorífica, mas sem um sentido preciso. (...) O termo ‘lei da natureza’ é indubitavelmente vago. Em consequência, qualquer explicação de seu sentido que proponha uma demarcação nítida entre afirmações legiformes e não-legiformes está fadada a ser arbitrária.²⁰ (NAGEL, 1961, p. 49)

Não obstante, há um debate em andamento na filosofia da biologia das duas últimas décadas que se ocupa exatamente do conceito de ‘lei’ (BEATTY, 1995; SOBER, 1997; BRANDON, 1997; MITCHELL, 2003; WATERS, 1998; WEBER, 1999; ELGIN, 2006). Este debate não se limita, claro, à filosofia da biologia (*e.g.*, CARTWRIGHT, 1999), embora tenha sido particularmente intenso neste campo. Portanto, parece haver ainda esforços no sentido de tornar este termo mais preciso do que Nagel pensava ser possível. Há, de qualquer modo, grande polêmica sobre o significado deste termo, de modo que não pretendemos apresentar aqui uma definição precisa de ‘lei’, visto que isso ultrapassaria o escopo de nosso trabalho. O que pretendemos é apresentar, no espírito de nossa busca de uma visão adequada, ainda que

²⁰ “The label ‘law of nature’ (or similar labels such as ‘scientific law,’ ‘natural law,’ or simply ‘law’) is not a technical term defined in any empirical science; and it is often used, especially in common discourse, with a strong honorific intent but without a precise import. (...) The term ‘law of nature’ is undoubtedly vague. In consequence, any explication of its meaning which proposes a sharp demarcation between lawlike and nonlawlike statements is bound to be arbitrary”.

modesta, da natureza da ciência, alguns pontos de concordância sobre o tema. Como salienta Nagel,

... membros da comunidade científica mostram uma concordância relativamente grande sobre a aplicabilidade do termo [lei] para uma considerável, embora vagamente delimitada, classe de afirmações universais. Conseqüentemente, há alguma base para a conjectura de que a predicação do rótulo [‘lei’], pelo menos naqueles casos em que o consenso é inconfundível, é controlada por uma diferença percebida no *status* e na função ‘objetivos’ daquela classe de afirmações²¹ (NAGEL, 1961, p. 49-50).

Além disso, é também possível encontrar pontos de convergência na literatura com respeito à diferença entre leis e teorias científicas, como será abordado mais adiante. Inicialmente, porém, abordaremos de maneira mais detida a noção de “lei”.

O termo “lei” parece acarretar, por si só, considerável confusão, na medida em que tende a ser tomado, equivocadamente, no sentido de “regra de direito”. Assim, “lei” sugere uma ordem imposta por um criador da natureza. Até o século XVIII, descobrir leis da natureza correspondia, para muitos naturalistas, à revelação de determinações divinas sobre a natureza (BLACKBURN, 1994, p. 222). Essa visão sobre leis da natureza é rejeitada pela maioria dos filósofos da ciência atualmente, se não por todos. Apesar disso, essa noção de “lei” ainda é utilizada, como no caso de argumentos de fixistas para apoiar a idéia de que as leis naturais foram criadas, assim como qualquer lei (regra de direito) de um país precisa ser criada por algum legislador (por exemplo, ver IBSA, 1983, p. 123-125).

Mas, uma vez que se remova a noção de lei como imposição de um legislador, restamos uma concepção de natureza que se apresenta com padrões e regularidades. A estas regularidades, podemos chamar, *numa perspectiva Humeana*, de leis (BLACKBURN, 1994, p. 222).

A perspectiva humeana traz à tona um dos problemas centrais da filosofia da ciência, o de distinguir entre regularidades que podem ser consideradas leis (como a gravitação universal) e as que são apenas acidentais (como a afirmação “toda vez que vou a Brasília chove”). Soluções para esse problema têm sido propostas (ARMSTRONG, 1983; PAPINEU, 1986), mas elas envolvem abordagens filosóficas que se mostram demasiadamente complexas

²¹ “... members of the scientific community agree fairly well on the applicability of the term for a considerable though vaguely delimited class of universal statements. Accordingly, there is some basis for the conjecture that

(NAGEL, 1961, p. 47-78) para uma incorporação ao ensino de história e filosofia das ciências para professores e pesquisadores em formação e, similarmente, a uma apreciação da adequação de suas visões sobre a natureza da ciência.

Deixaremos, então, de lado questões mais difíceis com relação à natureza das leis e procuraremos, conscientemente, abordar o tema de modo simples, atendo-nos a idéias que são amplamente aceitas. Não esperamos que alunos de graduação em qualquer ciência sejam capazes de apresentar uma visão detalhada sobre pormenores dos debates filosóficos a respeito de leis. Consideramos, porém, importante que os alunos percebam que “leis” se referem a regularidades *não-acidentais* (NAGEL, 1961, p. 51) presentes na natureza, portanto, empíricas, como exemplificado acima. Ademais, consideramos importante que os alunos percebam que leis científicas não são verdades absolutas (MCCOMAS, 1998, p. 55). Para nossos objetivos, isso basta para que consideremos adequada a visão de um aluno sobre “leis”.

2.4.2. A NOÇÃO DE “TEORIAS CIENTÍFICAS”

Adotamos aqui a noção de que teorias científicas são uma tentativa de sistematizar o conhecimento que se tem de um aspecto do mundo da experiência, com o objetivo de entendê-lo e explicá-lo (BRAITHWAITE, 1953; GIERE, 1988).

2.4.3. DIFERENÇAS ENTRE LEIS E TEORIAS

Agora que já tratamos do sentido dos termos ‘lei’ e ‘teoria’, convém discorrer um pouco sobre as diferenças entre leis e teorias. É importante, inicialmente, alertar que a distinção entre leis e teorias não é claramente definida (NAGEL, pp. 79-106) e é bastante complexa. Assim, concentrar-nos-emos no mais simples e mais amplamente aceito.

O senso comum não raro considera teorias como especulações, idéias que, uma vez comprovadas como verdadeiras, tornam-se fatos ou leis (MCCOMAS, 1998, p. 54). Segundo essa visão, teorias diferem de leis em seu grau de confirmação, no grau de confiança que se pode depositar nelas. Assim, teorias se tornariam leis à medida que o conhecimento evoluísse e confirmasse as teorias. Essa noção é tratada como uma visão deformada sobre a natureza da ciência, em nossa investigação.

the predication of the label, at least in those cases where the consensus is unmistakable, is controlled by a felt

McComas (1998, p. 54) apresentou a seguinte diferença entre leis e teorias: “leis são generalizações, princípios ou padrões na natureza e teorias são as explicações dessas generalizações”²² (Ibidem). Mas, há outras diferenças envolvidas. Leis são quase sempre formuladas com uma única afirmação, enquanto que teorias são, quase sempre, estruturas complexas, compostas por um grande número de proposições sobre uma dada classe de fenômenos, articuladas logicamente (NAGEL, 1961, p. 88, 89).

Além disso,

talvez a mais impressionante característica única separando leis experimentais [que nesta dissertação nos referimos como “leis”] de teorias é que cada termo constante “descritivo” (i. e., não-lógico) no primeiro, mas em geral não cada um desses termos no último, é associado com pelo menos um procedimento indissimulado para atribuir ao termo algum traço observacionalmente identificável quando certas circunstâncias específicas são atingidas. O procedimento associado com um termo em uma lei experimental então fixa um significado definido, ainda que apenas parcial, para o termo. Em consequência, uma lei experimental, diferentemente de uma afirmação teórica, invariavelmente possui um conteúdo empírico determinado que em princípio pode sempre ser controlado por evidência observacional obtida por meio daqueles procedimentos. (NAGEL, 1961, p. 83)²³

Finalmente, convém citar que, enquanto uma lei “... poderia, em princípio, ser proposta como generalização indutiva baseada em relações que se descobriu serem válidas em dados observáveis, isto não pode jamais ser o caso para as últimas [as teorias]”²⁴ (NAGEL, 1961, p. 85).

2.5. TEMA EPISTEMOLÓGICO 5: INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIAIS E CULTURAIS SOBRE A CIÊNCIA

Gil Pérez *et. al.*, (2001, p. 137) considera que uma das características essenciais do trabalho científico é sua dimensão social. A ciência, como qualquer trabalho humano, é

difference in the “objective” status and function of that class of statements”.

²² “Laws are generalizations, principles or patterns in nature and theories are the explanations of those generalizations”.

²³ “Perhaps the most striking single feature setting off experimental laws from theories is that each “descriptive” (i. e., nonlogical) constant term in the former, but in general not each term in the latter, is associated with at least one overt procedure for predicating the term of some observationally identifiable trait when certain specified circumstances are realized. The procedure associated with a term in an experimental law thus fixes a definite, even if only a partial, meaning for the term. In consequence, an experimental law, unlike a theoretical statement, invariably possesses a determinate empirical content which in principle can always be controlled by observational evidence obtained by those procedures.”

²⁴ “...could, in principle, be proposed and asserted as inductive generalizations based on relations found to hold in observational data, this can never be the case for the latter”.

influenciada por quadros conceituais existentes na sociedade e é dirigida por linhas de investigação estabelecidas e, com frequência, voltadas para a solução de questões colocadas por instituições sociais.

Exemplos interessantes da influência, real e potencial, da sociedade podem ser encontrados em questões polêmicas. Como um exemplo, podem-se citar as recentes discussões sobre os riscos e benefícios da nanotecnologia – particularmente da bionanotecnologia. Sobre isso, o Grupo de Ação sobre Erosão, Tecnologia e Concentração escreve:

A fusão da nano com a biotecnologia tem conseqüências desconhecidas para a saúde, a biodiversidade e o meio ambiente. ... é a sociedade, incluindo agricultores, organizações da sociedade civil e movimentos sociais – que deve empreender um amplo debate em torno da nanotecnologia e suas múltiplas implicações econômicas, de saúde e ambientais. (GRUPO DE AÇÃO SOBRE EROÇÃO, TECNOLOGIA E CONCENTRAÇÃO, 2005, p. 40, 41)

De fato, a sociedade pode influenciar fortemente os rumos da pesquisa de novas tecnologias científicas. Nesses casos, a nova tecnologia pode ser tanto deificada por seus defensores, quanto sofrer satanização pelos críticos – como ocorreu com as pesquisas em biotecnologia, em células-tronco embrionárias e em clonagem – para citar exemplos de grande vulto. Esses casos envolveram considerável pressão popular sobre a pesquisa científica. E já estamos hoje presenciando uma satanização da nanotecnologia (TOMA, 2004, p. 97), que poderá, sem dúvida, influenciar os rumos das pesquisas. Por exemplo, certos investimentos na pesquisa sobre nanotecnologia aplicada à engenharia de alimentos podem ser evitados por conta de uma ampla rejeição, por parte da população, dos alimentos geneticamente modificados (GRUPO ETC, p. 126 ,127).

Não é de admirar que exista pressão social sobre a pesquisa científica. Por exemplo, não espanta que uma nova tecnologia possa ser satanizada pela sociedade, motivando pressões sobre a pesquisa. Pode, de fato, haver, em certos casos, muito bons argumentos para essa reação popular. Por exemplo, quando a tensão entre Estados Unidos e União Soviética era ainda grande, Carl Sagan escreveu: “Talvez tenhamos somente algumas décadas até o Dia do Juízo. (...) o desenvolvimento das armas nucleares e seus sistemas de liberação levarão, mais cedo ou mais tarde, ao desastre global” (SAGAN, 1983, p. 328). Nesse caso, as previsões de catástrofe contribuíram para levar a grandes reduções dos arsenais nucleares das superpotências e influenciaram o rumo das pesquisas sobre equipamentos bélicos.

A influência da sociedade, além de poder ser decisiva para os rumos de uma nova tecnologia, é de crucial importância para a sociedade. De fato, “o debate aberto e vigoroso é freqüentemente a única proteção contra um perigoso mau uso da tecnologia” (SAGAN, 1997, p. 284).

Porém, não é apenas com relação a questões polêmicas, como as já citadas, que se pode dizer haver influência da sociedade sobre o conhecimento científico. Como já dito, todo conhecimento científico é produzido por pessoas, que vivem em um meio social e cultural que influencia seu trabalho científico. Assim, Chalmers (1981, p. 201), por exemplo, afirma que é implausível falar de conhecimento científico que não seja um produto social. Essa influência social não vem apenas de dentro, mas também de fora da comunidade científica. Por exemplo, é amplamente reconhecida a dívida que a ciência tem com relação ao conhecimento tradicional sobre plantas medicinais. Após milhares de anos de convivência com plantas, testando-as em doentes, várias comunidades tradicionais obtiveram conhecimentos empíricos consistentes sobre muitos remédios. Muitos cientistas submeteram, então, essas plantas a testes científicos, buscando corroborar ou refutar a afirmação de que determinadas plantas têm efeitos terapêuticos, no conhecimento tradicional. Como é sabido, esta linha de investigação levou a conquistas importantes da indústria farmacêutica, freqüentemente sem o devido reconhecimento da propriedade intelectual das comunidades tradicionais, o que gerou, por sua vez, debates no bojo das sociedades.

Reconhecer o caráter social e histórico do trabalho científico não implica, contudo, que se deva aceitar a idéia de que não há qualquer objetividade no conhecimento científico. Os conhecimentos científicos podem variar em seu estatuto de objetividade. Mas, não pretendemos aqui aprofundar debates sobre a difícil noção de objetividade. Alguns comentários a este respeito são, contudo, necessários.

Visões bastante interessantes sobre objetividade foram apresentadas por Popper (1979, p. 106-152), Davidson (2004, p. 3-18) e John Searle (SEARLE, 1998; LAFAVE, 2003). John Searle, à guisa de exemplo, propôs a seguinte distinção entre dois tipos de objetividade:

1. Objetividade metafísica;
2. Objetividade epistemológica.

Deveríamos, ainda segundo Searle, distinguir entre dois tipos de subjetividade:

1. Subjetividade metafísica;
2. Subjetividade epistemológica.

Não nos importamos, em nosso questionário, com definições de objetividade, por considerá-las além dos objetivos modestos pretendidos para a educação de graduandos em Biologia. Apenas consideramos adequada a visão de que os conhecimentos científicos podem variar em seu estatuto de objetividade.

Nesta pesquisa, consideramos deformada a visão sobre a ciência que não reconhece as relações entre ciência e sociedade. Também consideramos deformada a visão relacionada de que a ciência é o resultado do trabalho de gênios isolados do mundo.

2.6. TEMA EPISTEMOLÓGICO 6: ESTATUTO DE VERDADE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A noção de “verdade”, no senso comum, se aproxima da “verdade como correspondência”, ou seja, da noção de que uma proposição é verdadeira se e apenas se ela corresponde aos fatos (ou à realidade). Essa noção foi refinada por Alfred Tarski, e foi adotada por Popper (1979, p. 44). Porém, a noção de verdade como correspondência não é tão simples quanto parece, apresentando importantes problemas filosóficos (CHALMERS, 1981, p. 193-204). Outras noções de verdade também apresentam problemas, quando usadas para caracterizar a ciência como uma busca da verdade (p. 212). Evitamos tratar desses problemas filosóficos em nosso instrumento, por considerarmos que estão além dos propósitos modestos para a compreensão de alunos de graduação sobre a natureza da ciência.

Consideramos adequadas as seguintes noções sobre o estatuto do conhecimento científico: (1) O conhecimento científico não é verdade absoluta (MCCOMAS, 1998, p. 59-60). Não podemos chegar a verdades definitivas e nossas teorias devem ser contestáveis; (2) O conhecimento científico, *a rigor*, é tentativo, de natureza conjetural. Porém, é merecedor de um certo grau de confiança. O grau de confiança merecido pode variar bastante, a depender

do conhecimento em questão (ELBY, 2001). Que o conhecimento científico é digno de um certo grau de confiança pode ser visto nas estruturas de conhecimento produzidas pela ciência, geralmente com grande poder preditivo e explicativo, e passíveis de aplicação à realidade objetiva, seja por meio de desenvolvimentos tecnológicos, seja por outros meios. O grau de confiança que podemos ter no conhecimento científico é dependente, entre outras coisas, dos métodos que utilizamos. Para avaliar o grau de confiança que podemos atribuir a uma afirmação científica, é preciso estabelecer o contexto histórico em que tal avaliação é feita e considerar, à luz deste contexto, o grau de consistência teórica e empírica (ver abaixo) da afirmação. A diferentes afirmações científicas, atribuem-se graus distintos de confiança. Há afirmações científicas que podem ser consideradas bastante provisórias, atribuindo-se a elas menor grau de confiança, ao passo que outras podem ser consideradas relativamente estáveis, merecendo maior grau de confiança. Por exemplo, a afirmação “a Lua possui crateras em sua superfície” é mais digna de confiança do que a afirmação “*Australopithecus afarensis* é um ancestral de *Homo sapiens*”. (3) Não há uma correspondência *estricta* entre conhecimento e realidade. Não temos acesso aos fatos independentemente de nossas afirmações e crenças (CHALMERS, 2001, p. 46-62); (4) Os dados coletados por meio de nossos sentidos, não importa se utilizamos ou não equipamentos para obtê-los, como telescópios, microscópios etc., não trazem certeza sobre o mundo observado, uma vez que sua percepção e interpretação depende de teorias (bem como os instrumentos usados para a expansão de nossos sentidos), e os dados somente fazem sentido quando expressos por meio de proposições de observação, que também dependem de teorias (Ibidem); (5) Um dos testes a que se pode submeter o conhecimento científico é o teste para consistência empírica, no qual proposições científicas empiricamente testáveis (pelo menos, em princípio) são sujeitas a testes com base nos fenômenos naturais. Este teste pode ou não apoiar o conhecimento em questão; (6) Outro teste a que se pode submeter o conhecimento científico é o teste para consistência teórica, que é feito com base na compatibilidade de uma dada afirmação científica com outras afirmações ou explicações científicas acerca dos fenômenos naturais. Este teste pode ou não apoiar o conhecimento em questão.

2.7. TEMA EPISTEMOLÓGICO 7: VISÃO RÍGIDA DO MÉTODO CIENTÍFICO

A noção de que todo cientista segue mecanicamente uma mesma série de passos pré-estabelecida deve ser um dos mitos mais difundidos sobre a ciência (MCCOMAS, 1998, p. 57; GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 130). Uma recusa do caráter tentativo do conhecimento

científico e do papel da criatividade nas ciências freqüentemente acompanha essa visão deformada do “Método Científico” (Ibidem).

Consideramos adequada, nesta pesquisa, a visão de que há *métodos* científicos, e não apenas um “Método Científico” único para qualquer tipo de pesquisa (Ibidem, p. 130, 136). Dentre esses métodos, podemos citar os métodos experimental, comparativo (MAYR, 1982, p. 31) e de estudos de caso (SHRADER-FRECHETTE & MACCOY, 1994).

Consideramos, adicionalmente, inadequada a visão de que a prática da ciência dispensa criatividade ou imaginação. A noção de “imaginação” aqui pretendida é especificada a seguir. Segundo Blackburn (1994, p. 197), entende-se por ‘imaginação’, especificamente,

... a capacidade de reviver ou, em especial, de criar imagens mentais. Em termos mais genéricos, no entanto, trata-se da habilidade de criar e ensaiar situações possíveis, de combinar conhecimentos de forma pouco comum ou de inventar experiências mentais. Coleridge foi o primeiro teorizador da estética a distinguir entre a possibilidade de um uso disciplinado e criativo da imaginação e a atividade inútil da fantasia. A imaginação está envolvida em qualquer ensaio *flexível* de respostas a um problema, sendo erroneamente concebida como oposta à razão ... (o grifo é nosso)

A imaginação, no sentido específico de “*capacidade* de reviver ou de criar imagens mentais”, está presente em qualquer atividade científica. Mesmo a mecânica atividade de seguir uma seqüência de passos em uma prática de laboratório já detalhadamente predeterminada exigirá a formação de imagens mentais, como parte do raciocínio ou da memória sobre o que fazer na seqüência. A *capacidade* que chamamos de imaginação é necessária para isso. Mas esse sentido de “imaginação” parece irrelevante para nossa pesquisa. Isso porque não se encontra no escopo do presente trabalho investigar se os alunos acham que os cientistas revivem ou criam imagens mentais em seu trabalho. Parece razoável supor que todos ou quase todos concordarão que os cientistas criam imagens mentais enquanto trabalham, já que é até mesmo *difícil* de evitar que imagens sejam formadas em nossas mentes.

Por sua vez, “imaginação” no sentido mais genérico de “a *habilidade* de criar e ensaiar situações possíveis, de combinar conhecimentos de forma pouco comum ou de inventar experiências mentais”, interessa-nos nesta pesquisa. A imaginação “está envolvida em qualquer ensaio *flexível* de respostas a um problema” (grifo nosso). Procuramos contextualizar as situações de uso da palavra imaginação, e a utilizamos no sentido genérico

acima, não no específico. Consideramos adequado, ainda, o entendimento de que a imaginação, em seu sentido genérico, é necessária em todas as etapas da pesquisa (elaboração do projeto, coleta de dados, interpretação de resultados etc).

O termo “criatividade”, que também aparece em nosso instrumento, foi usado num sentido próximo àquele encontrado no discurso coloquial. Como McComas (1998, p. 60) afirma, “somente a criatividade de cientistas individuais permite a descoberta de leis e a invenção de teorias”.²⁵

2.8. TEMA EPISTEMOLÓGICO 8: O PAPEL DAS HIPÓTESES NA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Inicialmente, consideraremos a definição de “hipótese” aqui adotada, já que o termo tem sido usado de pelo menos três maneiras diferentes (MCCOMAS, 1998, p. 56). Em nosso estudo, entendemos ‘hipótese’ como uma “proposição apresentada como uma suposição e não como uma afirmação” (BLACKBURN, 1994, p. 183). A aceitabilidade da hipótese exige investigação adicional (LAUDAN, 1981).

Hipóteses são produzidas dentro de um referencial teórico preexistente e, já que hipóteses orientam a coleta de dados, revela-se a falha das concepções empírico-indutivistas do trabalho científico (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 129), segundo as quais o conhecimento científico começa com dados “puros”, que não pressupõem teorias e independem de hipóteses.

2.9. TEMA EPISTEMOLÓGICO 9: CONCEPÇÃO EMPÍRICO-INDUTIVISTA E ATEÓRICA DA CIÊNCIA

Consideramos inadequada a visão empírico-indutivista e ateórica da ciência, já mencionada acima ao considerarmos o tema epistemológico 8. Julgamos adequada, por sua vez, a visão de que os dados não são puros, mas sempre pressupõem teoria, e não fazem sentido sem um referencial teórico no qual tenha lugar sua interpretação (CHALMERS, 1981, p. 47-63). O próprio problema de pesquisa depende de um quadro teórico para ser formulado.

Foi considerada inadequada a visão de que a indução a partir de dados puros é a base da ciência (POPPER, 1979, p. 1-31), ou seja, o meio para se chegar às teorias e leis

²⁵ “Only the creativity of the individual scientist permits the discovery of laws and the invention of theories”.

científicas. Segundo essa visão, os próprios dados puros nos levam às teorias, e, mais do que isso, este seria o modo adequado de propor-se teorias. Assim, quando se chegasse a uma teoria, ela já estaria justificada pelo próprio método pelo qual foi produzida.

Capítulo II

MATERIAIS E MÉTODOS

1. UMA VISÃO GERAL DOS MÉTODOS USADOS NESTE ESTUDO

Esta dissertação apresenta os resultados de um estudo da evolução das concepções de alunos do curso de Ciências Biológicas da UFBA sobre a natureza da ciência, com ênfase sobre (1) a influência da carga horária cursada em disciplinas de conteúdos específicos, (2) uma disciplina de HFC, e (3) o engajamento em programas institucionais de IC. Consideramos que um relato do percurso de construção da metodologia utilizada na dissertação tornará mais fácil entender nossas opções e decisões ao longo da realização deste estudo. Esse relato pretende, contudo, seguir uma seqüência que também seja lógica, e não somente cronológica.

Partimos, inicialmente, da suposição de que **as concepções de ciência dos alunos seriam afetadas pelo ensino recebido nas disciplinas de conteúdos específicos**, nas quais a natureza da ciência é implicitamente abordada. Afinal, enquanto aprendem os conteúdos científicos, os alunos podem estar também aprendendo sobre a natureza da ciência, como um elemento do currículo oculto (HODSON 1991) daquelas disciplinas. Assim, **com o aumento da carga horária cursada pelos alunos, poderíamos observar uma melhoria de suas visões sobre a natureza da ciência**, como será detalhado mais adiante.

Além disso, consideramos que as concepções de ciência **seriam significativamente afetadas pela disciplina Evolução do Pensamento Científico (EPC)**, que se ocupa de conteúdos relativos a HFC, sendo ministrada por Charbel Niño El-Hani entre o 5º e 7º semestres do curso. Além disso, tendo em vista os objetivos do programa PIBIC (ver acima), julgamos que **o engajamento em programas institucionais de IC** poderia influenciar as visões dos alunos sobre a natureza da ciência.

Para realizar o estudo, tencionamos, desde o planejamento do projeto de pesquisa, que iríamos quantificar o grau de adequação das concepções de ciências dos alunos. Isso levantou a questão de quais ferramentas de coleta de dados usaríamos. Nossa experiência anterior com

o uso do questionário VNOS-C (*Views on the Nature Of Science*) (EL-HANI et al, 2004) levou-nos pensar que aquele instrumento apresenta a desvantagem de ser mais difícil de aplicar a uma amostra maior, por conta da dificuldade de tratamento das respostas fornecidas. Por outro lado, ele apresenta a vantagem de estar menos sujeito a induzir respostas. No entanto, com o intuito de atingir uma amostra maior, que daria maior representatividade ao teste das hipóteses que pretendíamos realizar, optamos por utilizar um questionário com questões fechadas.

A intenção inicial, contudo, era de realizar um estudo quali-quantitativo, incluindo também entrevistas semi-estruturadas com uma subamostra de alunos que teriam respondido ao questionário. Desse modo, esperávamos aprofundar a interpretação das respostas dos alunos (LEDERMAN, 1990). Mas, infelizmente, tivemos de deixar essa etapa para estudos futuros. Isso ocorreu em virtude da necessidade de o mestrando adquirir conhecimentos em epistemologia que lhe permitissem elaborar o instrumento utilizado, o que demandou bastante tempo. A coleta dos questionários também tomou tempo considerável e, assim, concluímos que o tratamento de entrevistas não seria concluído em tempo, deixando essa etapa para trabalhos posteriores.

Uma vez decidido que seria usado um questionário com questões fechadas, precisamos decidir se usaríamos algum dos questionários disponíveis na literatura científica ou se construiríamos um novo. A melhor opção disponível na literatura seria o questionário VOSTS (*Views on Science-Technology-Society*) (AIKENHEAD & RYAN, 1992). Porém, essa ferramenta foi desenvolvida com base em respostas dadas por alunos canadenses de 16 e 17 anos (LEDERMAN, 1998, p. 605-606), correspondentes a alunos do 2º e 3º anos do ensino médio brasileiro, e os alunos que pesquisáramos eram graduandos de Ciências Biológicas. Ademais, o VOSTS não provê escores numéricos (Ibidem, p. 605) e pretendíamos quantificar os escores dos alunos, uma vez que isso nos permitiria obter representatividade, algo desejável para nossos objetivos de obter um diagnóstico da influência da iniciação científica e de diferentes disciplinas do curso de Ciências Biológicas sobre as concepções de ciência dos alunos. Assim, preferimos construir e validar um questionário destinado especificamente para a amostra de estudantes que investigaríamos. Chamamos este questionário de CESC (*Concepções de Estudantes Sobre a Natureza das Ciências*).

O questionário foi planejado para ser aplicado especificamente a estudantes de graduação em Ciências Biológicas. Desse modo, as questões abordam principalmente as

Ciências Biológicas, ainda que também tratem, em alguns casos, de ciências afins, como a Química e a Geologia.

2. PLANEJAMENTO AMOSTRAL E FERRAMENTAS DE COLETA DE DADOS.

A coleta de dados sobre concepções de ciência dos alunos foi, portanto, realizada com o questionário CESC, elaborado pelo mestrando Eraldo J. M. Tavares, sob orientação dos Profs. Charbel Niño El-Hani (IB-UFBA) e Pedro Rocha (IB-UFBA) O questionário foi validado mediante aplicação a 10 alunos do curso de Ciências Biológicas da UEFS.

O questionário CESC apresentava, inicialmente, 36 questões fechadas, abordando nove temas epistemológicos (Tabela 2), com quatro questões por tema. Dentre as quatro questões destinadas a cada tema, duas eram questões que abordavam uma situação-problema (**s**), apresentada no enunciado da questão, e duas eram questões diretas (**d**), sem uma situação-problema básica.

A seguir, apresentamos um exemplo de questão direta:

Questão (A1.T01.01.D): É uma questão difícil, mas interessante, responder se há ou não diferença entre a ciência e a religião como formas do conhecimento humano. Contudo, podemos tentar responder se a ciência e a religião são ou não formas diferentes de conhecimento das seguintes maneiras. Marque a alternativa que é mais próxima da maneira como você vê a questão.

- a) Há diferença entre ciência e religião porque essas formas de conhecimento utilizam métodos diferentes para a obtenção e validação de suas afirmações sobre o mundo. No entanto, a diferença dos métodos utilizados não significa que a ciência seja uma forma de conhecimento superior à religião.
- b) Não há diferença entre ciência e religião porque elas utilizam métodos que se assemelham na tentativa de mostrar que suas afirmações sobre o mundo são verdadeiras. Religião e ciência não são superiores uma à outra.
- c) Há diferença entre ciência e religião, apesar de a ciência e a religião utilizarem métodos que se assemelham na tentativa de mostrar que suas afirmações sobre o mundo são verdadeiras. Religião e ciência não são superiores uma à outra.
- d) Não há diferença entre ciência e religião porque elas utilizam métodos que se assemelham na tentativa de mostrar que suas afirmações sobre o mundo são verdadeiras. A ciência, contudo, é superior à religião.
- e) Ciência e religião utilizam métodos diferentes para a obtenção e validação de suas afirmações sobre o mundo, sendo esta a razão pela qual constituem formas de conhecimento diferentes. A diferença dos métodos utilizados mostra que a ciência é uma forma de conhecimento superior à religião.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Esse tipo de questão difere das questões com situação-problema, as quais apresentam um cenário em seu enunciado. A seguir, apresentamos um exemplo de questão com situação-problema:

Questão (A1.T02.06.S): Por favor, leia a história abaixo:

“Um químico pretendia neutralizar um vidro de ácido clorídrico. Para isso, fez com que ele reagisse com hidróxido de sódio, gerando sal e água. Depois, verificou a neutralidade da solução resultante pingando-a em algumas formigas. Como todas sobreviveram, concluiu que a neutralização foi bem sucedida”.

- a) O químico realizou um experimento, porque a experimentação é o procedimento utilizado pela ciência para testar suas teorias e hipóteses e aquele químico é um cientista. Experimentos são indispensáveis em qualquer pesquisa científica, porque levam a conhecimentos dignos de confiança. Apesar disso, para elaborar experimentos, os cientistas devem recorrer a teorias, que orientam o planejamento das práticas experimentais.
- b) Já que o químico não controlou nenhuma das variáveis que poderiam intervir no teste, o que ele realizou não pode ser considerado um experimento. Se quisesse controlar alguma variável, teria que recorrer a teorias aceitas em seu campo do conhecimento para decidir quais fatores são relevantes para o teste realizado, devendo ser, assim, controlados. Isso não tornaria seu procedimento imune a erros. Apesar disso, o experimento auxiliaria na compreensão do fenômeno, pois, se corretamente realizado, produziria informações inquestionáveis.
- c) Se houvesse também formigas testadas com água pura para comparar com o resultado obtido com o uso da solução neutralizada, teríamos um experimento. Para que um teste seja um experimento, é necessário que variáveis consideradas relevantes sejam controladas. São as teorias aceitas no campo do conhecimento dos cientistas que mostram a eles quais as variáveis que devem ser controladas. Apesar de precisarem de teorias, experimentos são ferramentas indispensáveis em qualquer pesquisa científica.
- d) O que caracteriza um experimento é o uso de técnicas laboratoriais, não sendo possível realizar experimentos fora do laboratório. Todo conhecimento, para ser científico, deve ter sido testado por meio de experimentos, em alguma etapa de seu desenvolvimento. Um conhecimento só é completamente provado se for testado através de algum procedimento experimental.
- e) Este químico não realizou um experimento, porque não procurou controlar variáveis que poderiam interferir no teste que realizou com as formigas. Como não é possível controlar todas as variáveis que podem interferir em um experimento, buscando-se controlar apenas aquelas que parecem mais importantes de acordo com as teorias mais aceitas em um campo do conhecimento, experimentos não fornecem respostas completamente definitivas sobre idéias científicas, apesar de promoverem o avanço da ciência, auxiliando no aprimoramento das teorias.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Cada aluno responderia a quatro questões diferentes sobre cada um dos nove temas epistemológicos. Esperava-se que a apresentação de tal número de questões diferentes sobre um mesmo tema permitisse uma avaliação mais confiável do grau de adequação das visões de ciência dos alunos (Tabela 2).

Temas epistemológicos abordados	Nº de questões diretas no CESC original	Nº de questões com situação-problema no enunciado, no CESC original	Nº total de questões por tema epistemológico no CESC original
1. Demarcação ciência/não-ciência.	2	2	4
2. Experimento e experimentalismo.	2	2	4
3. Natureza de modelos.	2	2	4
4. Diferenças entre leis e teorias.	2	2	4
5. Influência de fatores sociais e culturais sobre a ciência.	2	2	4
6. Estatuto de verdade do conhecimento científico.	2	2	4
7. Visão rígida do método científico.	2	2	4
8. Papel das hipóteses na investigação científica.	2	2	4
9. Concepção empírico-indutivista e atórica da ciência.	2	2	4
Totais	18	18	36

Tabela 2. Temas epistemológicos tratados pelo questionário CESC, com o número de questões por tema no instrumento original.

Porém, o tamanho do questionário tornava provável um baixo índice de retorno pelos alunos, o que nos levou a dividir o questionário original em dois, cada um continuando com nove temas epistemológicos, mas, agora, com apenas duas perguntas por tema. Foi realizado um teste piloto com 10 alunos, usando o CESC dividido em dois (que, então, chamamos de **CESC 1** e **CESC 2**). O tempo utilizado pelos alunos para responder ao questionário variou de 45 a 90 minutos, aproximadamente, e diversos alunos reclamaram do tamanho do questionário. Assim, resolvemos dividir o questionário novamente por dois. Nessa nova e última versão (Anexo 1), o CESC ficou dividido em 4 tipos (que chamamos de **CESC A**, **CESC B**, **CESC C** e **CESC D**) (Tabela 3).

Temas epistemológicos abordados pelo questionário	Nº de questões no CESC A	Nº de questões no CESC B	Nº de questões no CESC C	Nº de questões no CESC D
1. Demarcação ciência/não-ciência.	1	1	1	1
2. Experimento e experimentalismo.	1	1	1	1
3. Natureza de modelos.	1	1	1	1
4. Diferenças entre leis e teorias.	1	1	1	1
5. Influência de fatores sociais e culturais sobre a ciência.	1	1	1	1
6. Estatuto de verdade do conhecimento científico.	1	1	1	1
7. Visão rígida do método científico.	1	1	1	1
8. Papel das hipóteses na investigação científica.	1	1	1	1
9. Concepção empírico-indutivista e atórica da ciência.	1	1	1	1
Totais	9	9	9	9

Tabela 3. Temas epistemológicos tratados pelos questionários CESC A, B, C e D.

Em cada tipo de CESC, há nove temas epistemológicos, como já havia na primeira versão, com 36 questões. Porém, agora, para cada um dos 9 temas, há apenas 1 questão, em todos os quatro tipos de CESC. A distribuição das questões nos tipos do CESC foi feita de tal maneira que os mesmos tivessem um número aproximadamente equilibrado de questões diretas e de questões com situação-problema. Já que nove temas epistemológicos são abordados, com uma só questão por tema, cada tipo de CESC ficou com a distribuição de questões mostrada na tabela 4.

Tipo de CESC	Nº de questões diretas	Nº de questões com situação-problema	Total de questões por tipo de questionário
CEC A	5	4	9
CEC B	5	4	9
CEC C	4	5	9
CEC D	4	5	9

Tabela 4. Distribuição de questões diretas e questões com situação-problema.

Considere-se, contudo, que, à medida que vão respondendo ao questionário, os alunos podem ir aprendendo sobre a natureza da ciência. Isso pode levar ao resultado de que os últimos temas epistemológicos dos questionários sejam respondidos com maior maturidade.

Além disso, outros efeitos da ordem das questões são possíveis, como, por exemplo, o de que as últimas questões sejam respondidas com mais cansaço, afetando a mensuração das visões dos alunos sobre os últimos temas epistemológicos abordados. Para contrabalançar os efeitos da ordem das questões, preparamos variações dos 4 tipos de CESC, com diferentes posicionamentos das questões. Assim, ao invés de o CESC A, por exemplo, começar sempre com uma questão sobre o tema 1, depois sobre o tema 2, e assim sucessivamente, até chegar a nove questões, utilizamos nove variações de CESC A. Uma das variações, por exemplo, começa com uma questão sobre o tema 2, depois uma questão sobre o tema 3, e assim sucessivamente, até chegar ao tema 1. As formas variantes do CESC estão na Tabela 5.

Variante do CESC	Q. 1	Q. 2	Q. 3	Q. 4	Q. 5	Q. 6	Q. 7	Q. 8	Q. 9
CEC A1	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9
CEC A2	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1
CEC A3	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2
CEC A4	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3
CEC A5	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4
CEC A6	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5
CEC A7	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6
CEC A8	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7
CEC A9	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8
CEC B1	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9
CEC B2	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1
CEC B3	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2
CEC B4	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3
CEC B5	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4
CEC B6	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5
CEC B7	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6
CEC B8	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7
CEC B9	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8
CEC C1	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9
CEC C2	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1
CEC C3	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2
CEC C4	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3
CEC C5	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4
CEC C6	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5

CEC C7	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6
CEC C8	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7
CEC C9	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8
CEC D1	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9
CEC D2	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1
CEC D3	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2
CEC D4	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3
CEC D5	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4
CEC D6	t. 6	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5
CEC D7	t. 7	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6
CEC D8	t. 8	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7
CEC D9	t. 9	t. 1	t. 2	t. 3	t. 4	t. 5	t. 6	t. 7	t. 8

Tabela 5. Distribuição dos temas (t) epistemológicos nas várias formas e questões (Q) do CESC. Os sombreamentos somente ajudam a diferenciar os tipos básicos de CESC. Os temas epistemológicos são aqueles apresentados na Tabela 2.

Assim, há um total de 36 ($4 \times 9 = 36$) variedades de CESC. O número de alunos que respondeu cada uma das variedades foi distribuído da maneira mais homogênea possível.

Todas as questões têm 5 alternativas, cada uma construída com 3 proposições acerca de conceitos básicos, aqui chamados de “conteúdos” (Fig. 1). As alternativas em cada questão têm escores que variam de 0 a 4. A alternativa com escore 4 contém sistematicamente todos os conceitos e todas as relações entre conceitos corretas; a alternativa com escore 3, todos os conceitos corretos, mas com uma relação entre eles incorreta; a alternativa com escore 2 possui dois conceitos corretos e um incorreto; a alternativa com escore 1 apresenta somente um conceito correto e dois incorretos; finalmente, a alternativa com escore 0 apresenta todos os três conceitos incorretos. A estrutura dos tipos de alternativa de cada questão é esquematizada na figura 1.

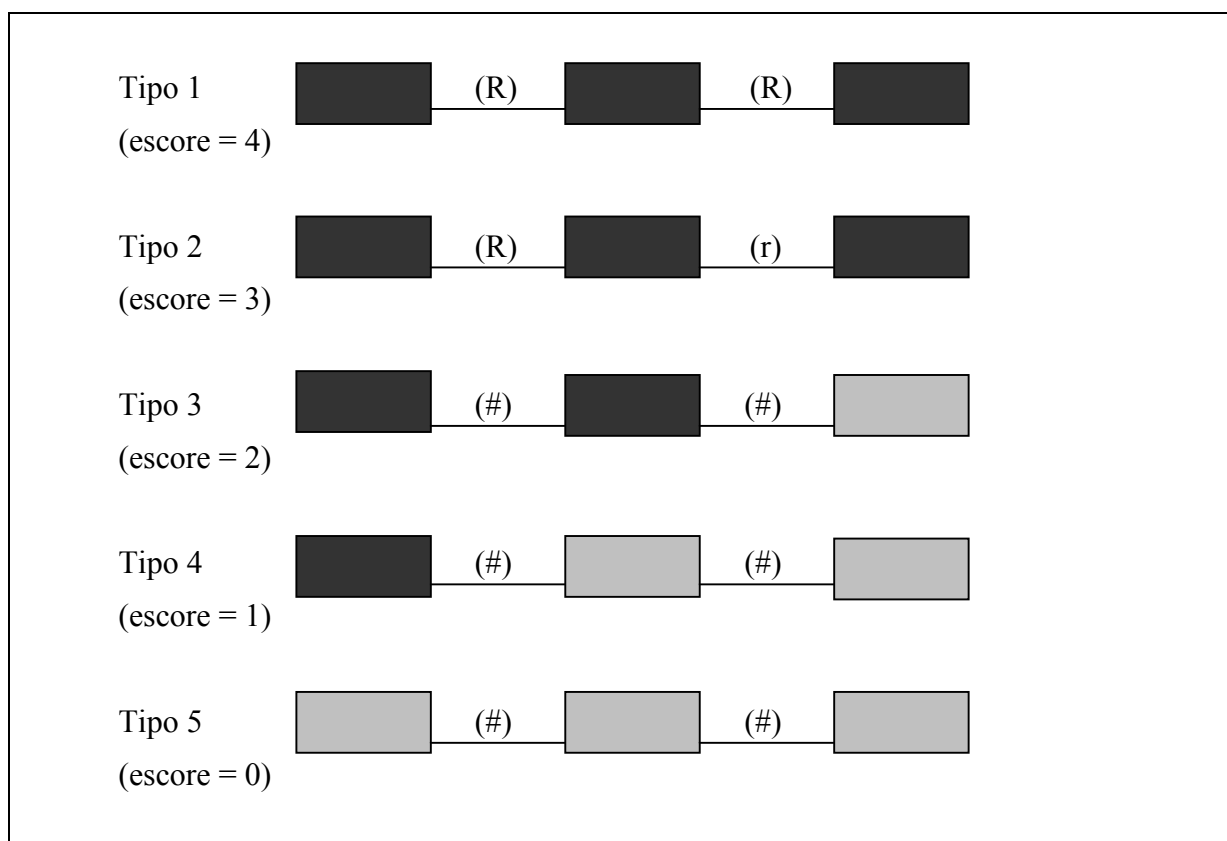


Figura 1. Esquema da estrutura geral de cada tipo de alternativa de cada questão e seus respectivos escores.

Legenda:

- Proposição abordando de forma adequada um conceito (formando um “bloco de construção” ou “conteúdo”).
- Proposição abordando de forma inadequada um conceito (também formando um “bloco de construção” ou “conteúdo”).
- (R) Relação correta entre “conteúdos”. Nem sempre as relações apresentadas são tão lineares quanto no esquema.
- (r) Relação incorreta entre “conteúdos”.
- (#) A relação, quando presente, é geralmente coerente com os “blocos de construção”, os quais podem expressar conteúdo inadequado (Neste caso, uma relação coerente, apesar de indicar consistência das concepções dos alunos, poderá estar reforçando uma concepção “ingênua”. Não a incluímos na quantificação).

Na forma final do instrumento, a ordem das alternativas com diferentes escores foi aleatorizada, para cada questão.

Em questionários como o CESC, há o risco de que as múltiplas escolhas tendam a vir de posições filosóficas dos autores (RYAN & AIKENHEAD, 1992, p. 559). No caso de questionários no formato Likert (onde tipicamente são apresentadas afirmações e oferecidas alternativas de resposta como "concordo fortemente", "concordo", "indeciso", "discordo" e

"discordo fortemente".), podem ocorrer sérios problemas de ambigüidade (AIKENHEAD, 1973), ou seja, podem ocorrer discrepâncias entre as respostas dos estudantes a entrevistas e ao questionário. Respostas a questões desse tipo podem, com freqüência, atingir 80% de ambigüidade (AIKENHEAD, 1992, p. 479). Em contraste, respostas a questões fechadas derivadas empiricamente, como as questões do VOSTS, podem reduzir a ambigüidade para 15 a 20 % (Ibidem).

Assim, uma das maneiras de diminuir a ambigüidade das respostas a questionários é utilizar itens de múltipla escolha derivados empiricamente (AIKENHEAD & RYAN, 1992, p. 479), como foi feito com o VOSTS (Ibidem). Não utilizamos amplamente esse método de diminuir ambigüidades com o CESC. Uma das razões para isso é a enorme quantidade de amostra exigida para esse feito. O CESC, diferentemente do VOSTS²⁶, se destina a alunos de graduação em Ciências Biológicas. O número total de alunos do Instituto de Biologia é de apenas cerca de 500; a construção do VOSTS utilizou mais de dois mil alunos por item (Ibidem, p. 560) para poder detectar empiricamente respostas típicas de alunos. Outra razão é que não haveria tempo para fazê-lo, ainda que pudéssemos encontrar uma grande amostra a partir de outras universidades do país.

Porém, tomamos várias medidas para reduzir as ambigüidades típicas de qualquer questionário. Uma das principais fontes de ambigüidade, se não a maior, é o fato de que a linguagem é freqüentemente usada de modo diferente por pesquisadores e estudantes (LEDERMAN & O'MALLEY, 1990, p. 237). Para mitigar essa importante fonte de ambigüidades, tomamos as seguintes medidas: (1) contextualizamos amplamente as questões do CESC com exemplos (Anexo 1); (2) demos cuidadosa atenção aos termos e à linguagem utilizada, definindo, ocasionalmente, termos que pareciam ambíguos; (3) utilizamos nossa experiência em uma pesquisa anterior (ver EL-HANI *et. al.*, 2004) para nos orientarmos quanto às visões comumente apresentadas pelos alunos, com variados graus de adequação, e procuramos apresentá-las numa linguagem próxima à obtida empiricamente.²⁷ Podemos dizer, assim, que o CESC inclui itens desenvolvidos empiricamente, mas não de maneira tão ampla e sistemática, com grande amostragem, como ocorreu no caso do VOSTS. Por fim, (4) planejamos o uso de entrevistas de uma sub-amostra, o que não foi possível realizar, infelizmente.

²⁶ Os itens do VOSTS foram desenvolvidos empiricamente com base em respostas escritas e entrevistas de alunos (RYAN & AIKENHEAD, 1992, p. 560).

²⁷ Por exemplo, a palavra "norma", na alternativa *d* da questão C1.T04.13.D, anexo 1.

Um segundo problema possível é a indução de respostas pelo questionário.²⁸ Nesse sentido, estivemos atentos para evitar quaisquer induções de resposta. Respostas poderiam ser induzidas, por exemplo, se as alternativas consideradas mais adequadas tivessem uma linguagem mais sofisticada do que as menos adequadas. Procuramos construir alternativas, em uma mesma questão, que possuísem, dentro do possível, aproximadamente o mesmo tamanho, a mesma consistência lógica interna aparente, o mesmo grau de sofisticação da linguagem e, enfim, que parecessem igualmente convincentes para cada visão de ciência em cada tema epistemológico. Ou seja, para um aluno que possui uma visão inadequada de que um “lei científica” é uma verdade indubitável, haverá uma alternativa que tencionou expressar convincentemente essa visão (Por exemplo, ver questão **A1.T04.16.S**, alternativa *c*). Para quem acha que “lei científica” é uma expressão de uma regularidade da natureza, haverá também uma alternativa que tencionou expressar convincentemente essa noção (Por exemplo, ver questão **A1.T04.16.S**, alternativa *e*).

Finalmente, há o risco de que o aluno marque uma resposta sobre a qual ele não concorda profundamente, mas que, ainda assim, lhe parecia a melhor alternativa dentre aquelas oferecidas pelo instrumento. Para mensurarmos esse problema, o CESC pede, após cada questão, que os alunos quantifiquem (com uma nota de 0 a 10) o grau de concordância que tiveram com a alternativa que assinalaram, como pode ser visto no anexo 1.

No teste piloto, não detectamos qualquer dificuldade de interpretação das questões por parte dos alunos. Porém, uma aluna havia entendido que ela poderia quantificar seu grau de concordância com qualquer uma das alternativas, e não somente com a que mais se adequasse à sua visão. Isso nos levou a adicionar uma explicação mais clara a este respeito na primeira página do instrumento, como pode ser visto no anexo 1.

O questionário CESC, em sua versão inicial, com 36 questões foi apresentado a um historiador e filósofo da ciência (Antonio Augusto Passos Videira), que o revisou e ofereceu sugestões para melhorá-lo, antes da aplicação aos estudantes.

Os estudantes responderam, junto com o questionário CESC, um questionário sobre dados pessoais, que visava a coletar outros dados necessários para o teste das hipóteses do estudo. Ele perguntava, entre outras coisas, se eles já haviam cursado a disciplina Evolução do

²⁸ Por exemplo, em nossa experiência anterior (EL-HANI *et al.*, 2004), percebemos que a ordem de duas questões do VNOS-C afetava a resposta dos alunos, o que levou à inversão desta ordem na versão final do instrumento. Tratavam-se de questões sobre criatividade e imaginação, e sobre a possibilidade de interpretações

Pensamento Científico (BIO 143) e se eram ou haviam sido bolsistas de iniciação científica (Anexo 2).

3. POR QUE USAMOS SOMENTE QUESTIONÁRIOS DE QUESTÕES FECHADAS

Os questionários utilizados nesta pesquisa são todos de questões fechadas. Estamos cientes das limitações desse tipo de ferramenta. Bell (2003, p. 355), por exemplo, afirma que “questões abertas provêm mais liberdade para os respondentes expressarem suas próprias visões do empreendimento científico, e também ajudam a evitar a imposição da visão dos pesquisadores”.²⁹ De fato, a maior vantagem das questões abertas em comparação com as fechadas é que aquelas não forçam “o respondente a enquadrar sua percepção em alternativas preestabelecidas” (GIL 1999, p. 131). Contudo, questionários com questões fechadas também possuem suas vantagens. Por exemplo, eles permitem que um maior número de questões seja aplicado em um só questionário, já que questões de múltipla escolha geralmente exigem menos esforço para responder (GIL 1999, p. 131). Além disso, o processo de tabulação é mais simples, permitindo novamente que o número de questões seja maior (GIL 1999, p. 131), além de permitir que um número maior de respondentes seja incluído na pesquisa, facilitando, assim, o uso de tratamento estatístico. Finalmente, permitem a obtenção de dados com maior representatividade e, por conseguinte, com maior possibilidade de generalização.

Contudo, se ganham em representatividade, os dados obtidos com questionários de múltipla escolha podem facilmente perder em profundidade. Com o objetivo de obter maior profundidade, além de evitar vieses interpretativos, planejamos inicialmente que uma subamostra dos alunos que responderam ao questionário seria entrevistada.

alternativas dos mesmos dados. A primeira, vindo antes, induzia os alunos a responderem que diferentes interpretações dos mesmos dados resultavam da criatividade dos cientistas.

²⁹ “open-ended questions provide more freedom for respondents to express their own views of the scientific enterprise while helping to avoid the imposition of researchers’ views”.

4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Apresentaremos, inicialmente, uma visão geral da análise estatística da dissertação. Depois, abordaremos uma visão um pouco mais detalhada da ANCOVA que planejamos aplicar e, finalmente, apresentaremos todas as análises importantes aplicadas em nossa situação de pesquisa.

4.1. UMA VISÃO GERAL DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DISSERTAÇÃO

Inicialmente, precisamos supor o tipo de comportamento que a evolução das concepções dos alunos sobre a natureza da ciência poderia ter ao longo do curso. Isso influenciaria o tratamento estatístico que planejaríamos usar para tratar os dados coletados. Assim, foi da máxima importância para os rumos tomados pela pesquisa termos realizado simulações do comportamento das concepções epistemológicas dos alunos antes de empreender a coleta de dados. Partimos do pressuposto de que o desenvolvimento das concepções dos alunos ao longo do curso seria tal que poderia ser matematicamente modelado por uma função linear crescente, tendo como variável independente (no eixo x) a **carga horária** já cursada pelos alunos, e como variável dependente (no eixo y) o **grau de adequação das concepções de ciência dos alunos**, medido pelo escore obtido no questionário CESC.

O suposto comportamento dos escores dos aluno indicava que um bom tratamento estatístico para essa situação de pesquisa seria a aplicação de análise de covariância (ANCOVA). A ANCOVA permite a comparação das médias de dois ou mais grupos de um ou mais fatores fixos, além de ajustar o efeito de uma covariável. Por exemplo, em nosso caso, a ANCOVA permite comparar as médias de quem cursou EPC (grupo 1) com a de quem não cursou (grupo 2), corrigindo o efeito de confusão produzido por diferenças de carga horária já cursada (covariável). Nesse caso, EPC é um “fator fixo”.³⁰ O outro fator fixo é o envolvimento em iniciação científica (**IC**) com bolsa, com os grupos de tratamento (ou níveis) 1 (foi bolsista) e 2 (não foi bolsista). Os valores de y (variável dependente) seriam os **escores**

³⁰ Na maioria das discussões de ANOVA, “tratamentos” são chamados de “fatores” (KREBS, 1999, p. 349). Cada fator é uma variável que possui diversos *níveis* (ou *categorias* ou *grupos* ou *grupos de tratamento*) (QUINN, 2004, p. 339-342). Em nosso caso, o fator EPC é *fixo* porque todos os níveis possíveis (isto é, os níveis 1 e 2) estão presentes na análise (KREBS, 1999, p. 349).

do questionário CESC; os de x (variável independente tratada como covariável) a **carga horária já cursada**, fornecida pelo questionário de dados pessoais.

Os dois fatores fixos (IC e EPC) podem ser também avaliados quanto às suas *combinações*. Os grupos de combinação que podem ser formados com os dois fatores fixos que temos estão na Tabela 6, e foram analisados em nossa ANCOVA.

Foi planejado um número de 20 alunos para cada combinação entre os níveis dos fatores fixos (os grupos da Tabela 6). Assim, chegamos à amostra final planejada de 80 alunos. Essa era a amostra máxima que esperávamos conseguir com base no esforço amostral possível. Consideramos que esse número era suficiente para a produção de um teste ANCOVA com poder de detecção adequado (ou seja, 0,8 [GLANTZ, 1997, p. 179; QUINN, 2004, p. 165]).

Grupo de combinação entre níveis dos Fatores	EPC	Iniciação Científica	Nº questionários a serem respondidos
1	Fez	Fez	20
2	Fez	Não fez	20
3	Não fez	Fez	20
4	Não fez	Não fez	20

Tabela 6. Os 4 grupos formados pela combinação entre os níveis dos dois fatores fixos (EPC e IC) e a amostra planejada para a ANCOVA desses grupos.

Os dois fatores fixos possuem, cada um, dois grupos de tratamento: *sim*, que, nesta pesquisa, foi representado pelo numeral “1”, e *não*, representado por “2”. Assim, com relação ao fator EPC, recebeu o rótulo “1” quem cursou e “2” quem não cursou a disciplina. Com relação ao fator IC, recebeu “1” que foi bolsista de iniciação científica, e “2” quem não foi (Anexo 4).

Nossa situação real de pesquisa levou a algumas alterações sobre o que foi inicialmente planejado. Abordaremos isso na seqüência.

4.2. TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA A SITUAÇÃO REAL ENCONTRADA

Após a finalização da elaboração dos diferentes tipos do questionário CESC (Anexo 1) e do questionário sobre dados pessoais (anexo 2), começamos a coletar os dados. Os alunos

que participariam da pesquisa foram inicialmente sorteados entre todos os alunos de Ciências Biológicas da UFBA. Nem todos, porém, puderam entrar no estudo. Foram excluídos alunos de licenciatura que cursaram matéria com conteúdo epistemológico explícito na Faculdade de Educação da UFBA, alunos fazendo a segunda formação (licenciatura ou bacharelado) e alunos que cursaram parte da graduação em outra instituição.

Por que incluir os que foram bolsistas de iniciação científica num grupo diferente do daqueles que fizeram iniciação científica sem bolsa? Primeiramente, porque a escolha desse universo permitirá avaliar as diretrizes do programa institucional de bolsas do país, como planejamos, o que poderá ter decorrências importantes para essas diretrizes. Em segundo lugar, há uma razão metodológica: incluir os alunos que não possuem bolsa tornaria esse grupo muito heterogêneo, por exemplo, no grau de envolvimento com a atividade de iniciação científica. Entretanto, essa decisão tem, evidentemente, conseqüências. Uma delas é que é bem possível que se encontre alunos que não são bolsistas mas que são tão dedicados quanto os bolsistas ao estágio. O efeito dessa atividade sem bolsa em suas concepções de ciência pode ser muito próximo do que ocorre com bolsistas.

Com o decorrer da coleta de dados, percebeu-se de imediato que a absoluta maioria dos alunos pertencia a uma das combinações entre níveis dos fatores: alunos que não cursaram EPC nem foram vinculados ao PIBIC. Assim, os 80 alunos inicialmente sorteados rapidamente preencheram os 20 elementos necessários para o referido grupo de combinação entre fatores fixos, mas faltou amostra para os demais grupos de combinação, de modo que outro sorteio foi feito, visando a completar a amostra necessária.

Os 4 subgrupos de combinação entre os níveis dos fatores inicialmente planejados para análise de covariância apresentaram-se na população estudada com grande diferença na freqüência de ocorrência. Como ficou óbvio que, dos cerca de 500 alunos do Instituto de Biologia, não se conseguiria 20 alunos para todos os 4 subgrupos de combinação, os sorteios foram abandonados e se passou a coletar toda a amostra disponível. A amostra que conseguimos de fato coletar foi de 65 alunos.

Conseguimos, no total, coletar 9 questionários para cada um dos dois subgrupos de combinação com menor amostra. Num desses grupos, formado por alunos que cursaram EPC, mas não foram vinculados ao PIBIC, aparentemente coletamos 100% da amostra existente no Instituto de Biologia da UFBA.

A amostra total coletada está na tabela 7. Note que a amostra não está balanceada, de modo que foi preciso decidir se faríamos uma ANCOVA com amostra não-balanceada ou balanceada. Para usarmos a ANCOVA não-balanceada, seria, antes de mais nada, necessário testar cuidadosamente um dos pressupostos exigidos pelo teste ANCOVA: o de que há semelhança de desvios padrões. Esse pressuposto fica sob forte risco com amostras muito desiguais. Usando o software GraphPad InStat, versão 3.00, comparamos as variâncias dos quatro grupos IC = 1, IC = 2, EPC = 1 e EPC = 2, confirmando que as variâncias não diferiam significativamente (Bartlett statistic (corrected) = 0.8323; $P = 0.8417$). Ademais, esses quatro grupos passaram, todos, pelo teste de normalidade do mesmo software (todos com $P > 0,10$).

Testamos, além disso, se os grupos formados pela combinação dos níveis dos fatores fixos (Tabela 7) possuíam desvios padrões semelhantes, confirmando que de fato possuíam (Bartlett statistic (corrected) = 4.841; $P = 0.1838$). O teste de normalidade desses quatro grupos de combinação mostrou que as curvas são normais (todos com $P > 0,10$).

Assim, as amostras não-balanceadas que tínhamos cumpriam esses dois pressupostos exigidos para uma ANCOVA e, por isso, achamos por bem realizar os testes com a amostra total de 65 alunos (tabela 7), ao invés de usar amostra balanceada com 9 alunos em cada grupo (36 alunos no total).

Para realizar as análises estatísticas, utilizamos os *softwares* SPSS 8.0 e GraphPad InStat 3.00.

Grupo de combinação entre os níveis dos fatores fixos	EPC	Iniciação Científica.	Nº questionários obtidos
1	Fez	Fez	9
2	Fez	Não fez	9
3	Não fez	Fez	17
4	Não fez	Não fez	30

Tabela 7. Os 4 grupos de combinação entre os níveis dos fatores fixos e a amostra de cada grupo. Esses grupos foram usados na ANCOVA não-balanceada deste estudo.

Capítulo III

RESULTADOS

1. SOBRE O GRAU DE CONCORDÂNCIA DOS ALUNOS EM CADA QUESTÃO

Num questionário de questões fechadas, pode-se levantar dúvidas sobre o grau de concordância dos alunos com a alternativa que escolheram, uma vez que suas múltiplas escolhas tendem a vir de posições filosóficas escritas por educadores (RYAN & AIKENHEAD, 1992). O CESC apresenta, em cada questão, um pedido para que o aluno quantifique, com escore de 0 a 10, o grau de concordância com a alternativa que assinalou. Preferimos adotar essa opção, ao invés de apresentar em cada questão uma alternativa como “outros” ou “nenhuma das alternativas”, o que resultaria, em nossa visão, numa possível tendência de que os alunos simplesmente evitassem tomar uma posição dentre as apresentadas. O histograma de frequências dos escores de concordância mostram uma curva bastante assimétrica, com moda no escore 10. Cerca de 85% das respostas apresentaram grau de concordância maior ou igual a 7, e cerca de 70% um grau de concordância maior ou igual a 8. Desse modo, podemos considerar que as alternativas assinaladas, de modo geral, exprimiam o que os alunos desejavam responder, diante dos problemas colocados (Fig. 2).

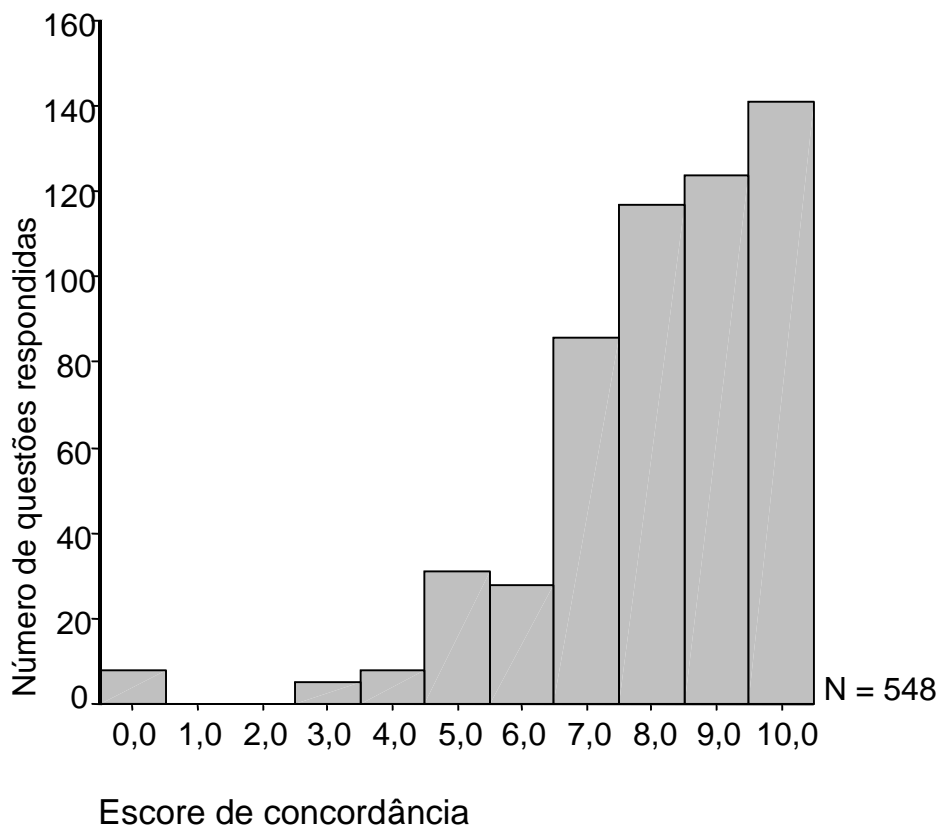


Fig. 2. Histograma mostrando número de questões respondidas (eixo y) e escore indicado pelos alunos, de 0 a 10, para o grau de concordância que apresentavam com a resposta dada (eixo x).

2. COMPARAÇÃO ENTRE QUESTÕES DIRETAS E COM SITUAÇÃO-PROBLEMA

Comparamos os escores médios obtidos pelos alunos em questões diretas e com situação-problema usando *teste t para dados emparelhados*. A probabilidade de que a distribuição dos valores nos dois tratamentos derive da mesma população foi de 0,3181, considerada não-significativa (Fig. 3; Anexo 11). Assim, os dois tipos de questão puderam ser tratados estatisticamente sem a necessidade de distingui-los.

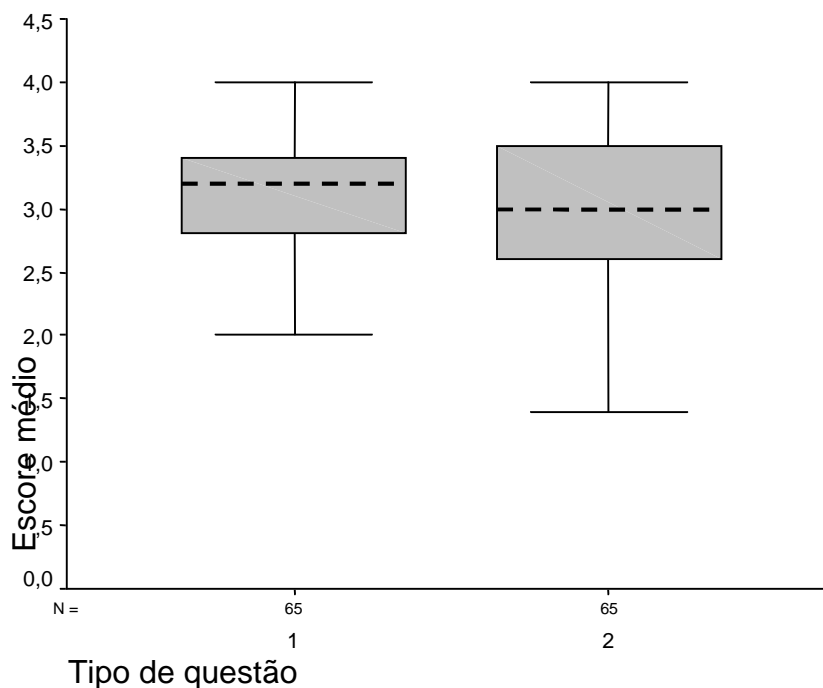


Fig. 3. Comparação dos escores médios obtidos em questões diretas e com situação-problema. O gráfico mostra os quartis para cada tipo de questionário. A linha tracejada dentro de cada caixa mostra a mediana (2ª separatriz). A base e o topo de cada caixa mostram a 1ª e 2ª separatrizes, respectivamente. As linhas extremas de cada coluna mostram os valores máximos e mínimos de escores médios observados.

Legenda:

N = número de alunos;

1 = questão direta;

2 = questão com situação-problema;

3. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DOS ESCORES DOS QUATRO TIPOS DE QUESTIONÁRIO

A distribuição dos subtipos de questionários recebidos e que efetivamente puderam ser utilizados na pesquisa, por não conterem erros de preenchimento importantes, são mostrados na Tabela 8.

EPC	IC	t	t	t	t	t	t	t	t	t	T	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	
Sim	Sim	A5	A8	C4	B6	A1	C1	C9	D9	D9																								
Sim	Não	A8	B7	A4	A1	C2	B6	A2	C7	C1																								
Não	Sim	D1	A6	D3	B8	D3	A3	B1	B8	A1	D2	D8	A9	A3	A4	B1	C5	D4																
Não	Não	A2	C1	B7	A4	A6	D4	A4	A5	C2	C7	C6	A5	B5	D2	D7	C2	C5	A9	B5	C4	C8	A5	B2	A7	D8	C3	D3	B9	D1	A7			

Tabela 8. Distribuição dos subtipos de questionário nos grupos combinação entre os níveis dos fatores fixos.

Legenda:

EPC = Disciplina Evolução do Pensamento Científico

IC = Iniciação científica

t = tipo e subtipo de questionário respondido (ver Tabela 5 para entender os símbolos que representam os tipos e subtipos de questionário).

Procuramos tornar a distribuição dos 4 tipos de questionário, bem como dos subtipos, tão homogênea quanto possível. A taxa de retorno, porém, não foi igualmente homogênea (A = 23; B = 12; C = 16; D = 14). Testamos a diferença de escore produzido pelos diferentes tipos de questionário (A, B, C e D, numerados na Tabela 12 (Anexo 4) como 1, 2, 3, 4, respectivamente), usando a ANOVA não-paramétrica chamada de *Teste Kruskal-Wallis*³¹. A probabilidade (*P*) foi de 0,44, que não é considerada significativa (Fig. 4). Ou seja, caso os quatro tipos de questionário de fato não produzam escores diferentes na população estudada (hipótese nula), há 44% de chance de se obter por acaso médias amostrais que difiram tanto ou menos do que as médias que obtivemos (Fig. 4).

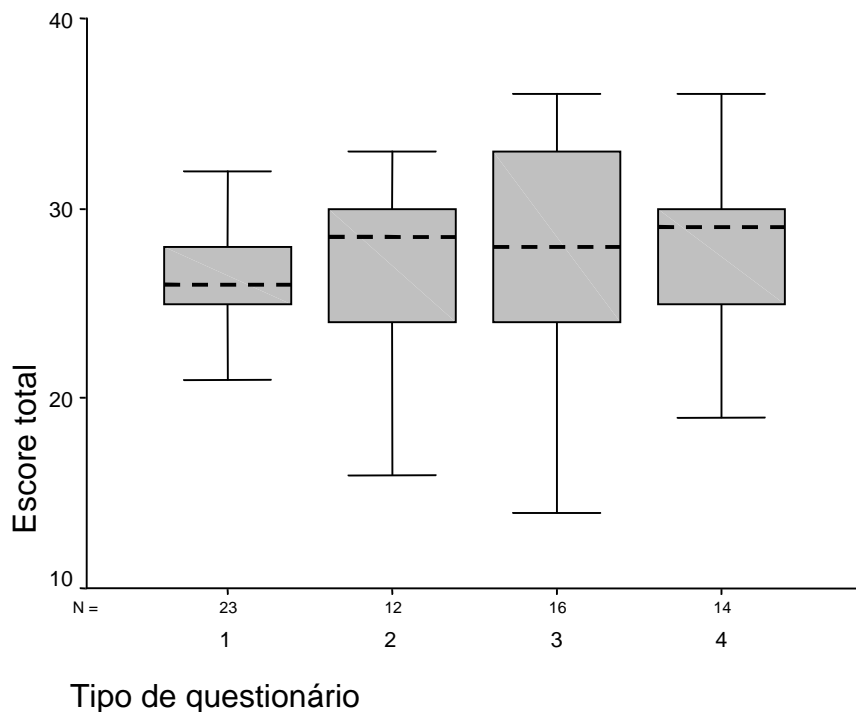


Fig. 4. Comparação dos escores nos 4 tipos básicos de questionário. O gráfico mostra os quartis para cada tipo de questionário. A linha tracejada dentro de cada caixa mostra a mediana (2ª separatriz). A base e o topo de cada caixa mostram a 1ª e 2ª separatrizes, respectivamente. As linhas extremas de cada coluna mostram os valores máximos e mínimos de escores observados.

Legenda:

- N = número de questionários;
- 1 = questionário tipo A;
- 2 = questionário tipo B;
- 3 = questionário tipo C;
- 4 = questionário tipo D.

³¹ Usamos ANOVA não-paramétrica porque os desvios padrões entre os diferentes tipos de questionário diferiam significativamente (*estatística Bartlett* (corrigida) = 12.157; *P* = 0.0069).

Assim, podemos tratar os diferentes tipos de questionário como iguais. Ou seja, não precisamos, em nossas análises, apresentar correções para *efeitos de questionário*. Além disso, o fato de haver retorno heterogêneo dos quatro tipos de questionário não deve interferir em nossas análises. Em suma, os questionários puderam ser tratados estatisticamente como se houvesse apenas um único tipo de questionário.

4. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS OBTIDAS NOS FATORES IC E EPC

Aplicamos análise de covariância (ANCOVA) sobre a amostra total de alunos ($n = 65$), tendo EPC e IC como fatores fixos e carga horária cursada como covariável. A tabela geral de dados usados para essa análise está no anexo 4. Os resultados obtidos estão a seguir. O tamanho amostral de cada grupo, em cada fator, é mostrado na Tabela 9. A estatística descritiva se encontra na Tabela 10. A probabilidade associada ao modelo geral foi de 0,052 e, por ser muito próxima de 0,05, o modelo foi aqui considerado significativo. **As probabilidades associadas aos fatores foram de 0,006 para EPC e 0,133 para IC; para a interação³² entre IC e EPC foi de 0,950. A probabilidade associada à covariável foi de 0,017** (Tabela 11). Ou seja, controlando-se os valores para a carga horária cursada, os alunos que cursaram EPC apresentaram visão de ciência significativamente mais adequada do que os que não cursaram. Por outro lado, os alunos que foram bolsistas de IC do programa PIBIC/CNPq, realizado o mesmo controle para carga horária, não apresentaram visão de ciência significativamente mais adequada do que os que não o foram. Finalmente, a carga horária apresentou efeito significativo sobre os escores dos alunos (ver abaixo).

³² O termo *interação*, em análise de variância, refere-se a um nível de fonte de variação adicional à variação devida a cada um dos fatores. Nossa ANCOVA indica que não há interação entre os fatores IC e EPC.

Fatores fixos e respectivos níveis		N
IC	1	26
	2	39
EPC	1	18
	2	47

Tabela 9. Os fatores usados e o número da amostra de cada grupo de tratamento.

EPC	IC	Média	Desvio padrão	n
1	1	29,3333	5,2202	9
	2	28,3333	3,3166	9
	Total	28,8333	4,2737	18
2	1	26,7059	3,3122	17
	2	26,4000	5,2167	30
	Total	26,5106	4,5820	47
Total	1	27,6154	4,1673	26
	2	26,8462	4,8750	39
	Total	27,1538	4,5868	65

Tabela 10: Estatística descritiva dos escores, obtida da ANCOVA sobre a amostra de 65 alunos.

Fonte	Soma dos quadrados Tipo III	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	P	η^2 parcial	Parâmetro de não-centralidade		Poder observado(a)		
			Modelo Corrigido	192,3474	48,0872	2,5000	0,52	1,43	10,000	0,677	
			intercepto	6980,997	1	6980,997	362,927	,000	,858	362,927	1,000
			carga horária	116,6151	1	116,6151	6,063	,017	,092	6,063	0,678
			EPC	158,396	1	158,396	8,235	,006	,121	8,235	,806
			IC	44,5471	1	44,5471	2,316	,133	,037	2,316	0,322
			EPC * IC	7,776E-02	1	7,776E-02	,004	,950	,000	,004	,050
			Erro	1154,1156	60	19,235					
			Total	49273,000	65						
			Total corrigido	1346,462	64						

Tabela 11. Resultado da ANCOVA com fatores EPC e IC e covariável carga horária. A variável dependente é o escore.

a Alfa = ,05

b $R^2 = ,143$ (R^2 ajustado = ,086)

Obtivemos gráficos que mostram a dispersão dos pontos da amostra total, com 65 alunos, e de cada um dos grupos de tratamento, em ambos os fatores fixos, além das respectivas linhas de regressão. Com a ajuda desses gráficos, testamos o pressuposto da ANCOVA de que há linearidade na dispersão dos pontos. A linearidade é importante para nosso procedimento estatístico, já que um dos pressupostos da ANCOVA é que a relação entre os valores de Y e X deveria ser linear (QUINN, 2004, p. 348-349). Gráficos do tipo “dispersão” são um bom modo de verificar esse pressuposto (Ibidem). Nossa impressão inicial era a de que a dispersão dos escores ao longo do curso, vista em gráficos de dados dispersos, seria linear e crescente. Todos os gráficos dos nossos dados usados na ANCOVA passaram visualmente pelo teste de linearidade. Além disso, a linearidade foi confirmada estatisticamente em todos os grupos de tratamento e na população total (Anexos 6 a 10). Isso permitiu que aplicássemos a ANCOVA (Figuras 6 e 7).

A amostra reunida de 65 alunos, mostrada na Fig. 5, obteve $P = 0.8457$ no teste de linearidade (Anexo 6). A figura 5 mostra, adicionalmente, a banda em torno da linha de regressão que mostra o intervalo de confiança de 95%.³³

³³ Essa banda nos permite prever, com 95% de confiança, a região onde se encontraria a linha de regressão caso tivéssemos a população inteira, não uma amostra. Essa linha obtida a partir da população inteira é a chamada “linha das médias” (GLANTZ, 1997, p. 225-231).

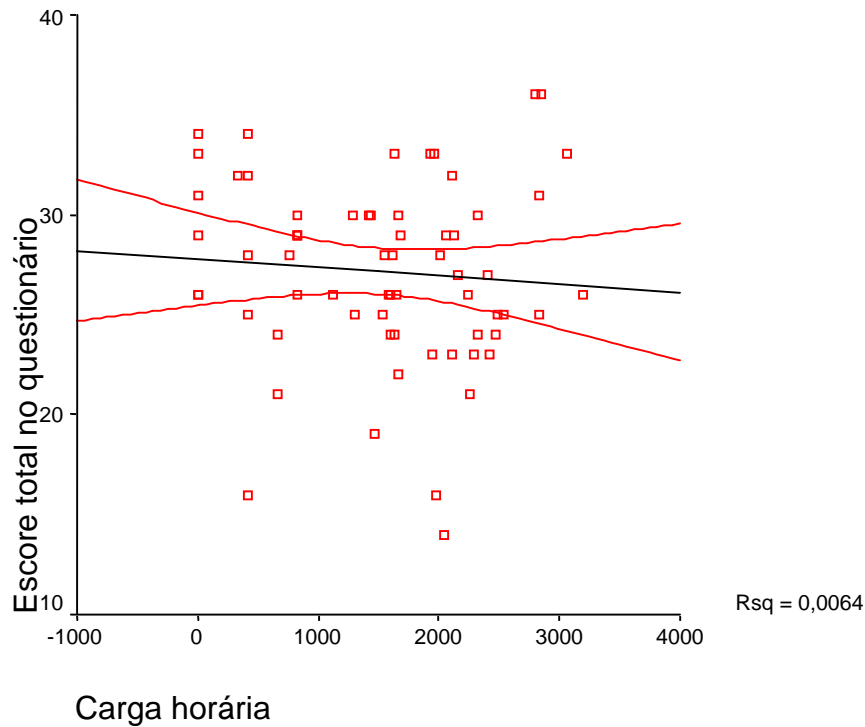


Fig. 5: Linha de regressão da amostra de 65 alunos, sem distinção de fatores. As bandas mostram o intervalo de confiança de 95%.

Legenda:

(—) = Bandas do intervalo de confiança de 95% para a linha das médias;

(—) = Linha de regressão da população total;

$Rsq = r^2$ (onde “r” é o coeficiente de correlação linear).

Pode-se ver que os escores dos alunos de nossa amostra total não melhoraram com o aumento da carga horária. O gráfico mostra, ao contrário, uma leve *diminuição* dos escores dos alunos em geral, que foi detectada pela ANCOVA. Ou seja, não identificamos uma melhora nas concepções de ciência dos alunos ao longo do curso. Pelo contrário, as concepções de ciência dos alunos de nossa amostra pioraram levemente.

Abaixo (Fig. 6), apresentamos a modificação dos escores ao longo do curso para o fator EPC:

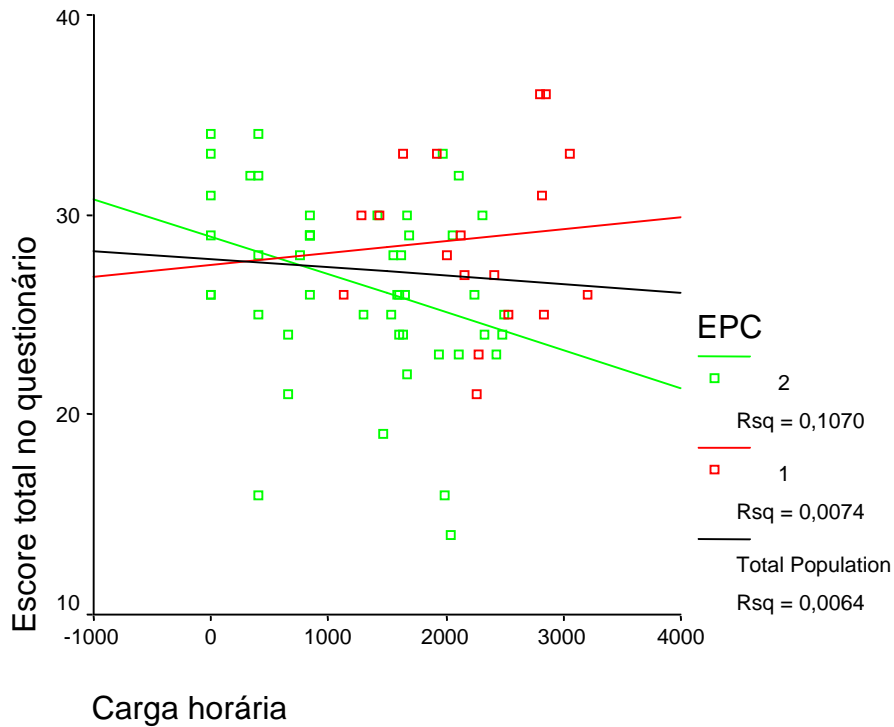


Fig. 6. Gráfico da ANCOVA sobre a amostra de 65 alunos mostrando o fator fixo EPC (disciplina Evolução do Pensamento Científico).

Legenda:

- (—) = Linha de regressão de quem cursou EPC (“1”);
- (—) = Linha de regressão de quem não cursou EPC (“2”);
- (—) = Linha de regressão da população total;
- Rsq = r^2 (onde “r” é o coeficiente de correlação linear).

Ambos os grupos do fator EPC passaram no teste de linearidade, que é um pressuposto da ANCOVA ($P = 0,8910$ para grupo 1 e $0,2068$ para grupo 2) (Anexos 9 e 10, respectivamente).

A modificação dos escores ao longo do curso para quem foi e para quem não foi vinculado ao PIBIC é apresentada na Fig. 7:

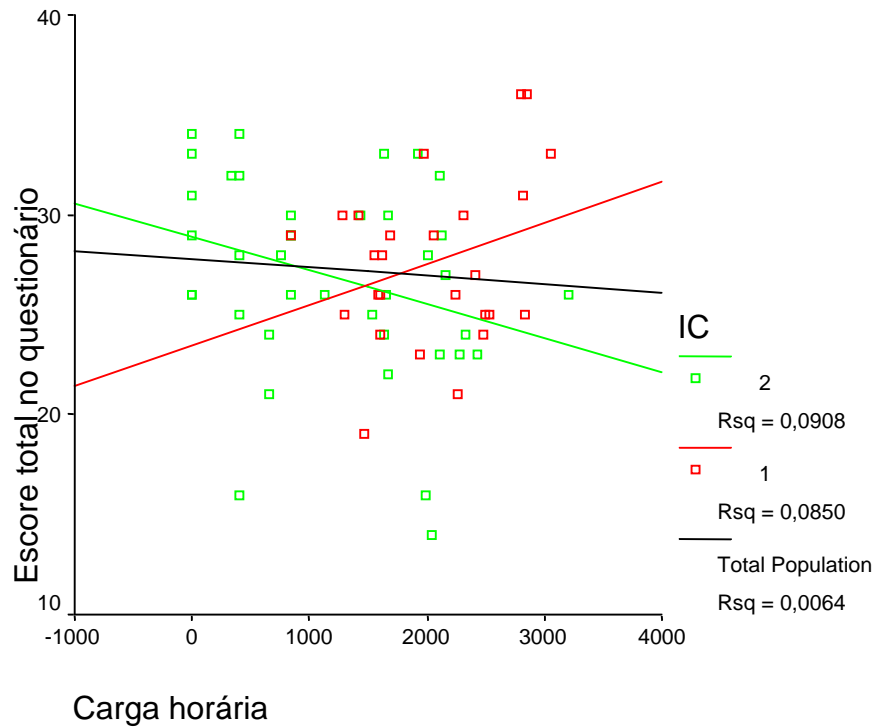


Fig 7. Gráfico da ANCOVA sobre a amostra de 65 alunos mostrando o fator fixo IC (iniciação científica).

Legenda:

- (—) = Linha de regressão de quem foi bolsista de IC (“1”);
- (—) = Linha de regressão de quem não foi bolsista de IC (“2”);
- (—) = Linha de regressão da população total;
- Rsq = r^2 (onde “r” é o coeficiente de correlação linear).

O teste de linearidade para IC mostrou que, também aqui, ambos os grupos são lineares ($P = 0,7228$ para grupo 1 e $0,6271$ para grupo 2) (Anexos 7 e 8, respectivamente).³⁴

Passaremos, a seguir, para a análise dos dados obtidos em cada tema epistemológico isoladamente.

³⁴ Adicionalmente, pode-se perceber, nos gráficos 7 e 8, que as duas inclinações de cada fator fixo parecem não ser paralelas. Contudo, é um pressuposto da ANCOVA a homogeneidade das inclinações. Não estávamos seguros de que o software SPSS corrigia esse problema. Assim, aplicamos um procedimento estatístico para inclinações heterogêneas da ANCOVA (QUINN, 2004 p. 350), que confirmou os resultados já apresentados pela nossa ANCOVA acima. Uma ANCOVA de EPC com a covariável apresentando apenas indivíduos com carga horária entre 1000h e 3000h produziu inclinações dos dois tratamentos (sim e não) quase totalmente paralelas, com $P = 0,026$ (obtida de ANCOVA sobre o fator EPC isoladamente). O mesmo procedimento foi feito com relação ao fator IC. Os valores da covariável X (carga horária) entre as cargas horárias 1000h e 2700h produziram inclinações quase paralelas (Fig. 10). A probabilidade (P) encontrada foi de 0,492, obtida com ANCOVA com fator IC, isoladamente.

5. TRATAMENTO DOS ESCORES EM CADA TEMA EPISTEMOLÓGICO ISOLADAMENTE

O tratamento dos escores em cada um dos temas epistemológicos apresenta o problema de que há *nove* temas epistemológicos. Um teste *t* de Student sobre esses dados para testar se os dois tratamentos (sim e não) de cada fator (IC e EPC) diferem entre si em escore precisaria passar por uma correção do α (nível de significância), como a de Bonferroni (GLANTZ, 1997, p. 89-91), na qual o α teria que ser dividido pelo número de comparações que são feitas, em nosso caso, 18 (9 temas epistemológicos vezes 2 fatores (EPC e IC) = 18 pares “sim e não”). Com esse número de comparações, teríamos, com a correção de Bonferroni, um α igual a $0,05/18 = 0,00278$. Isso tem conseqüências importantes: a correção de Bonferroni, apesar de funcionar razoavelmente bem quando há poucas comparações a fazer, apresenta problemas quando o número de comparações está acima de 8 a 10 (GLANTZ, 1997, p. 90). Neste caso, o valor de *t* exigido para se concluir que uma diferença existe (*t* crítico) se torna muito maior do que seria necessário (Ibidem). Ou seja, com o aumento do número de comparações, fica cada vez mais difícil detectar diferenças significativas, ainda que as amostras comparadas de fato pertençam a populações diferentes.

Não há solução fácil para o problema da correção do nível de significância em comparações múltiplas (KACHIGAN, 1986, p. 305). Isso é evidenciado pela ampla variedade de técnicas já propostas para a abordagem dessa questão (Ibidem). Desse modo, nossa análise subsequente sobre cada um dos temas epistemológicos não tem por objetivo testar hipóteses, mas levanta-las.

6. COMPARAÇÃO DOS ESCORES ENTRE OS DIFERENTES TEMAS EPISTEMOLÓGICOS

Os escores dos 65 alunos nos diferentes temas epistemológicos foram comparados graficamente (Fig. 8).³⁵

³⁵ Não obtivemos a ANOVA destes dados porque as observações em questão (cada escore observado por cada aluno em cada tema) não são independentes.

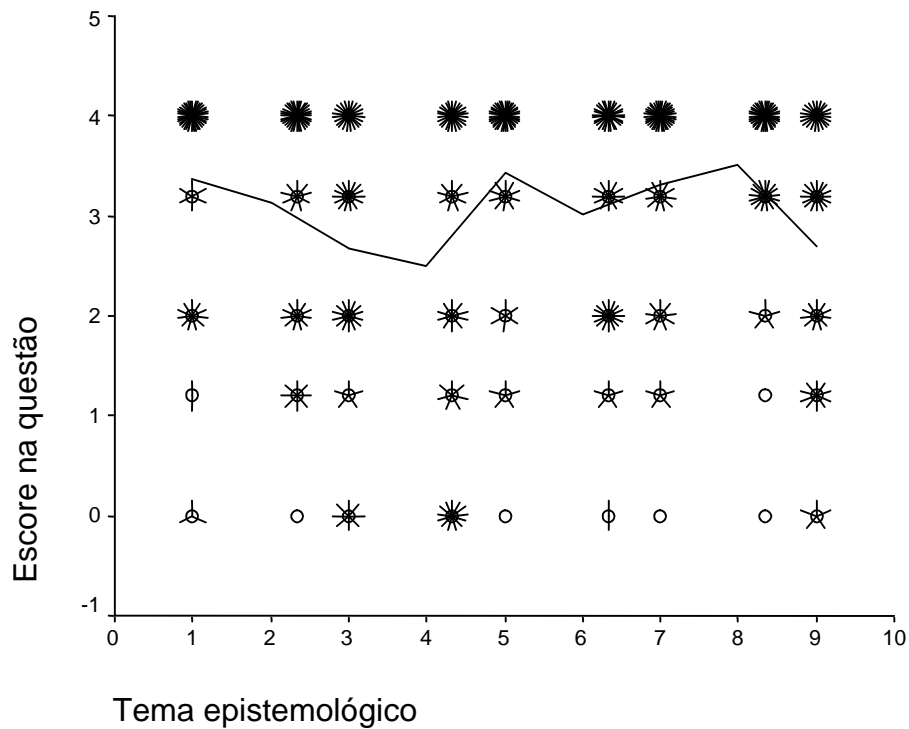


Fig. 8. Gráfico de dispersão dos escores obtidos pelos 65 alunos nas questões dos nove temas epistemológicos. Há, no total, 585 questões respondidas pelos 65 alunos reunidos. Os pontos apresentam “girassóis” (*sunflowers*). Cada “pétala” adicionada ao ponto representa uma questão a mais que se sobrepõe naquele ponto (ver legenda). A linha de adequação (*fit line*) é do tipo *lowess* e coincide, aproximadamente, com as médias de escore em cada tema.

Legenda: ○ = Ponto representando uma única questão respondida.

⊕ = Ponto representando três questões respondidas (um ponto mais duas pétalas).

Do gráfico, vê-se que os menores escores se encontram nos temas 4,³⁶ que trata das diferenças entre leis e teorias; 3, que se ocupa da natureza dos modelos científicos; e 9, sobre a concepção empírico-indutivista e atórica da ciência. O tema 4, que apresentou os escores mais baixos entre os nove temas e, por isso, merece maior atenção, já foi identificado em outros estudos como um tema sobre o qual visões deformadas são bastante frequentes (Por exemplo, LEDERMAN & O’MALLEY, 1990, p. 232-233; RYAN & AIKENHEAD, 1992, p. 570; EL-HANI *et. al.*, 2004).

³⁶ O escore máximo para cada questão é 4.

As maiores médias ficaram com os temas 8, sobre o papel das hipóteses na investigação científica; 5, que trata da influência de fatores sociais e culturais sobre a ciência; e 1, acerca das diferenças entre ciência/não-ciência.

Reunindo-se todos os temas, a média nos escores foi de 27,15, ou seja, uma média de 75,42% de acerto, que nos pareceu surpreendentemente alta, visto que estudos já apresentados na literatura apresentavam uma frequência muito baixa de visões adequadas. Por exemplo, Ryan & Aikenhead (1992) relataram que apenas 36% dos estudantes de sua amostra apresentavam uma visão sobre modelos científicos que estava de acordo com o que os autores chamaram de “epistemologia contemporânea da ciência” (p. 570), e que apenas 9% entendiam que há métodos, ao invés de apenas um método científico (p. 573), como já mencionamos.

Capítulo IV

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O questionário CESC apresentou, tanto nas questões diretas quanto nas com cenário, uma abordagem bastante contextualizada, como sugerido por Elby (2001). A média de acerto no questionário (75,42%) nos surpreendeu por ser consideravelmente alta. Desse modo, devemos deixar em aberto, como uma questão a ser adicionalmente investigada, se o CESC (Concepções de *Estudantes Sobre a Natureza da Ciência*) produz médias altas, ou se são os alunos de Ciências Biológicas da UFBA que apresentam concepções relativamente adequadas, ou, ainda, se é o uso de abordagem contextualizada que consegue identificar que os alunos têm mesmo uma concepção de ciência relativamente adequada. Os temas 4 (diferenças entre leis e teorias), 3 (natureza de modelos) e 9 (concepção empírico-indutivista e ateorica da ciência), contudo, apresentaram escores mais baixos, merecendo particular atenção em estudos futuros.

O efeito da carga horária de nossa ANCOVA foi significativo ($P = 0,017$) (Tabela 11). Isso significa que podemos estar significativamente seguros de que, *em conjunto*, as várias linhas de regressão que obtivemos (Fig. 6 e 7) não diferem da inclinação zero por acaso amostral. A carga horária *apresenta* efeito sobre os escores. Mas, ao examinarmos as Figuras 6 e 7, notamos que o efeito aparentemente não é o mesmo para os diferentes grupos de tratamento, em ambos os fatores fixos. Por exemplo, para o fator IC (Iniciação Científica), o aumento da carga horária esteve relacionado com *aumento* de escore para quem foi bolsista e *diminuição* para quem não o foi (Fig. 7).

Poderíamos tentar apresentar razões para esse padrão de linhas cruzadas, mas evitamos fazer isso porque a probabilidade obtida para o efeito da carga horária ($P = 0,017$) não se refere a quaisquer das linhas de regressão *isoladamente*. Essa probabilidade não nos diz qual ou quais das linhas difere da inclinação zero.³⁷

³⁷ A probabilidade *individual* de uma linha de regressão diferir de zero depende do n desse grupo e da inclinação que a linha apresenta. Por exemplo, uma linha baseada em 100 indivíduos, com inclinação de 45°, tem maior probabilidade de diferir de zero que uma linha baseada em 5 indivíduos e com inclinação de apenas 1°. Esta última linha poderia sofrer mudanças consideráveis com a mudança de um único indivíduo, podendo mudar de crescente para decrescente com essa única mudança.

Uma das perguntas principais desta pesquisa foi: “Como mudam as concepções epistemológicas dos alunos ao longo do curso de Ciências Biológicas da UFBA, por conta da maneira tácita como é tratada a natureza do conhecimento e do trabalho científicos nas disciplinas que se ocupam dos conteúdos específicos desta ciência?” Em linhas gerais, os alunos amostrados do curso de Ciências Biológicas da UFBA tiveram uma leve *redução* em seus escores à medida que aumentava a carga horária cursada, ou seja, à medida que eles cursavam mais e mais disciplinas de conteúdos específicos. Isso mostra que as concepções de ciência dos alunos de nossa amostra de 65 alunos pioraram levemente ao longo do curso. Este resultado causa preocupação, tendo em vista que indica que o ensino de Ciências Biológicas no curso analisado está deixando de atingir uma das metas principais do ensino de ciências, o aprimoramento das visões dos alunos sobre a natureza da ciência (MATTHEWS, 1994).

Isso foi inicialmente surpreendente, já que esperávamos uma melhora dos escores dos alunos com o aumento da carga horária, por meio de uma aprendizagem tácita sobre a natureza das ciências, à medida que conteúdos científicos específicos fossem trabalhados. Apesar de essa expectativa ser intuitivamente atraente (KHISHFE, 2002) e estar presente na literatura (ex, LEDERMAN, 1990, p. 235), ela não foi apoiada empiricamente pela pesquisa relatada nesta dissertação. Khishfe (2002), em um estudo com 62 alunos de 6^a série, também não detectou mudanças nas visões de alunos sobre a natureza da ciência mediante uma proposta de instrução implícita. Abd-El-Khalick e Lederman (2000), por sua vez, mostraram, numa revisão de um número significativo de propostas de ensino sobre a natureza das ciências que abordagens implícitas são relativamente mal sucedidas. Em conjunto, estes resultados sugerem que um currículo que possibilite um aprimoramento das visões dos alunos sobre a natureza das ciências deve incluir um tratamento explícito das dimensões históricas e filosóficas das ciências *no contexto do ensino dos conteúdos específicos*.

Outra pergunta central desta pesquisa foi: “Como a vinculação a um programa institucional de bolsas de IC, como os programas institucionais de IC, tanto federais, como o PIBIC/CNPq, quanto estaduais, como os programas da FAPESB, influencia a evolução das concepções dos alunos sobre a natureza da ciência?” A esse respeito, pode-se perceber que a diferença entre as médias de quem foi e de quem não foi bolsista do programa PIBIC foi surpreendentemente pequena: apenas 2,14% de aumento no escore para os bolsistas. Essa diferença, além de não ter sido significativa ($P = 0,133$) (Tabela 11), aparentemente é pequena o bastante para que não a consideremos pedagogicamente importante. Nesse caso, a questão de se saber se o poder do teste foi suficiente para detectar essa diferença se torna irrelevante.

A conclusão mais importante, com relação ao fator IC, é que as mudanças de escore com a atividade de iniciação científica *não são estatisticamente significativas*. Ou seja, a vinculação ao PIBIC, que também deveria estar preparando os alunos para a maturidade científica com relação à compreensão da natureza das ciências (Ibidem), pode não estar tendo este resultado, apesar dos enormes investimentos financeiros envolvidos na promoção da iniciação científica no país. Vimos em Camargo (2006) que

O CD [Conselho Deliberativo] considera a Iniciação Científica (IC) um poderoso instrumento de divulgação dos métodos e princípios da ciência (...). A IC se destina a complementar o ensino de graduação oferecendo a milhares de alunos a oportunidade de descobrir como a ciência é produzida, como o conhecimento é adquirido.

Os resultados que obtivemos indicam que, no contexto do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia, um dos objetivos do programa PIBIC não tem sido alcançado. Parece-nos particularmente importante, assim, replicar o estudo aqui realizado em outros cursos da UFBA e também de outras universidades brasileiras, visando a uma apreciação mais global da medida em que a vinculação a programas institucionais de IC vem tendo como resultado uma melhoria das visões dos estudantes sobre a natureza das ciências. A importância deste aspecto é correspondente à relevância de que tais programas tenham o objetivo de aprimorar as concepções epistemológicas dos estudantes, visto que a literatura indica a presença de várias concepções inadequadas nesta população (AIKENHEAD, 1973; CLEMINSON, 1990; LEDERMAN & O'MALLEY, 1990; LEDERMAN 1992, p. 335; RYAN & AIKENHEAD 1992, p. 577; ROTH & ROYCHONDHURY 1994; ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000, p. 668, 669, MOSS *et. al.*, 2001). Além disso, concepções inadequadas sobre a natureza das ciências têm impacto potencial sobre a prática profissional dos estudantes, quando estes se tornarem cientistas, professores de ciências, profissionais liberais etc. Visto que uma disciplina que discute especificamente questões epistemológicas (EPC) foi capaz de melhorar significativamente as concepções de ciência, o programa PIBIC poderia ser beneficiado pela programação de atividades, com os bolsistas, que permitissem a discussão dessas questões.

Uma terceira questão central desta pesquisa foi: “Como a existência de uma disciplina de história e filosofia das ciências no curso de Ciências Biológicas da UFBA afeta a evolução das concepções de ciência dos alunos?” Sobre isso, convém inicialmente esclarecer alguns

detalhes sobre os gráficos de regressão acerca do fator EPC (disciplina Evolução do Pensamento Científico). Nota-se na Fig 6 que, após cerca de 2500 horas de curso, todos os que responderam ao questionário cursaram EPC. Isso porque os alunos de licenciatura com elevada carga horária não participaram do estudo, já que possuem em seu currículo outras disciplinas com conteúdo epistemológico que poderiam trazer efeitos de confusão para o estudo. Assim, após cerca de 2500 horas, todos os alunos são bacharelados. Nas primeiras 1000 horas cursadas, os alunos estão fazendo uma parte do currículo que servirá tanto para bacharelados quanto para licenciandos; após as 1000 horas, porém, pode-se identificar alunos de bacharelado por terem cursado EPC, só oferecido a licenciandos como eletiva, mas obrigatória para bacharelados. Os alunos de bacharelado costumam cursar EPC entre o 5º e 7º semestre, quando, então, possuem cerca de 1500 a 2500 horas cursadas. Após a faixa de 1500 horas, a taxa de licenciandos entre os alunos que não cursaram EPC aumenta consideravelmente.

A julgar apenas pela linha de regressão (Fig. 6), o escore dos alunos que cursaram EPC tende a manter-se relativamente inalterado *após* a conclusão da disciplina, com leve melhora ao longo do restante do curso. Deve ser notado que o gráfico não mostra o escore que esses mesmos alunos tinham antes de cursar EPC, para que se detecte a mudança de escore ocorrida durante a disciplina. Apenas mostra que, uma vez tendo cursado EPC, não se detectou mudança de escore. Isso foi um pouco surpreendente, porque esperava-se que, após a disciplina, as concepções de ciência tivessem uma leve *queda* nos escores. Isso porque costuma-se esquecer grande quantidade do que se aprendeu em uma disciplina já nos semestres seguintes, e pode-se até mesmo retornar às visões anteriores (AKERSON *et. al.*, fev. 2006).

Os escores médios de quem cursou e quem não cursou EPC foram 28,83 (80,1% de acerto) e 26,51 (73,6% de acerto), respectivamente, e essa diferença se mostrou estatisticamente significativa. A diferença é de 6,5% do escore máximo possível. Esse resultado é muito importante. A compreensão sobre a natureza das ciências é considerada como uma meta importante da educação científica há décadas (MATTHEWS, 1994), mas, apesar disso, estudos mostram que essa meta não tem sido atingida satisfatoriamente pelos estudantes (RYAN & AINKENHEAD, 1992, p. 577; ALTERS, 1997 p. 39). Ademais, “várias tentativas de desenvolver currículos e propostas de ensino especificamente planejadas para

promover concepções de estudantes apropriadas tiveram pouco sucesso”³⁸ (LEDERMAN & O’MALLEY, 1990, p. 226) e tem sido observado que cursos que abordam a história das ciências não melhoram necessariamente as concepções epistemológicas dos alunos (ABD-EL-KHALICK, 2000). Os resultados obtidos destacam, assim, a eficácia da abordagem utilizada na disciplina EPC, que utiliza textos de fontes primárias como ponto de partida para abordagem de problemas de história e filosofia das ciências (El-Hani *et. al.*, 2004). Além disso, os resultados fornecem apoio à idéia de que uma abordagem explícita sobre a natureza das ciências, tal como empregada nesta disciplina, contribui para a maturidade científica dos alunos (LEDERMAN, 1999, pp. 927-928).

Contudo, os resultados indicam também que esta melhora tem alcance restrito, uma vez que, em termos gerais, não se observa ao longo do curso uma evolução positiva das concepções epistemológicas dos alunos. Isso indica a necessidade de ir além do modelo curricular em que é atribuída a uma disciplina apenas a responsabilidade pelo aprimoramento das concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. Nossos resultados sugerem que, para uma construção mais efetiva de um melhor entendimento sobre a natureza da ciência, é preciso que as dimensões históricas e filosóficas do trabalho científico estejam presentes nas disciplinas de conteúdo específico, ao longo de todo o currículo. Essas disciplinas podem contribuir para a melhoria das concepções de ciência dos alunos, como já foi detectado por Teixeira (2001, p. 123) em uma disciplina de conteúdo específico (Fundamentos de Física I) ministrada mediante uma abordagem contextualizada histórica e filosoficamente.

Como mencionado acima, as disciplinas de conteúdo específico do curso de Ciências Biológicas da UFBA não parecem estar contribuindo positivamente, em termos gerais, para o aprimoramento das visões dos alunos sobre a natureza das ciências. Isso sugere a necessidade de uma mudança na maneira como estas disciplinas estão sendo ensinadas, de modo a incorporar efetivamente elementos de história e filosofia das ciências. Contudo, para que isso ocorra, os professores que ministrarão essas disciplinas precisarão adquirir as perícias e habilidades necessárias para a realização dessa tarefa. Precisarão conhecer melhor a natureza das ciências (MATTHEWS, 1994), internalizar a importância das dimensões históricas e filosóficas na educação científica (LEDERMAN, 1999, pp. 927-928) e ainda desenvolver habilidades e perícias necessárias para converter este conhecimento em práticas de ensino (LEDERMAN & ZEIDLER, 1987; LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK *et. al.*, 1997, p.

³⁸ “various attempts to develop curricula and teaching approaches specifically designed to foster appropriate student conceptions have met with little success”.

693-696). Conseqüentemente, uma visão realista da possibilidade de currículos de ciências naturais do ensino superior contribuir para a melhoria das visões dos alunos sobre a natureza das ciências demanda, de um lado, um investimento no ensino a este respeito na formação de novos professores, de maneira a quebrar um círculo vicioso que leva da formação de docentes sem um conhecimento sólido sobre história e filosofia das ciências a uma replicação dessa formação na geração seguinte. Além disso, torna-se necessário investir numa capacitação dos professores atualmente em exercício, de modo que eles possam adquirir as habilidades e perícias mencionadas acima.

Finalmente, podemos concluir que a estratégia metodológica aqui aplicada, a saber, de utilizar questionários para fazer um teste de hipótese forte sobre o papel dos fatores IC e EPC, foi eficiente. Houve, contudo, uma limitação importante na metodologia empregada no presente estudo: a ausência de triangulação com análise qualitativa. Consideramos que a metodologia quantitativa que empregamos pode e deve ser combinada com abordagens qualitativas, como havíamos planejado inicialmente, o que permitiria, a um só tempo, testes de hipóteses poderosos e um aprofundamento na interpretação das concepções epistemológicas dos estudantes. No caso da presente pesquisa, essa limitação será tratada futuramente, através de entrevistas semi-estruturadas com uma subamostra de alunos.

Apesar disso, a metodologia aqui utilizada nos permitiu a apresentação de um diagnóstico das transformações das concepções de ciência dos alunos representativo da população de estudantes do Instituto de Biologia da UFBA. Estamos seguros de que esse mesmo conjunto de questionários pode ser utilizado com proveito para fornecer diagnóstico semelhante ao longo de outros cursos da UFBA, bem como em outras universidades de todo o país. Mesmo em cursos que não apresentem uma disciplina específica de história e filosofia das ciências, a metodologia apresentada nesta dissertação pode ser utilizada, com apenas um fator fixo (IC), permitindo um teste poderoso sobre o efeito desse fator, bem como da carga horária cursada pelos alunos, sobre as concepções de ciência de seus alunos.

Se quisermos que nossos programas de bolsas de iniciação científica e o ensino de nossas universidades em geral sejam eficientes na promoção de uma formação científica sólida, é importante que sejamos capazes de detectar os efeitos que produzem nas concepções de ciência dos alunos. Esta dissertação fornece uma base metodológica para a obtenção desse diagnóstico que nos parece eficiente e resultados relevantes para a apreciação do impacto dos currículos de cursos científicos superiores e do engajamento em programas institucionais de bolsa de IC sobre as visões dos estudantes a respeito da natureza das ciências. Estes

resultados, por sua vez, têm implicações importantes para planejamentos curriculares que se pautam por uma abordagem contextual do ensino de ciências e para o planejamento de programas institucionais de IC.

ANEXOS

ANEXO 1: QUESTIONÁRIO CESC

QUESTIONÁRIO “A1” DO CESC

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

Este questionário possui 9 questões de múltipla escolha. Cada pergunta contém 5 alternativas. Pede-se que o aluno, por gentileza, assinale apenas uma alternativa em cada questão, sempre a que MELHOR corresponda com sua visão. Após cada questão, pergunta-se o seu grau de concordância com a alternativa assinalada.

Questão (A1.T01.01.D): É uma questão difícil, mas interessante, responder se há ou não diferença entre a ciência e a religião como formas do conhecimento humano. Contudo, podemos tentar responder se a ciência e a religião são ou não formas diferentes de conhecimento das seguintes maneiras. Marque a alternativa que é mais próxima da maneira como você vê a questão.

- a) Há diferença entre ciência e religião porque essas formas de conhecimento utilizam métodos diferentes para a obtenção e validação de suas afirmações sobre o mundo. No entanto, a diferença dos métodos utilizados não significa que a ciência seja uma forma de conhecimento superior à religião.
- b) Não há diferença entre ciência e religião porque elas utilizam métodos que se assemelham na tentativa de mostrar que suas afirmações sobre o mundo são verdadeiras. Religião e ciência não são superiores uma à outra.
- c) Há diferença entre ciência e religião, apesar de a ciência e a religião utilizarem métodos que se assemelham na tentativa de mostrar que suas afirmações sobre o mundo são verdadeiras. Religião e ciência não são superiores uma à outra.
- d) Não há diferença entre ciência e religião porque elas utilizam métodos que se assemelham na tentativa de mostrar que suas afirmações sobre o mundo são verdadeiras. A ciência, contudo, é superior à religião.
- e) Ciência e religião utilizam métodos diferentes para a obtenção e validação de suas afirmações sobre o mundo, sendo esta a razão pela qual constituem formas de conhecimento diferentes. A diferença dos métodos utilizados mostra que a ciência é uma forma de conhecimento superior à religião.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T02.06.S): Por favor, leia a história abaixo:

“Um químico pretendia neutralizar um vidro de ácido clorídrico. Para isso, fez com que ele reagisse com hidróxido de sódio, gerando sal e água. Depois, verificou a neutralidade da solução resultante pingando-a em algumas formigas. Como todas sobreviveram, concluiu que a neutralização foi bem sucedida”.

- a) O químico realizou um experimento, porque a experimentação é o procedimento utilizado pela ciência para testar suas teorias e hipóteses e aquele químico é um cientista. Experimentos são indispensáveis em qualquer pesquisa científica, porque levam a conhecimentos dignos de confiança. Apesar disso, para elaborar experimentos, os cientistas devem recorrer a teorias, que orientam o planejamento das práticas experimentais.
- b) Já que o químico não controlou nenhuma das variáveis que poderiam intervir no teste, o que ele realizou não pode ser considerado um experimento. Se quisesse controlar alguma variável, teria que recorrer a teorias aceitas em seu campo do conhecimento para decidir quais fatores são relevantes para o teste realizado, devendo ser, assim, controlados. Isso não tornaria seu procedimento imune a erros. Apesar disso, o experimento auxiliaria na compreensão do fenômeno, pois, se corretamente realizado, produziria informações inquestionáveis.
- c) Se houvesse também formigas testadas com água pura para comparar com o resultado obtido com o uso da solução neutralizada, teríamos um experimento. Para que um teste seja um experimento, é necessário que variáveis consideradas relevantes sejam controladas. São as teorias aceitas no campo do conhecimento dos cientistas que mostram a eles quais as variáveis que devem ser controladas. Apesar de precisarem de teorias, experimentos são ferramentas indispensáveis em qualquer pesquisa científica.
- d) O que caracteriza um experimento é o uso de técnicas laboratoriais, não sendo possível realizar experimentos fora do laboratório. Todo conhecimento, para ser científico, deve ter sido testado por meio de experimentos, em alguma etapa de seu desenvolvimento. Um conhecimento só é completamente provado se for testado através de algum procedimento experimental.
- e) Este químico não realizou um experimento, porque não procurou controlar variáveis que poderiam interferir no teste que realizou com as formigas. Como não é possível controlar todas as variáveis que podem interferir em um experimento, buscando-se controlar apenas aquelas que parecem mais importantes de acordo com as teorias mais aceitas em um campo do conhecimento, experimentos não fornecem respostas completamente definitivas sobre idéias científicas, apesar de promoverem o avanço da ciência, auxiliando no aprimoramento das teorias.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T03.12.D): Qual das alternativas abaixo é mais próxima de sua visão?

- a) Modelos como o de Singer-Nicolson, que representa a membrana celular como um mosaico fluido, não são cópias ou reproduções da realidade, apesar de terem alguma relação com o mundo real. Em contraste, há modelos que não apresentam qualquer similaridade material com o mundo real, como é o caso de gráficos que representam as variações na densidade de populações de predadores, como gatos-do-mato, em função da densidade da população de presas, como coelhos, que lhes servem de alimento.
- b) Os modelos tridimensionais da estrutura de proteínas somente se tornam modelos adequados quando estão definitivamente comprovados. Os melhores modelos da ciência são cópias da realidade. Apesar disso, há modelos bastante adequados que não se assemelham com a realidade material, como é o caso de gráficos que apresentam a variação da população de lincos, os predadores, em função da população de lebres, suas presas.
- c) O modelo do mosaico fluido, de Singer-Nicolson, é um exemplo de modelo que apresenta alguma relação com a realidade. Nem todos os modelos científicos têm alguma similaridade com o mundo físico. Como um exemplo disso, podemos citar as equações para o cálculo da pressão nos vasos sanguíneos. Porém, nos modelos mais perfeitos, a similaridade com o mundo real é maior, de modo que o modelo é uma cópia de algum sistema ou de algum fenômeno da natureza.
- d) Os desenhos tridimensionais de ribossomos vistos em livros de biologia celular ou molecular são modelos que representam sistemas físicos encontrados na natureza. Esses modelos devem ser vistos como tendo alguma similaridade física com os sistemas que representam. Essa similaridade física entre modelo e realidade pode ser pequena ou nula em modelos matemáticos, como fórmulas usadas para o cálculo de frequências de genes numa população, mas é sempre desejável para qualquer modelo.
- e) As figuras tridimensionais de ribossomos vistos em livros de biologia celular ou molecular não são modelos, porque já estão provadas pelo uso de microscopia eletrônica. Um modelo qualquer deixa de ser considerado modelo quando é comprovado. Mesmo modelos matemáticos, como as equações para o cálculo da pressão nos vasos sanguíneos, só são considerados modelos enquanto não são comprovados experimentalmente.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T04.16.S): Leia, por favor, a história abaixo:

“Certa criança curiosa, ao observar passarinhos pousados em fios de postes, perguntou ao seu pai: “Papai, por que o passarinho não leva um choque quando pousa no fio do poste?” Seu pai explicou a razão, dizendo: “É que o passarinho tem botinhas. Assim, ele nunca leva choque quando pousa de pé no fio””.

Examine as alternativas abaixo e marque aquela que é mais próxima de sua maneira de pensar:

- a) A explicação dada pelo pai difere de teorias científicas porque estas últimas são mais elaboradas e estruturadas. Isso não significa, porém, que o conteúdo das teorias científicas corresponda à realidade. O fato de que sempre se pode ter dúvida sobre o conhecimento fornecido pelas teorias não é o que as torna diferentes de leis.
- b) A afirmação do pai de que os passarinhos sobrevivem por terem botinhas se assemelha a uma teoria científica no sentido de ser uma explicação sobre algo que acontece. As explicações fornecidas por uma teoria não devem ser entendidas como certezas. Por isso, a utilidade das teorias científicas para explicar o mundo é menor do que usualmente pensamos.
- c) A afirmação do pai de que o passarinho “nunca leva choque quando pousa de pé no fio” é uma teoria científica, porque é uma afirmação falível, ou seja, que pode mostrar-se falsa. Caso essa afirmação fosse confirmada com total certeza, teríamos uma lei, já que uma lei científica é uma afirmação ou explicação bastante comprovada.
- d) Afirmar que os passarinhos nunca morrem ao pousar no fio se assemelha a uma lei científica no sentido de expressar algo que acontece sempre de um certo modo. Mas essa afirmação só se tornaria uma lei após ser bem comprovada. Enquanto pouco comprovada, seria uma teoria. Assim, podemos estar certos da verdade de uma lei que seja realmente científica.
- e) A afirmação de que os passarinhos “nunca levam choque quando pousam de pé no fio” se assemelha a uma lei científica porque expressa um evento que ocorre de maneira regular, e não acidental. Em contraste, teorias científicas são conhecimentos organizados que buscam explicar acontecimentos no mundo. Já que leis e teorias são criações humanas independentes umas das outras, teorias não vão se tornando leis à medida que os dados disponíveis aumentam.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T05.20.D): Qual das alternativas abaixo é mais próxima de sua visão?

- a) O trabalho de cada cientista é influenciado pelo trabalho da comunidade de pesquisadores na qual está inserido e pelas linhas de investigação e pelo conhecimento estabelecido em seu momento histórico, social, cultural e político. Além disso, as decisões que os cientistas tomam em questões de natureza ética dependem da formação que tiveram no ambiente em que viveram. Isso indica que não faz sentido a idéia de que a ciência seja uma atividade de gênios isolados, que independem da influência de outros cientistas.
- b) Os cientistas são influenciados por seu meio político, porque precisam de financiamento, mas não são influenciados por questões sociais e culturais, porque a ciência é igual em qualquer país em que seja realizada. Questões de natureza ética não devem interferir na pesquisa científica pura ou básica, uma vez que, sem tal interferência, os cientistas ficam livres para seguir sua criatividade e contribuir para o bem da humanidade. Já que a ciência não sofre influências culturais e sociais, toda afirmação que seja realmente científica é objetiva, ou seja, qualquer pessoa saudável, de qualquer país do mundo, poderá verificar se as afirmações científicas são verdadeiras ou falsas.
- c) Os cientistas são necessariamente influenciados pela sociedade em que vivem, devido à sua natureza humana. O conhecimento científico que se produz em um dado momento sofre influência do conhecimento produzido anteriormente pela comunidade científica, que é, ela própria, um grupo social. Sendo humanos, os cientistas são também influenciados por padrões éticos assimilados de seu meio social, utilizando tais padrões em muitas das decisões que tomam em seu trabalho científico. Essas interferências de conhecimentos anteriores impedem que a ciência consiga compreender a realidade, o mundo como ele é, mas não impedem que a ciência produza tecnologias úteis nem que faça previsões precisas.
- d) Afirmações científicas são frequentemente objetivas, no sentido de que podem ser confirmadas ou falsificadas por observadores independentes. Um exemplo disso é a afirmação de que a lua possui crateras em sua superfície. Assim, o conhecimento científico é pouco influenciado por seu contexto histórico, já que as evidências apóiam ou não uma afirmação independentemente de quando e em que contexto ela foi feita. A influência do contexto histórico é ainda menor em questões de natureza moral, já que a ciência é amoral, estando acima do bem e do mal.
- e) Há afirmações, como “o coração bombeia sangue”, que podem ser consideradas objetivas no sentido de que podem ser verificadas por outras pessoas com equipamentos adequados. Isso mostra que há afirmações científicas inquestionáveis, a despeito de ser natural que os cientistas sejam influenciados pelas informações que aprenderam na sociedade em que vivem, que podem interferir nas conclusões que eles obtêm a partir de seus dados. Porém, essa influência não impede que a ciência progrida, como pode ser visto pelo desenvolvimento de teorias científicas cada vez

mais sofisticadas. Por exemplo, o mapeamento dos genomas de vários organismos tem aumentado significativamente nosso conhecimento sobre a evolução das espécies.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T06.23.S): Leia, por favor, o seguinte trecho:

“Os cientistas podem dar informações sobre o próximo eclipse do Sol com grande precisão. Podem informar-nos sobre onde devemos nos posicionar na Terra para poder ver o eclipse, quando deveremos estar lá, e se o eclipse será parcial ou total. É possível prever a ocorrência de um eclipse solar com exatidão de minutos, mil anos antes de ele ocorrer”.

Sobre isso, assinale a alternativa que melhor se aproxima de sua maneira de pensar.

- a) A capacidade da astronomia de prever eclipses mostra que não há possibilidade de dúvida razoável sobre os conhecimentos científicos que permitem que sejam feitas tais previsões. Ela mostra que há uma correspondência exata entre aqueles conhecimentos científicos e a realidade, a ponto de se poder conhecer seu exato comportamento. A certeza desses conhecimentos é garantida pelo uso de equipamentos sofisticados, que tornam desnecessário o uso de teorias. Por exemplo, não precisamos teorizar sobre os movimentos da Terra se os equipamentos nos mostram esses movimentos e fazem os cálculos por nós.
- b) O conhecimento científico não deve ser considerado verdade absoluta. Entretanto, há conhecimentos científicos que são dignos de alto grau de confiança, como ocorre com o conhecimento que permite aos astrônomos fazer previsões de eclipses. Estes conhecimentos são mais dignos de confiança porque são baseados em observações cuidadosas e num histórico de acertos, o que quase elimina a necessidade do uso de teorias nas previsões astronômicas.
- c) O conhecimento científico é digno de algum grau de confiança, como pode ser visto, por exemplo, no conhecimento usado para fazer previsões sobre eclipses do Sol. Esse grau de confiança varia em virtude, entre outras coisas, dos métodos que utilizamos. Contudo, mesmo o uso dos mais confiáveis métodos científicos não garante que se chegue a verdades absolutas. O grau de confiança que podemos depositar em uma afirmação científica é sempre limitado. Pode-se ter uma idéia do grau de confiança que se pode ter em uma afirmação comparando-a com outras afirmações científicas já disponíveis. Quanto mais compatível uma afirmação for com outras afirmações incluídas em uma teoria científica, mais confiável ela se mostrará. A compatibilidade entre as várias teorias científicas torna a ciência uma forma de conhecimento superior a outras formas de conhecimento.
- d) Há afirmações científicas que são dignas de alto grau de confiança, como é exemplificado pela grande capacidade das teorias astronômicas de prever eclipses solares. O grau de confiança merecido depende do tipo de afirmação científica, já que há conhecimentos mais provisórios, que apresentam maior probabilidade de sofrer futuras alterações do que outros, como, por exemplo, os

conhecimentos acerca da classificação das plantas. O grau de confiança que temos em uma afirmação depende, por exemplo, do apoio que essa afirmação recebe de outras teorias. Por exemplo, vários pesquisadores diferentes podem ter classificado uma espécie de planta em um mesmo gênero. Assim, a classificação de cada pesquisador recebe apoio teórico da classificação feita pelos outros pesquisadores, que chegaram à mesma conclusão usando os conhecimentos teóricos que possuíam. Em todo caso, porém, o conhecimento produzido não deve ser visto como verdade absoluta, mesmo que estejamos tratando de conhecimento sobre o qual temos alto grau de confiança.

- e) Os conhecimentos científicos que permitem aos cientistas fazer previsões tão precisas de eclipses correspondem exatamente à realidade. Contudo, afirmações sobre a dose diária ideal de ingestão de vitamina A podem ser consideradas mais provisórias e menos confiáveis do que o conhecimento sobre eclipses, uma vez que a qualquer momento novos estudos podem revelar uma nova relação entre a ingestão de vitamina A e alguma melhora ou piora na saúde. Um conhecimento só corresponde à realidade quando há muitos experimentos e observações bastante diversificadas comprovando na prática a verdade do conhecimento em questão. As previsões sobre eclipses, por exemplo, são confiáveis porque muitas previsões anteriores já foram muito bem comprovadas com as observações feitas desses eclipses. Assim, o único teste que pode demonstrar o grau de confiança merecido por uma afirmação é a comparação desta com os dados da experiência.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T07.25.D): A imaginação pode ser entendida como a habilidade de criar e ensaiar situações possíveis, de combinar conhecimentos de forma pouco comum ou de inventar experiências em nosso pensamento. Levando isso em conta e considerando, ainda, uma caracterização genérica do trabalho científico como envolvendo as seguintes etapas: (1) projeto e planejamento da pesquisa, (2) coleta de dados e (3) interpretação dos resultados, qual das alternativas abaixo mais se aproxima de sua visão?

- a) Não deve haver uma pluralidade de métodos na ciência. A diversidade de métodos existiu no passado, mas foi superada e substituída por um único Método Científico, hoje predominante. O trabalho científico, caso seja bem feito, seguirá os passos pré-estabelecidos que constituem esse método. O uso deste método torna desnecessário o uso da criatividade e imaginação no trabalho científico. Isso pode ser visto em especial na etapa da interpretação dos resultados, na qual o emprego do Método Científico deve conduzir o bom pesquisador, naturalmente, à interpretação correta.
- b) Há métodos para obter conhecimento que não são considerados científicos. Há, contudo, diversos métodos que são diferentes uns dos outros, mas, ainda assim, são considerados científicos, como o método experimental ou o método comparativo. Este último é bastante usado na biologia, como pode ser visto na anatomia comparada, na qual a comparação da anatomia de indivíduos de diferentes espécies permitiu, por exemplo, a produção de classificações dos seres vivos que são mais informativas quanto às relações de parentesco entre eles. A existência de diversos métodos diferentes, que podem ser aplicados em diferentes situações da pesquisa científica, torna desnecessário o uso da criatividade e imaginação na atividade científica.
- c) Em ciência, não há um conjunto único de passos pré-definidos, reunidos no Método Científico, que os pesquisadores devem seguir. Existem, contudo, diversos métodos diferentes que podem ser caracterizados como científicos e podem ser aplicados a situações distintas. Não importam quais são os métodos que um cientista utilize, ele precisará usar a imaginação e a criatividade em todas as etapas de sua pesquisa, quando for planejá-la, quando estiver coletando dados, quando estiver interpretando os dados que coletar.
- d) Não há um Método Científico único, que possa ser empregado em todas as situações de pesquisa. Existe, ao contrário, uma diversidade de métodos aceitáveis no trabalho científico. Também há métodos que não são, por sua vez, aceitáveis na prática da ciência. Estes métodos só se tornariam aceitos caso fossem utilizados por cientistas de renome, que dariam a estes métodos credibilidade, tornando-os científicos.
- e) Nem todos os métodos usados para se obter conhecimento são aceitos pela comunidade científica. Isso porque o conhecimento científico é obtido através da realização do mesmo conjunto de passos

bem definidos e pré-estabelecidos, que constituem o Método Científico. O fato de que os passos do Método Científico são bem estabelecidos torna desnecessário o uso da criatividade e imaginação em certas etapas da obtenção do conhecimento científico, como a coleta de dados, por exemplo.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T08.29.S): Queira ler o trecho hipotético abaixo. Depois, escolha a alternativa que concorde mais com sua opinião.

“Uma cidade isolada na Floresta Amazônica apresentava uma alta frequência de uma doença desconhecida pela ciência, que atingia o fígado dos pacientes. Um grupo de cientistas foi estudar a doença naquela cidade. Verificaram, primeiramente, que a doença atingia principalmente moradores vindos de regiões distantes do país. Depois, notaram a presença, na cidade, de um grande número de indivíduos de uma espécie desconhecida de mosquito, que picava as pessoas. Passaram, então, a investigar se a doença não poderia ser transmitida por aquele mosquito”.

- a) Não faz sentido os cientistas elaborarem experimentos sem antes proporem uma hipótese a ser testada, como, por exemplo, a de que a espécie de mosquito que descobriram transmite a doença encontrada naquela cidade. Essa hipótese, por sua vez, será elaborada com base em conhecimentos anteriores, como, por exemplo, a idéia de que picadas de mosquito podem transmitir doenças.
- b) Os cientistas não levantaram nenhuma hipótese para fazer a investigação, até o ponto em que a pesquisa foi descrita acima. Isso foi um ponto positivo dessa pesquisa, já que hipóteses podem tornar a coleta de dados tendenciosa ou enviesada. Quando o trabalho científico é bem planejado, o uso de hipóteses se torna desnecessário. Neste caso, o pesquisador fará observações de fatos, como o de que os forasteiros são mais afetados pela doença, e o conjunto de dados mostrará a ele a conclusão que deve ser tirada no caso estudado.
- c) Uma hipótese é uma suposição proposta como uma possível solução para um problema. Hipóteses devem ser, portanto, evitadas sempre que possível, porque o trabalho científico não pode partir de suposições, mas deve partir de fatos, como, no caso descrito acima, o fato de que os nativos são menos afetados pela doença do que forasteiros. Hipóteses não são necessárias para o pensamento humano, desde que tenhamos o devido rigor metodológico, seguindo os passos preestabelecidos no Método Científico.
- d) Os cientistas deram um rumo à pesquisa sobre a causa da referida doença orientando-se por alguma hipótese que levantaram previamente. Um exemplo seria a hipótese de que a picada de inseto transmite a doença. O fato de os cientistas serem sempre orientados por hipóteses é um dos motivos pelos quais eles buscam realizar suas investigações com muito rigor, mas, mesmo assim, a dependência de hipóteses mostra que o conhecimento científico não é digno de tanta confiança quanto usualmente se pensa.
- e) Hipóteses são elaboradas com base em teorias e idéias, estando sempre relacionadas com conhecimentos anteriores. É o caso da hipótese de que o mosquito poderia ser o causador da

doença, que pode ter sido baseada, por exemplo, em casos já conhecidos de doenças transmitidas por mosquitos. Assim, é importante evitar tanto quanto possível o uso de hipóteses na elaboração de experimentos, porque elas tornam a coleta de dados enviesada, contaminando-a com idéias prévias do pesquisador.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (A1.T09.36.D): Sua opinião se aproxima mais de qual das alternativas abaixo?

- a) O problema de pesquisa nem sempre é “dado” pela natureza. Em certos casos, precisa ser elaborado com base em conhecimentos anteriores. Por exemplo, o problema “o *Tyrannosaurus rex* era um predador ou se alimentava de animais que já encontrava mortos?” pressupõe uma compreensão de que os dentes que o animal possuía não são característicos de um herbívoro. Porém, os dados obtidos por meio de observação da natureza não são puros, uma vez que são influenciados por teorias. Por exemplo, a observação de cromossomos ao microscópio óptico depende das teorias da óptica utilizadas no projeto e na fabricação do microscópio. Assim, não faz sentido afirmar que “as conclusões chegadas pelos cientistas estão prontamente justificadas”, já que os próprios dados precisam ser justificados.
- b) O uso de experimentos é importante em ciência porque seus resultados são tais que dispensam o uso de teorias e a interpretação pessoal do cientista. Por exemplo, experimentos mostraram que o material genético é constituído de DNA, não de proteínas. Os resultados destes experimentos são tão óbvios que dispensam interpretação, podendo ser generalizados para todos os seres vivos. Esse processo de generalização a partir de dados experimentais é a base sobre a qual é construído o conhecimento científico. Esses resultados experimentais óbvios são *dados* pela natureza, porque possuem sentido em si mesmos, não necessitando de qualquer interpretação. Assim, quando um cientista chega a um resultado experimental, esse resultado leva, por si só, a uma certa conclusão, a qual, por isso, já está automaticamente justificada. Somente dados menos óbvios dependem de um conhecimento teórico para serem entendidos. Por exemplo, ao classificarmos as espécies de bactérias existentes numa amostra de água, usaremos teorias sobre o que deve ser entendido como “espécie” no caso de bactérias e sobre a própria taxonomia destes organismos.
- c) Nenhum problema de pesquisa é simplesmente “dado” pela natureza. Antes, os problemas de pesquisa são formulados a partir de teorias usadas pelo pesquisador. Tampouco os dados de experimentos e observações são livres de influências teóricas, já que nosso conhecimento anterior sempre influencia a maneira como vemos e interpretamos os dados. Apesar de o resultado de experimentos e observações serem freqüentemente generalizados pelos cientistas, essas generalizações não são baseadas em dados “puros”, que possam ser entendidos sem o uso de teorias. O fato de não haver dados que possam ser entendidos sem o uso de teorias mostra que o conhecimento científico é pouco digno de confiança.
- d) Os dados fornecidos por experimentos nunca podem ser entendidos sem o uso de teorias. Uma das razões para isso é que a formulação dos experimentos é influenciada pelas teorias que um cientista utiliza. Por exemplo, experimentos que pretendam testar o efeito de um fertilizante agrícola sobre a germinação de sementes de tomate dependerão de conhecimentos teóricos sobre germinação de

sementes. Assim, quando os cientistas chegam a uma hipótese por meio de generalização, como, por exemplo, quando generalizam que sementes de tomate que eles não testaram com o fertilizante também sofrerão os mesmos efeitos que as testadas, essa generalização não está livre de influências teóricas, uma vez que os dados em que se baseia dependem de teorias. Por isso, não se pode dizer que a hipótese que o cientista obteve por generalização já está justificada, como se o cientista tivesse sido guiado a ela automaticamente pela natureza.

- e) O conhecimento científico não se desenvolve a partir de generalizações feitas pelos cientistas a partir de seus dados. Por exemplo, os resultados de experimentos que demonstram que a nicotina aumenta as chances de desenvolvimento de cânceres em ratos são generalizados para humanos, gerando a *hipótese* de que a nicotina também pode gerar câncer em humanos. Mas, o trabalho não pára nessa generalização. Essa hipótese terá que ser testada, podendo ser apoiada ou refutada. Os dados obtidos em experimentos podem ser entendidos sem o uso de teorias. Mas os dados que resultam de observação direta da natureza são geralmente ainda mais evidentes, de modo que todas as pessoas podem concordar a respeito de dados obtidos dessa maneira. Por exemplo, todos concordariam que seres humanos possuem ossos, uma vez que a existência de ossos em humanos é um resultado de observação direta, não sendo necessária qualquer teoria para que seja aceita. Se o cientista estiver usando os métodos corretos, o próprio problema de pesquisa será dado pela natureza. Por exemplo, caso se observe uma nova anomalia cromossômica, surgirão imediatamente problemas como “que efeito tem essa anomalia na saúde do paciente?” Essa pergunta é dada pela natureza, porque pesquisadores de qualquer cultura chegariam a ela ao observar a anomalia cromossômica.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

QUESTIONÁRIO “B1” DO CESC

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

Este questionário possui 9 questões de múltipla escolha. Cada pergunta contém 5 alternativas. Pede-se que o aluno, por gentileza, assinale apenas uma alternativa em cada questão, sempre a que MELHOR corresponda com sua visão. Após cada questão, pergunta-se o seu grau de concordância com a alternativa assinalada.

Questão (B1.T01.02.D): Para algumas pessoas, não há diferença entre ciência e arte, enquanto, para outras, ciência e arte são formas diferentes do conhecimento humano. Abaixo, você encontrará algumas afirmações alternativas sobre este assunto. Marque aquela que é mais próxima da sua maneira de pensar.

- a) Há diferença entre ciência e arte porque artistas e cientistas não realizam seus trabalhos de maneira semelhante, seguindo, cada qual, procedimentos característicos de suas atividades. A ciência é uma atividade empírica, isto é, que testa suas afirmações sobre o mundo com base em dados coletados na natureza, enquanto produções artísticas não são testadas empiricamente. Por esta razão, a ciência é uma forma de conhecimento superior à arte.
- b) Não há diferença entre ciência e arte porque os procedimentos seguidos por artistas e cientistas são semelhantes, na medida em que são guiados pela criatividade e buscam alcançar objetivos que satisfazem à curiosidade humana. A ciência busca comprovar suas afirmações sobre o mundo até o ponto em que não podemos mais ter dúvidas sobre elas, enquanto produções artísticas não são sujeitas à comprovação. Isso significa que a ciência é uma forma de conhecimento superior à arte.
- c) A ciência é uma atividade empírica, isto é, que testa suas afirmações sobre o mundo com base em dados coletados na natureza, enquanto produções artísticas não são testadas empiricamente. Isso mostra que há diferença entre ciência e arte, uma vez que artistas e cientistas não realizam seus trabalhos de maneira semelhante, mas seguem procedimentos próprios de suas atividades. Isso não quer dizer, contudo, que a ciência seja uma forma de conhecimento superior à arte.
- d) Há diferença entre ciência e arte porque a ciência coleta dados empíricos na natureza para comprovar suas afirmações sobre o mundo até o ponto em que não podemos mais ter dúvidas sobre elas, enquanto produções artísticas não são sujeitas à comprovação. Por esta razão, a ciência é uma forma de conhecimento superior à arte.

- e) Não há diferença entre ciência e arte porque, apesar das diferenças de seus procedimentos, artistas e cientistas são guiados por sua criatividade e buscam alcançar objetivos que satisfazem à curiosidade humana. A ciência testa suas afirmações sobre o mundo com base em dados coletados na natureza, enquanto produções artísticas não são testadas empiricamente.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T02.07.S): Leia, por favor, o seguinte trecho:

“Há uma correlação estatística entre fumar e ter câncer. Para defender seu produto, uma indústria tabagista afirma que a relação não é causal: ela argumenta que pessoas com predisposições hereditárias para desenvolver cânceres têm também predisposição para viciar-se em fumo. Para testar essa hipótese, um grupo de cientistas pintou as costas de um grande número de camundongos com alcatrão de cigarro e observou-os juntamente com um número semelhante de camundongos, da mesma linhagem e idade, que não receberam alcatrão. Vários dos primeiros camundongos desenvolveram câncer, mas poucos dos segundos”.

- a) O desenvolvimento do conhecimento científico requer o uso de experimentos. Entretanto, o uso de um procedimento experimental, como na investigação descrita acima, não garante a verdade da conclusão obtida. Apesar disso, o procedimento auxiliou os cientistas a obter respostas mais dignas de confiança.
- b) Não podemos duvidar dos resultados obtidos pelos cientistas, porque eles realizaram um experimento, visto que fizeram testes práticos em laboratório. Somente com o uso de experimentos, a ciência pode avançar, como no caso relatado acima.
- c) O procedimento realizado pelos cientistas foi um experimento, porque eles controlaram variáveis importantes. Por exemplo, os ratos que tiveram e não tiveram as costas pintadas eram da mesma idade e linhagem. O uso de controle foi bastante útil para a realização do teste, porque levou a uma conclusão provavelmente verdadeira. Apesar de sua utilidade, experimentos não são necessários para o desenvolvimento de todo e qualquer campo da ciência.
- d) O que torna o procedimento dos cientistas um experimento é a existência de um teste prático realizado em laboratório. O procedimento usado pelos cientistas auxiliou na compreensão do efeito do fumo em humanos, porque se pode garantir que os resultados obtidos são provavelmente verdadeiros.
- e) Os cientistas realizaram um experimento, porque em seu teste compararam de modo controlado ratos pintados com alcatrão e ratos que não foram pintados. Essa comparação contribuiu para que o procedimento desse uma resposta importante para o problema científico em estudo. Mesmo assim, há a possibilidade de a conclusão do experimento ser falsa.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T03.11.D): Qual das alternativas abaixo mais se aproxima de sua visão?

- a) Modelos como o da dupla hélice não são cópias ou reproduções de objetos ou coisas que existem no mundo, apesar de terem alguma semelhança com o mundo real. Há, porém, modelos que não apresentam semelhanças físicas ou materiais com as coisas ou os objetos do mundo que estão modelando, como no caso de equações que representam o crescimento de uma população em função do tempo.
- b) Os melhores modelos científicos são cópias ou reproduções exatas da realidade, como o modelo do Ciclo do Carbono, que reproduz o caminho percorrido ciclicamente por átomos de carbono entre o meio biótico e o abiótico. Os modelos que são apenas parcialmente relacionados com a realidade estão em sua fase inicial de elaboração, como ocorreu com os primeiros modelos estruturais da membrana plasmática, como, por exemplo, o modelo que propunha que a membrana era constituída por duas camadas de lipídeos, envolvidas por uma camada de proteínas de cada lado (modelo de Davson-Danielli). Todo modelo científico apresenta, contudo, pelo menos alguma similaridade material com os sistemas que ele representa.
- c) Modelos como o da dupla hélice se assemelham até certo ponto com o mundo real. Apesar disso, não se deve confundir modelo com realidade. A razão para isso é que há modelos que não apresentam qualquer similaridade física ou material com os sistemas ou fenômenos naturais, a exemplo de equações usadas para representar o crescimento de uma população ao longo do tempo.
- d) Modelos como o da dupla hélice do DNA são úteis, mas não possuem relação alguma com a realidade. O que se espera dos melhores modelos é que sejam réplicas ou reproduções da realidade. Entretanto, normalmente apenas os modelos matemáticos, como as equações que representam o crescimento de populações, atingem esse ideal.
- e) Nenhum modelo científico deve ser confundido com a realidade. Entretanto, modelos como a dupla hélice do DNA têm uma relação com a realidade material, apesar de limitada. Em contraste, há modelos que não se assemelham em nada ao fenômeno de que tratam. É o caso dos modelos matemáticos, como as equações usadas para representar o crescimento de populações ao longo do tempo.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T04.15.S): Considere as duas afirmações a seguir: (1) “Toda vez que vou a Brasília, chove”. (2) “Os alelos para dois ou mais caracteres são transmitidos para os gametas de modo totalmente independente”. Entre as alternativas abaixo, escolha aquela que é mais próxima de sua visão.

- a) A segunda afirmação é uma lei científica, porque expressa um acontecimento que se repete sempre de um certo modo, enquanto a primeira afirmação não exprime nada mais que uma coincidência. Nenhuma das afirmações é uma teoria, porque teorias são explicações sobre acontecimentos da natureza, e essas afirmações apenas descrevem acontecimentos. Visto que teorias não se referem a fenômenos universais, e leis se referem a fenômenos universais, teorias não podem evoluir para leis.
- b) Lei é uma criação da ciência que expressa um acontecimento que se apresenta sempre ou quase sempre de uma certa maneira na natureza. Leis diferem de teorias, porque estas últimas são menos dignas de confiança. Por isso, as teorias contribuem menos do que as leis para o avanço do conhecimento científico.
- c) A primeira afirmação não é uma lei científica porque expressa somente um evento que se repete acidentalmente. A segunda afirmação, por sua vez, é uma lei científica porque a repetição do evento que ela descreve não é acidental. Mesmo tratando de um acontecimento não-acidental, o que uma lei científica afirma nunca é uma certeza. Apesar dessa incerteza, leis científicas auxiliam significativamente na compreensão da natureza.
- d) A regularidade expressa na frase “toda vez que vou a Brasília, chove” não é uma lei, porque é somente acidental. Já a segunda afirmação é uma lei. As leis científicas são criações humanas e, assim, podem falhar. A segunda afirmação era uma teoria em sua fase inicial, quando poucos testes haviam sido feitos e o grau de comprovação era muito baixo, mas, com o acúmulo de dados a seu favor, tornou-se uma lei, que é mais digna de confiança que uma teoria.
- e) As duas afirmações podem ser leis, desde que se repitam com regularidade. O mais importante é que haja comprovação experimental da regularidade, para que possamos ter certeza acerca da verdade destas afirmações. Enquanto as comprovações não estão disponíveis em número suficiente, chamamos as afirmações de teorias.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T05.17.D): Muitas pessoas crêem que a ciência, se corretamente conduzida pelo cientista, é imune a influências sociais. Outras pessoas crêem que essa influência é inevitável. Qual das alternativas abaixo é mais próxima de sua maneira de pensar?

- a) O conhecimento científico não pode ser influenciado pela sociedade. Se fosse influenciado, ele se tornaria relativo àquela sociedade, ou seja, uma questão de opinião daquela sociedade, influenciado pelos sujeitos que realizam a pesquisa, e ele não seria, assim, um conhecimento objetivo, cuja verdade poderia ser examinada por qualquer pessoa que disponha dos meios materiais e do conhecimento necessário. Pessoas de qualquer nacionalidade podem ver ao microscópio que os cromossomos existem, de modo que não há influência de diferenças culturais quantos à existência de cromossomos. Apesar disso, a ciência não está acima do bem e do mal, porque o cientista frequentemente tem que tomar decisões sobre assuntos que têm implicações éticas.
- b) O conhecimento já possuído pelo próprio cientista e o conhecimento anteriormente produzido pela humanidade influenciam as perguntas que o cientista fará e as conclusões que ele tirará dos dados que obtiver. Porém, essa influência não impede o progresso do conhecimento científico, que apresenta métodos apropriados para tratar de questões que se encontram no domínio das ciências. Que a ciência pode progredir é visto no fato de que há afirmações científicas, como a de que há seres vivos microscópicos na água, que são objetivas no sentido de que outras pessoas, dispostas dos equipamentos necessários, poderão chegar à mesma conclusão. Essa conclusão, por ser objetiva, não pode mais ser posta em dúvida.
- c) O conhecimento científico é influenciado pela sociedade, como pode ser visto pelo fato de que os problemas de uma sociedade muitas vezes servem de orientação para a escolha de problemas de pesquisa. Além disso, a ciência nunca é uma atividade de gênios solitários e isolados do mundo, porque cada cientista é influenciado pelo conhecimento já produzido por outros cientistas e pelo contexto social no qual trabalha. Isso está relacionado, por sua vez, ao fato de que os cientistas não estão acima do bem e do mal, mas têm frequentemente de fazer opções de natureza ética ou moral.
- d) O conhecimento científico é influenciado pela sociedade de diferentes maneiras, como, por exemplo, pelo conhecimento de pesquisadores de gerações anteriores e por questões polêmicas, capazes de mobilizar a sociedade contra a realização de certas pesquisas. Este último caso é o que ocorre com as pesquisas sobre clonagem humana ou que utilizam células-tronco de embriões. Essa influência ocorre, porque, nesses casos, os cientistas precisam tomar decisões sobre questões de natureza ética, não podendo, então, colocar-se acima do bem e do mal. O fato de haver influência da sociedade sobre o conhecimento científico não deve levar à conclusão de que todo conhecimento produzido pela ciência é apenas a visão de *uma* geração de pesquisadores. Ou seja,

nem toda afirmação científica deve ser considerada bastante provisória. Por exemplo, não se espera que a afirmação de que “havia crateras na superfície da Lua no ano de 2004” mudará nas próximas décadas.

- e) O conhecimento científico era influenciado pela sociedade no passado, quando estava sob o poder de instituições sociais dominantes, como a Igreja. Somente gênios solitários e isolados do mundo podiam, então, praticar a ciência. A ciência, se corretamente conduzida, está acima do bem e do mal, porque ela é um produto do trabalho objetivo dos cientistas, cujos métodos permitem que a influência de suas idéias subjetivas seja controlada.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T06.24.S): Diversas técnicas estão disponíveis aos cientistas para a datação dos períodos geológicos. A datação radiométrica, que obtém idades pela decomposição radioativa de átomos como o urânio presentes na amostra, é bastante utilizada para esse fim. Outro exemplo é a datação por métodos biológicos. Os resultados obtidos por diferentes métodos podem ser comparados. Por exemplo, John Wells propôs um método biológico de datação que consiste na contagem de anéis de corais rugosos do paleozóico. Esses corais fósseis formavam um anel novo a cada dia, além de um anel anual. Cada anel diário corresponde a um dia de vida do coral, o que permite que se determine o número de dias que havia em cada ano terrestre no intervalo de tempo em que aquele coral viveu. Sabendo-se que a Terra está diminuindo a velocidade de sua rotação lentamente devido à fricção das marés, pode-se calcular a idade do fóssil. Por exemplo, suponha que um coral tenha vivido quando a Terra tinha um ano com cerca de 400 dias, cada dia durando apenas 21 horas. Já que os dias terrestres aumentam em cerca de 2 segundos a cada 100.000 anos, o animal teria vivido há cerca de 398 milhões de anos. Uma comparação das idades de corais obtidas pelo método biológico proposto por Wells e o método radiométrico mostrou que os resultados obtidos por esses métodos muito distintos são bastante semelhantes.

- a. Afirmações como “Este fóssil de coral possui entre 98 e 102 milhões de anos”, se estabelecida pela concordância de resultados obtidos entre diversos métodos diferentes de datação, pode ser considerada verdade absoluta. Isso porque o uso de técnicas muito distintas e a comparação de seus resultados permitem contornar quaisquer erros que poderiam existir nas teorias que orientam cada técnica, chegando a conhecimentos absolutamente verdadeiros. Por exemplo, há o risco de que a datação radiométrica esteja errada por causa de contaminação da amostra, mas esse mesmo erro não pode ocorrer com a datação biológica. Ademais, o uso de equipamentos sofisticados, como microscópios, por exemplo, amplia o alcance de nossos sentidos, de modo que não precisamos teorizar sobre a natureza quando usamos estes equipamentos, já que podemos, neste caso, vê-la.
- b. Há afirmações científicas que são dignas de alguma confiança. Um exemplo é a afirmação “a fase mais antiga do Cambriano possui cerca de 570 milhões de anos”, que apresenta uma idade determinada por métodos radiométricos. O nível de confiança merecido por uma certa afirmação científica pode ser afetado por dois tipos de teste. No primeiro tipo, as afirmações científicas são testadas com base em fenômenos naturais, ou seja, são comparadas com a natureza. No segundo tipo de teste, a afirmação científica é comparada com teorias já existentes. Este teste é útil, mas dispensável se o primeiro tipo de teste tiver sido feito. A comparação com teorias já existentes é feita examinando-se a compatibilidade de uma dada afirmação com outras afirmações científicas. Por exemplo, a afirmação “espécies novas evoluem de espécies pré-existentes” recebe apoio pelo

fato de ser compatível com conhecimentos vindos de várias ciências, como a anatomia comparada e a biogeografia.

- c. Pode-se ter bastante confiança de que as idades dos corais obtidas pelos dois métodos distintos, o radiológico e o biológico, estão aproximadamente corretas. Mas, as afirmações da ciência são, a rigor, falíveis e provisórias, e o grau de confiança que uma certa afirmação científica merece pode variar bastante. Assim, o conhecimento científico sobre a origem evolutiva dos vertebrados é menos digno de confiança do que a idade de uma camada geológica que tenha sido determinada por vários métodos de datação radiométrica e por datação biológica, todos concordando entre si. Nesse caso, não se espera que idade determinada sofra grandes alterações. Contudo, mesmo conhecimentos científicos bem estabelecidos como este não devem ser vistos como verdades absolutas.
- d. O conhecimento científico é digno de algum grau de confiança, principalmente se for comprovado por fontes diferentes, como, por exemplo, o uso de diferentes métodos de datação. Isso torna a datação obtida absolutamente verdadeira, dentro de sua margem de erro. Por exemplo, o uso simultâneo de diversos métodos diferentes de datação pode tornar indubitável que um certo fóssil possui entre 398 a 402 milhões de anos, se a margem de erro for de 2 milhões de anos para mais ou para menos.
- e. Os dados coletados por meio de nossos sentidos, ainda que com o auxílio de equipamentos como microscópios eletrônicos e telescópios, não fornecem certeza sobre o mundo, já que a percepção e interpretação de dados sempre dependem de teorias. Mesmo quando usamos vários métodos completamente diferentes e chegamos a resultados semelhantes, como, por exemplo, idades semelhantes de um certo fóssil, o resultado não é digno de confiança. Assim, podemos dizer que, a rigor, os métodos usados pela ciência não nos ajudam a entender coisas como, por exemplo, a idade da Terra melhor do que outras formas de conhecimento. Assim, é de pouca ajuda para entender o mundo comparar uma teoria científica com outra, porque todas as teorias são, em última análise, falsas.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T07.27.D): Qual das alternativas abaixo mais se aproxima de sua visão?

- a) Há métodos usados em outras formas de conhecimento que não são adequados para a ciência. Por outro lado, os cientistas podem utilizar uma diversidade de métodos considerados aceitáveis pela comunidade científica. A existência de tantos métodos já descritos e estabelecidos não elimina a necessidade de criatividade e imaginação do cientista, o que mostra que os métodos estão ainda imperfeitos e falíveis.
- b) Há muitos métodos que um cientista pode utilizar, a depender, entre outras coisas, de qual é seu problema de pesquisa. Contudo, há também métodos que não são aceitáveis para a ciência. Apesar da diversidade de métodos, a ciência está à procura de um Método Científico único e unificador, cuja aplicação minuciosa em qualquer pesquisa conduza sempre à produção de conhecimento altamente confiável.
- c) Existe um Método predominantemente utilizado na pesquisa científica, constituído de passos a serem seguidos em uma ordem já estabelecida. É um método versátil, que pode ser usado em qualquer tipo de investigação. Assim, a ciência tem pouca necessidade de outros métodos, que acabam raramente sendo usados. Entretanto, a ciência está aberta para a possibilidade de usar ocasionalmente outros métodos, vindos de outras formas de conhecimento, desde que estas formas de conhecimento provem que eles funcionam.
- d) Há uma diversidade de métodos aceitáveis em ciência. Até mesmo métodos que são utilizados em campos do conhecimento que não são considerados científicos podem vir a ser aceitos pela comunidade científica. Basta para isso que passem a ser utilizados por cientistas muito bem conceituados ou renomados. Apesar de existir uma diversidade de métodos que podem ser usados, existe um Método Científico geral, que é preferível, porque pode ser usado em qualquer situação de pesquisa.
- e) Não há apenas um Método Científico, com passos previamente determinados, os quais o cientista deve necessariamente seguir. Ao contrário, há uma diversidade de métodos aplicáveis a problemas diferentes. O fato de haver vários métodos que podem ser utilizados pelos cientistas não significa que qualquer método vale em ciência ou que qualquer problema científico pode ser abordado com sucesso por meio de qualquer método. Há métodos que não são considerados científicos e, para um determinado problema científico, é possível escolher um método que se mostra mais apropriado para sua abordagem.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T08.31S): Queira ler o trecho hipotético abaixo. Depois, escolha a alternativa que é mais próxima de sua opinião.

“Uma pesquisadora que estuda aves, ao explorar uma floresta virgem, notou surpresa que um galho de árvore havia se movido. Aproximou-se mais um pouco e percebeu que havia se enganado. Não era um galho, mas sim um pássaro muito semelhante a um galho seco. Quis, então, saber o porquê dessa aparência tão bizarra. Imaginou, a princípio, que a aparência do pássaro era uma defesa contra predadores. Depois, investigou se era isso mesmo o que acontecia”.

- a) A pesquisadora não formulou hipóteses, já que hipóteses são explicações provavelmente verdadeiras que são submetidas a experimentos. Hipóteses estão se tornando cada vez menos necessárias ao pensamento científico, por causa da evolução de técnicas e métodos usados em ciência, e por causa do crescente grau de certeza do conhecimento científico, que permitem que se dispense cada vez mais o uso de suposições. Assim, hipóteses não são indispensáveis nem à ciência, nem ao pensamento humano, em termos gerais.
- b) Problemas como o levantado pela pesquisadora serão melhor tratados se o pesquisador orientar-se por uma hipótese, como a pesquisadora mencionada acima de fato fez, já que criou uma suposição como tentativa de resposta para o problema que estava investigando. Contudo, hipóteses estão se tornando cada vez menos necessárias na pesquisa moderna, já que o conhecimento científico está atingindo um grau de detalhe e certeza cada vez maior, dispensando a criação de suposições.
- c) A pesquisadora elaborou ao menos a hipótese de que a aparência do pássaro é uma defesa contra predadores. Essa hipótese não se relaciona com teorias já existentes, porque esse pássaro é desconhecido. De qualquer modo, hipóteses, como esta que a pesquisadora formulou, devem ser evitadas, porque tornam tendenciosa a coleta de dados, que, neste caso, passa a ser feita a partir da hipótese, que, dessa maneira, contamina os dados que serão coletados.
- d) A pesquisadora mencionado no trecho acima levantou pelo menos uma hipótese. Para fazê-lo, utilizou teorias que já conhecia. A hipótese criada pode servir de guia para encontrar uma resposta ao problema levantado: “por que o pássaro adquiriu esta aparência?”
- e) A pesquisadora não pode tratar adequadamente de problemas como o que ela levantou, “por que o pássaro adquiriu esta aparência?”, sem alguma hipótese, como a de que a aparência do pássaro constitui uma defesa contra predadores. Hipóteses são tentativas de resposta a um problema de pesquisa, como aquele que a pesquisadora acima levantou. Porém, uma das deficiências das hipóteses em geral é o fato de que elas dependem de conhecimento anterior, o que torna necessário

rigor adicional dos cientistas, sendo desejável que se procure obter os mesmos resultados através de meios diferentes.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (B1.T09.33.D): Qual das alternativas abaixo é mais próxima de sua opinião?

- a) A realização de qualquer experimento é influenciada por teorias. Por exemplo, os experimentos realizados para elucidar a natureza do material genético foram orientados por teorias que diziam que o material genético era constituído por DNA ou por proteínas. Podemos dizer, assim, que a construção do conhecimento científico não se inicia com generalizações feitas pelos cientistas a partir de dados coletados na natureza por meio da observação; antes pelo contrário, este conhecimento se inicia com o uso de teorias que dão significado à natureza e, inclusive, aos dados que coletamos e às hipóteses que elaboramos. Apesar disso, os cientistas fazem generalizações. Por exemplo, ao verificar que todos os humanos já examinados possuem DNA em suas células, um cientista pode concluir que os humanos que não foram examinados também possuem DNA. A própria formulação do problema de pesquisa depende de um embasamento teórico. Por exemplo, a observação de que todos os planos de organização corporal de organismos bilaterais apareceram em um espaço de apenas 10 milhões de anos no período Cambriano somente se tornou um problema de pesquisa porque é difícil compatibilizá-la com a idéia de uma evolução gradual e lenta por seleção natural, como propõe a teoria neodarwinista da evolução.
- b) A construção do conhecimento científico não começa com a coleta de dados. Sempre há hipóteses e teorias prévias orientando a coleta de dados. Por exemplo, uma zoóloga que queira saber se um determinado inseto semelhante ao Barbeiro transmite ou não a doença de Chagas será orientada por suas teorias, por exemplo, para observar o inseto em seu habitat e verificar se o inseto suga seiva ao invés de sangue. Ou seja, esta pesquisadora será orientada por suas teorias prévias, por exemplo, sobre o comportamento dos insetos. A generalização de uma observação, como, por exemplo, a generalização de que, se os insetos observados sugam seiva e não sangue, outros insetos da mesma espécie que ainda não foram observados deverão fazer o mesmo, não são baseadas pura e simplesmente nos dados coletados, mas na interpretação dos dados com base no conhecimento teórico dos pesquisadores. Portanto, a base sobre a qual o conhecimento científico é construído não se encontra em generalizações desta natureza, mas em teorias, que orientam a própria elaboração de generalizações. Isso não quer dizer que todo trabalho científico exija que o cientista use teorias. Por exemplo, a formulação do problema de pesquisa pode ocorrer sem o uso de teorias. Quando um pesquisador vê um inseto parecido com o Barbeiro pousado em sua perna, ele é levado automaticamente a perguntar se o inseto pode transmitir a doença de Chagas, sem que ele precise recorrer a teorias.
- c) A experimentação, se corretamente realizada, é neutra, porque não é influenciada por idéias que os cientistas já possuem. A experimentação é influenciada somente por fatos comprovados que já são conhecidos pelos cientistas. Por exemplo, experimentos feitos para detectar a causa de caules se

curvarem em direção à luz são influenciados pelo fato observável e já comprovado de que os caules se curvam em direção à luz. E esse fenômeno da natureza pode ser claramente entendido por si mesmo, ou seja, sem a ajuda de qualquer teoria, já que até uma criança sem qualquer instrução científica pode perceber o fenômeno, ao observar uma planta curvada na direção da luz. Assim, quando chegamos a uma explicação científica bem conduzida, ela já está justificada, porque é a conclusão dada pela própria natureza, sem que se precise teorizar. Por exemplo, é a própria natureza que mostra que a planta se curva em direção à luz porque o caule apresenta maior crescimento no lado menos iluminado. Basta deixarmos que a natureza mostre como ela é, observando-a sem idéias preconcebidas.

- d) O problema a ser estudado numa pesquisa científica não é simplesmente “dado” pela natureza, mas depende do conhecimento teórico que um cientista utiliza para elaborá-lo. Por exemplo, o problema “como a água chega às folhas de árvores de mais de 100 metros de altura?” requer um preparo teórico para ser percebido e formulado. Entre os conhecimentos que poderiam ser importantes para se elaborar esse problema, encontra-se, por exemplo, o conhecimento de que a água das folhas pode ter vindo do solo. Somente os dados obtidos por meio de observações e experimentos são puros, neutros, ou seja, diferentemente da formulação do problema de pesquisa, eles não dependem de teorias. Por exemplo, a observação de que leões matam e comem zebras mostra, sem que se precise recorrer a teorias, que leões se alimentam de carne. Isso permite, portanto, que sejam feitas generalizações após a coleta de dados. Por exemplo, ao vermos dez leões comendo zebras, concluímos, generalizando, que todos os leões são animais carnívoros. Ou seja, a generalização que chegamos é correta porque consiste numa informação que nos é dada pela natureza, é a conclusão a que a natureza nos conduz).
- e) Os cientistas freqüentemente fazem generalizações. Por exemplo, se todos os humanos estudados até hoje usam oxigênio na respiração celular, eles podem concluir que o mesmo ocorre com qualquer ser humano. Porém, a idéia de que o conhecimento científico é construído através de generalização a partir de dados que não são influenciados por idéias anteriores (hipóteses, teorias) não é correta. Ao contrário, hipóteses e teorias têm uma função importante na construção do conhecimento científico, orientando a própria coleta e interpretação de dados. Além disso, o problema de pesquisa não é simplesmente “dado” ao cientista pela natureza, mas ele é, antes, construído pelo cientista a partir não somente de observações, mas também, e fundamentalmente, de seu conhecimento sobre as teorias aceitas em seu campo do conhecimento. Para elaborar problemas científicos, um cientista deve ter uma formação teórica sólida, que lhe permita perceber quais observações constituem problemas de pesquisa interessantes. O fato de que a construção do conhecimento científico é baseada em teorias indica este conhecimento não é tão digno de confiança quanto muitos pensam.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

QUESTIONÁRIO “C1” DO CESC

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

Este questionário possui 9 questões de múltipla escolha. Cada pergunta contém 5 alternativas. Pede-se que o aluno, por gentileza, assinale apenas uma alternativa em cada questão, sempre a que MELHOR corresponda com sua visão. Após cada questão, pergunta-se o seu grau de concordância com a alternativa assinalada.

Questão (C1.T01.04.S): Leia o trecho abaixo:

“Na história de uma religião de uma região costeira, encontramos vários relatos de pescadores perdidos no mar que foram salvos, após os fiéis da religião terem orado por eles. A crença das pessoas que freqüentam esta religião a respeito da eficácia das orações resulta da correlação que eles percebem entre as orações e os salvamentos. Se perguntados, eles podem contar dezenas de histórias sobre pescadores salvos pela força da oração. As histórias contadas por diferentes pessoas da religião são bastante semelhantes umas às outras, indicando que não se trata de invenção, mas de relatos históricos concretos.”

- a) As histórias sobre os pescadores que se salvaram por causa do poder da oração podem ser consideradas um meio usado pelas pessoas daquela religião para fundamentar sua crença em uma base empírica, ou seja, a partir de dados coletados na natureza. Mas, como os dados obtidos nas histórias dos salvamentos são tendenciosos, eles não comprovam o poder da oração ao ponto de não podermos ter dúvidas a seu respeito. Um cientista, diante da mesma situação, coletaria dados de maneira mais sistemática e evitaria vieses, descobrindo que há também um grande número de pescadores que morreram, apesar das orações. Assim, ele teria certeza de que as orações não têm efeito algum sobre a probabilidade de os pescadores serem salvos.
- b) Podemos dizer que as histórias sobre o salvamento de pescadores por causa das orações constituem uma maneira de apresentar dados empíricos que fundamentam a crença no poder da oração. Contudo, uma coleta científica de dados sobre a correlação entre oração e salvamento, que seja menos tendenciosa do que aquela das pessoas que acreditam naquela religião, mostraria que um grande número de pescadores morreu no mar, apesar de todas as orações. O conhecimento religioso não pode ser sustentado, assim, com base nos dados fornecidos pelos relatos dos

salvamentos de pescadores. Isso mostra que o conhecimento religioso e o conhecimento científico são diferentes, mas não que este último seja superior àquele primeiro.

- c) Quando contam suas histórias sobre os pescadores que se salvaram por causa do poder da oração, as pessoas daquela religião estão buscando fundamentar sua crença em uma base empírica, ou seja, a partir de dados coletados na natureza. Contudo, os dados obtidos nas histórias sobre os salvamentos são tendenciosos, e, assim, não demonstram o poder da oração. Um cientista, diante da mesma situação, coletaria dados de maneira mais sistemática e evitaria vieses. Assim, ele descobriria que há também um grande número de pescadores que morreram, apesar das orações. Pode-se perceber, assim, que o conhecimento científico é superior ao religioso.
- d) As histórias sobre os pescadores que se salvaram quando oraram para eles constituem uma maneira de fundamentar a crença no poder da oração em uma base empírica, ou seja, a partir de dados coletados na natureza. Os dados obtidos nas histórias dos salvamentos são tendenciosos, e, assim, não comprovam o poder da oração ao ponto de não podermos ter dúvidas a seu respeito. Contudo, também na ciência, não podemos garantir que os dados utilizados não sejam tendenciosos. Não se pode dizer, assim, que exista diferença entre estas duas formas de conhecimento.
- e) Quando contam suas histórias sobre os salvamentos, as pessoas que acreditam naquela religião estão buscando apoiar sua crença nas relações entre orações e salvamentos em dados disponíveis, o que torna o conhecimento religioso tão empírico quanto o conhecimento científico. Desse modo, eles comprovam suas crenças com tanta certeza quanto os cientistas comprovam as concepções científicas. Não se pode dizer, assim, que exista diferença entre estas duas formas de conhecimento.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T02.05.D): Para algumas pessoas, um conhecimento só é científico se tiver sido submetido a testes nos quais os dados são coletados em situações controladas, ou seja, nos quais outras variáveis, que não a variável que está sendo testada, são mantidas, na medida do possível, constantes. Para outras pessoas, há conhecimentos que podem ser considerados científicos, mesmo que **não** tenham sido submetidos a testes controlados. Abaixo, você encontrará algumas afirmações alternativas sobre esse assunto. Marque aquela que é mais próxima da maneira como você pensa.

- a) Todo conhecimento científico deve ser submetido a testes em situações controladas. Sem que sejam controladas as variáveis que intervêm na situação de teste, não é possível chegar a qualquer conclusão acerca da validade ou não de uma idéia científica. Os dados obtidos nesses testes devem ser interpretados com a ajuda das teorias assumidas pelos pesquisadores, o que faz com que eles possam ser entendidos de modo errado, se a teoria usada em sua interpretação for falsa. Apesar disso, experimentos podem ajudar os cientistas a entender melhor o mundo.
- b) Nem todo conhecimento científico tem de ser submetido a experimentos, que são testes nos quais os dados são coletados em situações controladas, pois há áreas do conhecimento que, apesar de não utilizarem testes controlados, empregam outros métodos para testar suas teorias. Em ambos os casos, a interpretação dos dados obtidos depende das teorias que os pesquisadores utilizam. Assim, os dados são tão falíveis quanto a teoria usada em sua interpretação, ou seja, se a teoria estiver errada, a interpretação dos dados também estará. Não é possível, portanto, derivar dos dados obtidos nos testes realizados uma certeza sobre a verdade do conhecimento científico.
- c) O conhecimento científico deve ser testado, mas ele pode ser submetido a testes em situações controladas ou não. Ou seja, não é necessário que o teste do conhecimento científico envolva o controle de variáveis, sempre presente em experimentos. A compreensão dos dados obtidos depende, na ausência ou presença de controle, de teorias que os pesquisadores assumem para sua interpretação. É possível, assim, que os dados sejam interpretados de modo errado, se a teoria usada em sua interpretação não for correta. Mas, se forem tomados cuidados em sua interpretação, os dados obtidos nos testes realizados pelos cientistas permitem que cheguemos à certeza quanto à verdade do conhecimento científico.
- d) Testes feitos em situações controladas são necessários no caso de todo conhecimento científico. Além disso, nesses testes, deve-se controlar todas as variáveis que intervêm na situação na qual o teste está sendo feito; caso contrário, o procedimento não será um experimento e não poderemos chegar a conclusão alguma acerca da validade ou não de uma idéia científica.
- e) É necessário submeter todo conhecimento científico a testes em situações controladas, porque, sem o controle das variáveis que intervêm na situação de teste, não podemos alcançar qualquer conclusão acerca da validade ou não de uma idéia científica. A interpretação dos dados depende

das teorias assumidas pelos pesquisadores, mas isso não nega a realidade dos dados nos casos em que todas as variáveis são controladas, quando então temos um experimento.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T03.10.S): Leia, por favor, o trecho fictício abaixo. Depois, escolha a alternativa que seja mais próxima de sua visão.

“Uma nova doença é transmitida por um tipo de vírus recém descoberto. Ela ocorre em humanos e chimpanzés. Apesar de não haver dúvidas de que a doença é sexualmente transmissível, não se sabe se ocorre transmissão por via oral. Para estudar essa questão, 200 chimpanzés foram usados como cobaias. Todos foram testados e não apresentaram o vírus no sangue. Então, o vírus foi reproduzido em laboratório e colocado em grande quantidade na boca de 100 chimpanzés. Os outros 100 chimpanzés não receberam o vírus. Verificou-se que 10 dos macacos que receberam o vírus por via oral apresentaram o vírus no teste sanguíneo feito três meses depois. No grupo dos 100 macacos que não receberam o vírus por via oral, apenas um macaco apresentou o vírus. A partir dessa observação, concluiu-se que a transmissão por via oral deve ser possível em humanos”.

- a) Os chimpanzés podem ser considerados modelos que representam os humanos no experimento descrito, apesar de os animais não terem sido inventados pelos cientistas. Os chimpanzés ilustram a principal característica de modelos em geral: a similaridade física ou material com aquilo que é modelado. Os melhores modelos são aqueles que são cópias da realidade, o que mostra que os chimpanzés não são modelos muito adequados, sendo usados apenas por não haver outro melhor.
- b) No lugar de seres humanos, os cientistas usaram chimpanzés como modelos no experimento que realizaram. Nem todo modelo envolve sistemas físicos (no exemplo, chimpanzés) que representam outros sistemas físicos (humanos), como no caso que o trecho acima descreve. Há modelos que não são sistemas físicos, como, por exemplo, equações que expressam o crescimento de uma população em função do tempo. Essas equações são um tipo de modelo que não deve ser entendido como tendo uma similaridade material ou física com o mundo, de modo que são modelos inferiores a modelos que têm tal similaridade, como os chimpanzés na situação descrita acima.
- c) Os chimpanzés não são modelos no experimento descrito no trecho acima, porque são diferentes dos humanos. Afinal, modelos bem elaborados devem ser cópias ou reproduções da realidade. Já os modelos em fase inicial de elaboração têm apenas uma relação parcial com a realidade, apesar de poderem ser úteis.
- d) Os chimpanzés são um modelo nessa pesquisa, na medida em que representam o ser humano. Há modelos muito diferentes deste, como equações propostas para expressar o crescimento de uma população ao longo do tempo, que não apresentam similaridades materiais ou físicas com a realidade que está sendo modelada. Mas nem modelos como o chimpanzé nem as referidas equações que expressam o crescimento populacional devem ser confundidos com a realidade.

- e) Os chimpanzés seriam modelos se fossem geneticamente modificados pelos humanos. Como na situação descrita no trecho acima, não houve tal modificação, os chimpanzés não serviram como modelos. Modelos em geral não são o mesmo que a realidade, mas alguns podem ser considerados bem seriamente como tendo alguma semelhança física ou material com a realidade, como ocorre com o modelo da dupla hélice do DNA.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T04.13.D): Livros didáticos e artigos científicos frequentemente se referem a “leis”, como as leis de Mendel ou as leis de Newton. Você já deve ter visto esse termo sendo usado várias vezes. Qual o seu significado? Assinale abaixo a alternativa que mais se aproxima de sua visão sobre o significado do termo ‘lei’:

- a) Uma lei descreve acontecimentos naturais que não são acidentais e tendem a ocorrer sempre de uma mesma maneira. Leis e teorias científicas não são a mesma coisa, porque teorias são conhecimentos sistemáticos que buscam explicar, e não somente descrever, fenômenos naturais, enquanto as leis descrevem regularidades nestes últimos. Já que os fenômenos abordados por teorias não são os mesmos que os abordados por leis, teorias não podem transformar-se em leis.
- b) Relações regulares e não-acidentais entre aspectos de fenômenos naturais, como aquelas entre velocidade, força e aceleração na segunda lei de Newton, são descritas por meio de leis científicas. Essas leis são diferentes das teorias científicas, porque estas últimas não buscam apenas descrever, mas também explicar fenômenos naturais. Tanto teorias quanto leis científicas, caso sejam amplamente comprovadas por experimentos, se tornam incontestáveis.
- c) Leis são regras da natureza que não podem ser jamais violadas. Teorias, por sua vez, são tentativas sistemáticas de explicar fenômenos naturais. Quando existe muita evidência a favor de uma teoria, ela se torna uma lei, não podendo, então, ser mais questionada.
- d) Uma lei é uma norma que a natureza nos impõe. Quando teorias são comprovadas por um grande número de evidências, passam a ser chamadas de leis. Teorias são criações humanas, enquanto leis são descobertas sobre o mundo real. Portanto, quando uma teoria foi comprovada por grande quantidade de evidências, podemos dizer que descobrimos, a partir de nossa capacidade criativa, como o mundo real funciona.
- e) Uma lei busca exprimir relações entre aspectos dos fenômenos naturais que não são acidentais, como as relações entre força, massa e aceleração na segunda lei de Newton. Leis e teorias científicas não são a mesma coisa. Teorias são conhecimentos organizados que utilizamos para explicar fenômenos naturais, enquanto as leis são mais próximas de descrições sistemáticas de tais fenômenos. Como teorias e leis são produtos humanos, ambas estão sujeitas a falhas e podem ser melhoradas.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T05.19.S): Leia, por favor, o seguinte trecho:

“Mesmo depois de a bomba de hidrogênio ter sido inventada, após a Alemanha e o Japão terem se rendido e a 2ª Guerra Mundial ter acabado, o físico Edward Teller, considerado o pai da bomba de hidrogênio, ainda continuou a defender a fabricação da bomba que havia inventado. Por sua fixação na bomba de hidrogênio, ele pode ter sido o homem que mais contribuiu para pôr em risco a espécie humana. O químico Linus Pauling, por sua vez, foi um dos maiores responsáveis pelo fim das explosões de armas nucleares acima do solo, realizadas nos Estados Unidos, no Reino Unido e na antiga União Soviética”.

Qual das alternativas abaixo é mais próxima de seu ponto de vista?

- a) O conhecimento científico não depende do contexto histórico e social, uma vez que os dados apóiam ou rejeitam uma teoria independentemente das circunstâncias sociais nas quais a teoria é testada. Entretanto, isso não significa que um cientista possa fazer ciência de maneira totalmente independente dos demais, porque precisará do conhecimento obtido anteriormente por outros cientistas, por exemplo, conhecimentos anteriores sobre átomos de hidrogênio para dar um passo adiante e construir uma bomba de hidrogênio. Além disso, os cientistas precisam com frequência tomar decisões a respeito de questões éticas, de modo que são influenciados pelos valores éticos de sua época.
- b) Há pesquisas científicas que são feitas por grupos isolados, em total independência dos demais cientistas, por razões de segurança nacional. Foi o caso da equipe de Edward Teller. O que movimenta os cientistas é principalmente o interesse por dinheiro e prestígio, pouco ou nada importando em seu trabalho as questões de natureza ética. Apesar disso, o conhecimento verdadeiramente científico produzido por grupos distintos nunca sofre qualquer influência da subjetividade dos cientistas, como se vê pela semelhança dos resultados práticos obtidos em nações diferentes.
- c) A ciência e a tecnologia são influenciadas por fatores políticos, históricos, culturais e sociais, como ocorreu no caso da criação da bomba de hidrogênio. Portanto, os cientistas não são livres de valores morais e precisam tomar decisões sobre questões éticas. A influência social, contudo, não impede a ciência de avançar, como pode ser visto na contínua apresentação de soluções científicas para problemas humanos. Um exemplo dessas soluções é o desenvolvimento vacinas para doenças como a poliomielite.

- d) O conhecimento anterior da comunidade científica e do próprio cientista influencia as conclusões que ele tira e os tipos de perguntas que ele investigará, como ocorreu no caso da pesquisa para desenvolver a bomba de hidrogênio. Isso contamina o conhecimento de cada cientista com erros e preconceitos anteriores, mas não impede o avanço da ciência, que dispõe de métodos bastante úteis para a solução de problemas científicos. De fato, a ciência conseguiu produzir afirmações que são objetivas, como “o sangue humano contém células”, ou seja, que podem ser confirmadas por qualquer pessoa que disponha dos aparelhos e informações adequados. Porém, essas afirmações realmente objetivas ficam restritas a dados obtidos através de observação da natureza, porque esses dados são tão evidentes que podem ser confirmados até mesmo por crianças que desconhecem teorias científicas.
- e) O conhecimento científico é dependente do seu meio social. Uma das razões disso é que o conhecimento científico é feito por seres humanos que, a exemplo de Linus Pauling, são, por natureza, seres sociais, mergulhados em um contexto social e influenciados por ele. De fato, as afirmações produzidas pela ciência nos últimos anos geralmente são subjetivas, já que não podem ser confirmadas por qualquer pessoa, uma vez que, por exemplo, as opiniões sobre uma certa teoria frequentemente diferem. Apesar disso, o conhecimento científico progride tanto no sentido de criar novas tecnologias quanto na produção de novas afirmações cuja verdade pode ser comprovada pelo uso dessas novas tecnologias, sem que se precise recorrer a teorias falíveis.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T06.21.D): Qual das alternativas abaixo mais se aproxima de sua visão?

- a) Há muitas afirmações científicas que não podem ser falsas, em hipótese alguma. É o caso, por exemplo, da afirmação “a Terra tem uma forma aproximadamente esférica, e não cúbica”. Podemos ter confiança absoluta nessa última afirmação porque as provas provêm de experimentos e observações, sem teorias. A certeza sobre a verdade das afirmações é geralmente obtida com o uso de equipamentos sofisticados, como satélites, por exemplo. Nesses casos, o uso de teorias se torna dispensável, já que vemos a Terra como ela é pelas fotos dos satélites. Basta então descrever o que vemos, sem precisar teorizar. De fato, uma das maneiras de sabermos se um conhecimento é definitivamente verdadeiro é a presença de dados de observação tão claros que permitam eliminar o uso de teorias.
- b) Não há uma correspondência completa entre o conhecimento científico e a realidade. Por exemplo, os desenhos de células animais encontrados em textos didáticos não são descrições completas dos mecanismos e das estruturas presentes na célula. Tratam-se de representações simplificadas da realidade. Além disso, sempre é possível que os cientistas tenham se enganado em algum aspecto da estrutura descrita. O mesmo pode ser dito do conhecimento científico como um todo, de modo que não há idéias científicas que possam ser consideradas altamente dignas de confiança.
- c) Em muitos casos, o conhecimento científico deve ser considerado verdade absoluta. Por exemplo, a afirmação “o coração humano bombeia sangue” não pode, em hipótese alguma, ser falsa, uma vez que a verdade dessa afirmação pode ser comprovada por inúmeros testes diferentes. Entretanto, o grau de confiança que o conhecimento científico merece pode variar bastante. Por exemplo, podemos ter alto grau de confiança na afirmação “o DNA apresenta forma semelhante a uma dupla hélice”, mas já não podemos ter o mesmo grau de confiança na afirmação de que “a célula eucarionte é o resultado de uma associação simbiótica de várias bactérias”. A confiança maior no primeiro caso vem do fato de que podemos usar equipamentos avançados, como o microscópio eletrônico, para ver diretamente o DNA, sem termos que teorizar sobre ele.
- d) O conhecimento científico não deve ser entendido como verdade absoluta. Apesar disso, há afirmações científicas, como, por exemplo, “o cariótipo de indivíduos normais da espécie humana possui 46 cromossomos”, que podem ser consideradas altamente dignas de confiança. Em contraste, a afirmação “as Gincófitas possuem uma única espécie, chamada *Ginkgo biloba*” não é digna do mesmo grau de confiança. Afinal, pode ser que haja outra espécie do mesmo grupo taxonômico ainda desconhecida pela ciência. Mas, nem mesmo sobre o *número* de cromossomos do cariótipo humano, 46, podemos dizer que o conhecimento científico corresponde exatamente à realidade.

- e) É excessivo chamar de “verdade absoluta” o conhecimento científico. De fato, o conhecimento científico não deve ser confundido com a realidade. Entretanto, o grau de confiança que uma afirmação científica merece pode variar bastante. Por exemplo, a afirmação de que “mulheres normais possuem dois cromossomos sexuais X em seus cariótipos, ao passo que os homens normais possuem um X e um Y” é altamente digna de confiança, enquanto a afirmação “a genética do sistema Rh possui dois alelos” não é digna do mesmo grau de confiança, uma vez que o sistema poderia ser formado por alelos múltiplos. A capacidade da ciência de chegar a conhecimentos altamente dignos de confiança a torna uma forma de conhecimento superior às demais.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T07.26.S): Por favor, leia o trecho fictício abaixo. Depois, escolha a alternativa que mais se aproxima de sua visão.

"Num planeta existente em outro sistema solar, uma civilização inteligente desenvolveu uma forma de conhecimento que chamam de "Toúv". Essa forma de conhecimento emprega um método no qual se procede sempre de acordo com o seguinte conjunto pré-determinado de passos, nessa ordem: (1) Observe o que acontece; (2) elabore teorias com base no que os dados de observação lhe dizem; (3) faça testes experimentais para ver se a teoria é comprovada".

Dada uma caracterização do trabalho científico como apresentando as seguintes etapas, (1) projeto e planejamento da pesquisa, (2) coleta de dados e (3) interpretação dos resultados, qual das alternativas abaixo mais se aproxima de sua visão?

- a) Nem todos os métodos usados pelos seres humanos para obter conhecimento são aceitáveis para a ciência. Tampouco existe um só Método Científico como aquele que é empregado no Toúv. A ciência possui uma diversidade de métodos aplicáveis a situações de pesquisa diferentes, de modo que se pode chegar a resultados quase infalíveis pela escolha do método mais adequado para uma certa situação.
- b) Vários métodos científicos distintos são hoje utilizados pela humanidade, não havendo apenas um Método Científico, como descrito acima no caso do Toúv. A existência de muitos métodos faz com que não seja necessário criá-los, de modo que as etapas da pesquisa que chamamos de "projeto e planejamento" e "coleta de dados" nem sempre requerem criatividade ou imaginação.
- c) Entre os humanos, não há um Método Científico único como aquele que é empregado no Toúv. Ao contrário, há uma diversidade de métodos que podem ser aplicados a situações diferentes. Essa diversidade de métodos não elimina a necessidade de os cientistas usarem sua criatividade e imaginação em todas as etapas da pesquisa científica, desde o planejamento da pesquisa até a interpretação dos dados.
- d) O Toúv se assemelha à ciência, uma vez que esta também segue um conjunto pré-determinado de passos, chamado de Método Científico, que é utilizado da mesma maneira em todas as ciências. A criatividade e a imaginação são, por conta disso, pouco utilizadas, visto que as etapas do método já são pré-definidas. A existência do Método Científico mostra que não tem sentido a idéia de que uma variedade de métodos pode ser válida na ciência.
- e) Não faz sentido a idéia de que há uma diversidade de métodos científicos, uma vez que os cientistas usam um procedimento que caracteriza suas pesquisas, que é chamado de Método Científico, cujos passos são, em linhas gerais, os mesmos apresentados pelo método do Toúv. Mas a

existência de um só método (R) não significa que não sejam necessárias a criatividade e a imaginação na pesquisa científica. Estas são importantes durante todos os passos da pesquisa científica.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T08.30.D): Qual das alternativas abaixo é mais próxima de seu ponto de vista?

- a) Hipóteses se baseiam em conhecimentos produzidos anteriormente. Por exemplo, a hipótese de que uma certa espécie de peixe é cega porque descende de outra espécie também cega está fundamentada em conhecimentos sobre a evolução. Hipóteses são suposições propostas como uma tentativa de dar solução a um problema. Devem ser evitadas tanto quanto possível na pesquisa científica, porque introduzem idéias preconcebidas, que podem contaminar a investigação.
- b) Hipóteses dizem ao pesquisador, por exemplo, que tipo de dados deve coletar. A hipótese deverá ser provavelmente verdadeira, e não mera especulação, como a hipótese provavelmente verdadeira de que uma certa espécie de peixe cego descende de outra espécie já cega, sendo que essa cegueira pode não ser atualmente adaptativa para o peixe. Idealmente, o pesquisador deve evitar tanto quanto possível o uso de hipóteses, deixando-se guiar pelos dados da observação, e não por meras hipóteses. Assim, produzirá resultados mais objetivos.
- c) Hipóteses são tentativas de resposta a problemas e estão relacionadas com outros conhecimentos produzidos anteriormente. Por exemplo, a hipótese de que uma certa espécie de peixe é cega porque teve como ancestral outra espécie também cega se baseia em conhecimento anterior sobre a teoria da evolução. Todo conhecimento científico depende de hipóteses, de modo que se torna importante procurar obter os mesmos resultados por meio de métodos diferentes. Contudo, em termos gerais, podemos dizer que a dependência de hipóteses torna o conhecimento científico menos digno de confiança.
- d) Hipótese é uma suposição provavelmente verdadeira. No atual nível do conhecimento científico, as hipóteses são cada vez menos necessárias aos cientistas, porque o conhecimento científico é cada vez mais uma certeza, cada vez mais baseado em dados de observação, como, por exemplo, no registro de todas as espécies de peixe que já viveram num certo lago ou das seqüências de nucleotídeos em seus genomas. Assim, há pouca necessidade de se criar suposições que sejam apenas provavelmente verdadeiras.
- e) Hipótese é uma suposição proposta como uma solução possível para um problema, sendo necessário, para que seja aceita, seu teste por meio de coleta de dados, que podem apoiá-la ou não. Por exemplo, ao se investigar se a ausência de olhos numa espécie de peixe é ou não uma adaptação recente ao meio ambiente, pode-se partir da hipótese de que o peixe cego descende de outra espécie muito anterior, que já era cega. Investigação adicional poderia tornar essa hipótese aceita. Na busca de respostas para um problema, não faz sentido elaborar um experimento sem ter uma hipótese prévia que esteja sendo testada. Por sua vez, para elaborar hipóteses, os cientistas precisam usar teorias para orientá-los. Por exemplo, poderiam usar a teoria da evolução para orientá-los na criação da hipótese de que o ancestral do peixe cego já poderia ser cego.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (C1.T09.34.S): Por favor, leia a estória seguinte. Depois, assinale a alternativa que mais se aproxima de sua opinião.

“Uma criança de uma zona rural estava sofrendo de grande dor de ouvido. Por isso, sua mãe foi ao quintal da casa, coletou uma flor de abóbora e ferveu água com a flor dentro. Depois, pingou algumas gotas do caldo, que estava em torno de 50°C, no canal do ouvido da criança. O alívio da dor foi imediato. O remédio é muito eficiente”.

- a) O problema de pesquisa só é obtido com o uso de teorias que, conscientemente ou não, possuímos. Ele não é dado pela natureza. Por exemplo, se o pesquisador quiser pesquisar sobre o problema “a flor de abóbora é importante para o efeito analgésico?”, essa pergunta não foi dada pela natureza, mas construído a partir de teorias conhecidas pelo pesquisador, que permitem que ele perceba que há outros fatores, como a temperatura, que poderiam ser responsáveis pelo alívio da dor. Contudo, a observação e a experimentação devem ser neutras, ou seja, não devem ser influenciadas por idéias que o cientista já possui. Por exemplo, os resultados da aplicação do chá de flor de abóbora mostram que ele funciona. Qualquer pessoa pode ver isso, independentemente das teorias em que acredita. Quando se faz observações neutras da natureza, ela nos mostra a verdade, sem que precisemos teorizar. Deste modo, quando um cientista chega a uma conclusão, ela já está justificada, ou seja, já estão demonstradas as razões pelas quais devemos aceitar a conclusão que foi alcançada.
- b) A observação e a experimentação são influenciadas por idéias prévias. Por exemplo, uma pessoa acostumada desde a infância com o uso de remédios caseiros, conhecendo vários que realmente funcionam, estaria mais propensa a acreditar no chá de flor de abóbora do que uma pessoa que, desde criança, foi ensinada a duvidar de remédios caseiros. Em virtude desta influência de idéias prévias sobre a observação e experimentação, o conhecimento científico não tem origem a partir de dados que podemos observar por meio de nossos sentidos, nem resulta de generalizações a partir de dados entendidos sem o uso de teorias. Apesar de a ciência fazer generalizações, como a de que, se o chá funciona para um grupo estudado, ele deverá funcionar para outras pessoas não estudadas, generalizações não são a base sobre a qual é construído o conhecimento científico. O problema de pesquisa, por outro lado, pode ser dado pela natureza, sem que se precise recorrer a teorias para formulá-lo. Por exemplo, quando vemos hipopótamos ficarem completamente submersos por um tempo muito grande, imediatamente nos perguntamos como eles conseguem ficar tanto tempo submersos. Qualquer pessoa normal, mesmo sem qualquer conhecimento científico, perguntará isso, porque é um problema dado pela natureza.

- c) Um cientista deve ver os dados de observação de maneira neutra, sem usar teorias, já que elas tornam tendenciosa a observação. Por exemplo, os resultados do uso do chá de flor de abóbora deveriam ser visto sem preconceitos. Um cientista que vir os resultados com uma crença preconcebida de que remédios populares não funcionam deixará de examinar a questão com neutralidade, o mesmo ocorrendo com um pesquisador que já acredita no remédio sem tê-lo estudado mais a fundo. Assim, o cientista deve assumir uma posição de total neutralidade, quando então não terá nenhuma teoria preconcebida de qualquer espécie. Deste modo, estará em condições de coletar dados realmente científicos. Estes poderão mostrar ao cientista, por exemplo, que o remédio de fato funciona, mas que o efeito se deve à temperatura da água. Se o remédio funciona por causa da temperatura, os dados levarão a essa conclusão, sem que o cientista precise elaborar anteriormente qualquer hipótese a este respeito. Tudo o que o cientista deve fazer é generalizar aquilo que a natureza lhe mostra. Por exemplo, se a temperatura da água aliviar a dor em 100 pessoas estudadas, o cientista concluirá que a temperatura deverá aliviar a dor de muitas outras pessoas, que não fizeram parte do estudo. Assim, quando o cientista chegar a uma conclusão, ela já estará justificada, ou seja, já estarão demonstradas as razões pelas quais podemos confiar na conclusão. Afinal, a conclusão foi dada pela própria natureza.
- d) Qualquer dado coletado na natureza só pode ser entendido à luz de um referencial constituído por teorias. Isso mostra que não faz sentido a idéia de que o conhecimento científico é produzido por generalizações feitas a partir de dados puros, que poderiam ser entendidos sem que o cientista faça uso de teorias. Por exemplo, caso um cientista queira testar a hipótese de que o chá faz efeito devido à sua temperatura, poderá fazer um experimento no qual ofereça o chá a 50 °C a 100 pacientes e a 20 °C a outros 100. Se o chá funcionar quente, mas não frio, sua hipótese receberá apoio. Esse experimento reforça, inicialmente, a hipótese de que o efeito do chá nas pessoas testadas vem da temperatura, o que é um resultado importante, sem que se precise generalizar o resultado para outras pessoas. Depois dessa etapa, o pesquisador poderá fazer a generalização, se suas amostras foram representativas da população em geral. Assim, não é correto afirmar que “quando se chega a uma conclusão em ciência, essa conclusão está automaticamente justificada”, porque os dados não mostram por si mesmos a verdade sobre o mundo.
- e) O conhecimento produzido não é o resultado de generalização a partir de dados obtidos por procedimentos que dispensam o uso de teorias. Os dados só podem ser entendidos à luz de teorias. Por exemplo, só faz sentido falar em moscas mutantes quando se têm teorias sobre como são moscas consideradas normais, permitindo a comparação destas com as mutantes. Além disso, a formulação do próprio problema de pesquisa - na história, acima, “o efeito do remédio é devido à flor de abóbora?” - também é orientada por hipóteses ou teorias. Por exemplo, a pergunta pressupõe a possibilidade de haver outra causa para o efeito, que não a flor. Essa dependência que

o conhecimento científico tem de teorias sugere que nenhum conhecimento científico é digno de bastante confiança, uma vez que teorias sempre são falíveis.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

QUESTIONÁRIO “D1” DO CESC

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

Este questionário possui 9 questões de múltipla escolha. Cada pergunta contém 5 alternativas. Pede-se que o aluno, por gentileza, assinale apenas uma alternativa em cada questão, sempre a que MELHOR corresponda com sua visão. Após cada questão, pergunta-se o seu grau de concordância com a alternativa assinalada.

Questão (D1.T01.03.S): Leia o trecho abaixo:

“Certas tribos indígenas possuem muitos remédios que realmente funcionam. Quando investigados cientificamente, freqüentemente são identificados princípios ativos em tais remédios, que servem de base para o desenvolvimento de novos medicamentos. Os índios descobriram esses remédios por tentativa e erro, utilizando folhas escolhidas ao acaso para tratar os doentes. Quando os doentes melhoravam, as folhas eram utilizadas novamente para o mesmo tipo de doença, até que seu emprego se tornou consagrado, sendo transmitido de geração a geração”.

- a) Há diferença entre o conhecimento científico e o conhecimento indígena, porque a ciência se caracteriza pelo emprego do método científico para a comprovação de suas afirmações sobre o mundo e a obtenção de conhecimento por tentativa e erro pelas tribos indígenas não constitui um método. A ciência é, assim, uma forma de conhecimento superior ao conhecimento tradicional dos índios.
- b) Há diferença entre o conhecimento científico e o conhecimento indígena porque, apesar de ambos serem conhecimentos empíricos, isto é, testados com base em dados coletados na natureza, a ciência busca sistematizar o conhecimento que obtém na forma de teorias e modelos, enquanto as tribos indígenas não o fazem. Isso não quer dizer, contudo, que a ciência seja uma forma de conhecimento superior ao conhecimento tradicional dos índios.
- c) Não há diferença entre conhecimento científico e conhecimento indígena porque ambos são empíricos, isto é, suas concepções são testadas com base em dados obtidos na natureza. É claro que é possível encontrar algumas diferenças entre estas formas de conhecimento, mas elas são menos importantes do que a semelhança encontrada na natureza empírica de seus métodos.

- d) Não há diferença entre conhecimento científico e conhecimento indígena porque ambos são empíricos, isto é, suas concepções são testadas com base em dados obtidos na natureza. Assim como a ciência sistematiza seu conhecimento na forma de teorias e modelos, o conhecimento tradicional dos índios também apresenta teorias e modelos. Eles apenas têm um conteúdo diferente daquele encontrado nas teorias e nos modelos científicos.
- e) Apesar de o conhecimento científico e o conhecimento indígena serem, ambos, conhecimentos empíricos, isto é, testados por meio da coleta de dados disponíveis na natureza, a sistematização do conhecimento científico na forma de teorias e modelos o torna diferente do conhecimento das tribos indígenas. Isso mostra que a ciência é uma forma de conhecimento superior ao conhecimento tradicional dos índios.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T02.08.D): Você encontrará abaixo uma série de afirmações alternativas sobre o trabalho científico. Qual destas alternativas é mais próxima de sua visão?

- a) Para serem bem elaborados, os experimentos devem controlar todas as variáveis que atuam em um sistema. Como isso raramente ocorre, experimentos têm pouca utilidade no aprimoramento de nossas teorias. A ciência deve progredir, então, por meio da observação de fenômenos sem qualquer manipulação, em condições idênticas àquelas nas quais os fenômenos ocorrem na natureza.
- b) Um procedimento só é experimental se uma ou mais variáveis que poderiam interferir com o fenômeno estudado forem controladas. Visto que nem todas as variáveis podem ser controladas, pode-se concluir que o conhecimento obtido por meio de experimentos é falível. Mesmo assim, os experimentos contribuem para o aprimoramento das teorias científicas.
- c) O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos, pois eles são o único meio totalmente confiável de testar este conhecimento. Experimentos são procedimentos que controlam uma ou mais variáveis consideradas relevantes para o fenômeno em questão.
- d) A coleta e a interpretação dos dados experimentais dependem de teorias que, muitas vezes, são altamente sofisticadas. Essa é a razão pela qual nem todo conhecimento científico pode ser testado experimentalmente. Um experimento sempre incluirá algum controle sobre variáveis que poderiam interferir com o fenômeno sob investigação.
- e) Experimentos são importantes instrumentos para a melhoria das teorias científicas. A elaboração dos experimentos exige que o cientista utilize teorias, o que contribui para que qualquer experimento seja falível. Não há progresso teórico na ciência sem o uso de experimentos.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T03.09.S): Por favor, leia o trecho fictício abaixo. Depois, escolha a alternativa que mais se aproxima de sua visão.

“Um cientista jogava sinuca com os amigos, mas estava com a mente voltada para o problema de explicar o fenômeno da pressão dos gases. De repente, deu-se conta de que o fenômeno da pressão dos gases poderia ocorrer de maneira semelhante à pressão exercida pelas bolas de sinuca nos cantos da mesa. Imaginou então que os gases são constituídos de muitas esferas microscópicas que se movem no recipiente, batendo nas paredes e causando a pressão do gás”.

- a) A mesa com as bolas de sinuca é um modelo criado pelo cientista para entender o fenômeno real da pressão dos gases. Contudo, como modelos não correspondem à realidade, é preferível evitar utilizá-los nas investigações científicas.
- b) As esferas microscópicas são um modelo criado pelo cientista para explicar o fenômeno natural sobre o qual estava pensando. O modelo de esferas microscópicas que ele concebeu não deve ser entendido como uma réplica ou reprodução da realidade. Entretanto, podemos dizer que o modelo do cientista tem alguma relação com a realidade.
- c) As esferas microscópicas foram utilizadas como um modelo que representa partículas microscópicas que formam os gases. As esferas microscópicas do modelo apresentam alguma similaridade física ou material com aquilo que é modelado por elas. De fato, uma característica de todos os modelos científicos é a presença de alguma similaridade física ou material com o que é modelado.
- d) O fenômeno natural do qual o cientista se ocupava, a pressão dos gases, pode ser explicado pelo modelo das esferas microscópicas. Esse tipo de modelo não deve ser visto como uma reprodução da realidade. Tampouco a fórmula da pressão dos gases obtida a partir do modelo de esferas microscópicas é uma reprodução da realidade, visto que a fórmula é um modelo matemático. Esse distanciamento da realidade é a grande limitação dos modelos matemáticos, que dificulta sua utilização prática.
- e) Modelos não são meras criações humanas, mas sim cópias da realidade. Assim, o cientista não criou modelo algum, visto que as partículas que constituem um gás não são pequenas esferas. Os verdadeiros modelos científicos não são somente tentativas de representar a realidade, que podem não ser como esta última, mas são certezas, conhecimento já comprovado e estabelecido.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T04.14.D): A palavra “teoria” tem muitos significados diferentes na linguagem do dia a dia. Isso resulta do fato de que muitas idéias diferentes são relacionadas à palavra “teoria” no uso popular. Porém, a expressão “teoria científica” tem um sentido mais restrito. Qual das alternativas abaixo exprime melhor esse sentido, em sua visão?

- a) Teoria científica é uma explicação pouco comprovada sobre um acontecimento natural. Quando comprovada por grande quantidade de evidências, a teoria passa a chamar-se lei. De qualquer forma, nem mesmo as leis científicas podem ser consideradas definitivamente provadas.
- b) Uma teoria científica consiste em um conhecimento sistemático e organizado que tem como objetivo explicar fenômenos naturais. Teorias científicas não diferem de leis pelo grau de certeza que temos a seu respeito. Visto que teorias abordam acontecimentos mais restritos do que as leis, teorias não se transformam em leis.
- c) As teorias científicas são idéias pouco provadas sobre algum aspecto do mundo. Quando as teorias são comprovadas por muitas evidências, tornam-se leis. Uma lei é uma idéia definitivamente comprovada.
- d) Por teoria científica, deve-se entender uma explicação provisória e sistemática para um fenômeno natural. Apesar de provisórias, teorias melhoram significativamente nossa compreensão da natureza. Quando altamente elaboradas e apoiadas por experimentos, passam a ser chamadas de leis.
- e) Uma teoria científica é uma explicação sistemática, mas provisória de certos fenômenos naturais. De fato, teorias científicas são sempre criações humanas sujeitas a erros. Não se deve concluir, a partir disso, que a diferença entre leis e teorias esteja no grau de certeza que temos a respeito de uma ou de outra.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T05.18.S): Leia, por favor, o seguinte trecho:

“Freqüentemente, os valores morais de uma parte da sociedade têm levado governos a intervirem na pesquisa científica. Um exemplo disso é a pesquisa com células-tronco embrionárias, proibida em vários países. Mesmo assim, há cientistas dispostos a levar adiante as pesquisas em alguma parte do mundo, onde recebam apoio financeiro”.

Sobre isso, queira assinalar a alternativa que melhor se aproxima de sua maneira de pensar.

- a) Além de ser influenciado pelo meio social no caso de questões polêmicas, como o uso de células-tronco embrionárias na pesquisa, o conhecimento científico sofre influência do meio social em que é produzido também de uma maneira mais geral. Afinal, o conhecimento não é o produto do trabalho de cientistas totalmente isolados e independentes, mas de um grupo social, a comunidade científica, que é parte, por sua vez, de uma sociedade mais ampla. Apesar de a influência da sociedade atingir os próprios métodos da ciência, esses métodos são maneiras bastante eficientes para tratar de problemas científicos.
- b) A ciência geralmente não é influenciada por fatores sociais, porque se uma tecnologia for humanamente possível de ser desenvolvida, ela o será. Sempre há cientistas individuais dispostos a seguir com suas pesquisas, mesmo de maneira independente dos demais cientistas e da sociedade ao seu redor. Assim, a ciência é uma atividade que está acima de limitações advindas de normas éticas impostas pela sociedade, o que é positivo, uma vez que a ciência termina por produzir resultados que são benéficos para os seres humanos.
- c) A ciência nem sempre é influenciada por fatores sociais, porque as pesquisas acabam sendo realizadas por cientistas individuais, a despeito de proibições locais, como pode ser visto no caso da pesquisa com células-tronco embrionárias. Sempre há cientistas geniais dispostos a continuar pesquisando, mesmo sozinhos, de maneira completamente independente do mundo ao seu redor, o que é fundamental para o progresso da ciência. Mesmo havendo alguma influência social, há afirmações científicas objetivas, ou seja, afirmações cuja verdade ou falsidade podem ser determinadas por algum método aceito. Por exemplo, a afirmação “o sangue humano contém células” pode ser examinada por qualquer pessoa com o auxílio de um microscópio.
- d) A ciência só é influenciada pela sociedade no caso de questões polêmicas, como o uso de células-tronco embrionárias. Em geral, ela se mantém independente das influências sociais, o que a torna livre para avançar de acordo com o interesse dos cientistas, favorecendo o progresso da ciência. Em casos como o do uso de células-tronco, os cientistas precisam tomar decisões sobre questões éticas, porque não estão acima do bem e do mal. Mas, apesar da influência do meio social em tais

questões polêmicas, há afirmações científicas que são objetivas, já que podemos imaginar um método público para determinar se tais afirmações são verdadeiras ou não. Por exemplo, qualquer pessoa que disponha de equipamentos e conhecimento suficientes pode verificar se os metais se dilatam ou não com o aumento da temperatura.

- e) Os cientistas precisam tomar decisões em questões éticas, como ocorre quando vão testar o efeito de um remédio em humanos. Por exemplo, há procedimentos que aceitarão fazer em animais de laboratório, mas não em humanos. Contudo, esses desafios não impedem o progresso das ciências, que possuem métodos e técnicas eficazes para dar soluções a problemas científicos. Esse progresso pode ser visto no fato de que ela apresenta afirmações, como, por exemplo, a de que “a Terra possui um volume maior do que o da Lua”, que não são subjetivas, já que outras pessoas, dispondo dos equipamentos e conhecimentos relevantes, concordarão com as afirmações, que se tornam, então, irrefutáveis.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T06.22.D): Qual das alternativas abaixo mais se aproxima de sua visão?

- a) Nós não devemos considerar o conhecimento científico como verdade absoluta. O conhecimento científico é tentativo, ou seja, faz tentativas falíveis de solucionar problemas. Porém, há afirmações científicas que têm uma natureza mais tentativa do que outras. Por exemplo, a afirmação “a glicose é uma importante fonte de energia para as células musculares humanas” é mais estável, mais digna de confiança do que a afirmação “a glicerina provoca câncer”. Em todo caso, porém, a única maneira de percebermos se uma afirmação é mais confiável que outra é comparando a afirmação com os resultados de experimentos ou de observações.
- b) O conhecimento científico é digno de confiança. Mas essa confiança varia bastante com o tipo de afirmação científica em questão. Por exemplo, podemos depositar grande confiança na afirmação “o pulmão humano realiza trocas gasosas entre a atmosfera e o corpo humano”, mas uma confiança menor na afirmação “a vitamina C combate o envelhecimento”. Esse grau de confiança depende bastante dos métodos que são utilizados. Por exemplo, os métodos utilizados pelos cientistas poderão incluir comparações entre as afirmações da ciência e os dados obtidos através de observação e experimentos. Essas comparações podem nos dar indícios sobre a confiabilidade do conhecimento em questão. O uso de métodos eficazes é o que torna o conhecimento científico superior a outras formas de conhecimento. Mas, não importando a confiança que depositemos nele, o conhecimento científico não deve ser confundido com a realidade.
- c) Grande parte do conhecimento científico pode ser considerada verdade absoluta. Para isso, o conhecimento em questão deve ter origem nos dados dos sentidos, sem a interferência de teorias. Atualmente, o uso de equipamentos de alta tecnologia, como microscópios eletrônicos, nos permite obter dados minuciosos sobre a natureza, dispensando cada vez mais o uso de teorias. Por exemplo, é possível, com o microscópio eletrônico, ver a membrana celular, de modo que não se torna necessário elaborar teorias a seu respeito. Assim, a ciência não é tentativa, ou seja, o conhecimento científico não é meramente uma tentativa de entender o mundo, exceto em ciências muito novas ou pouco avançadas. Por exemplo, a genética mendeliana mapeava tentativamente os genes de *Drosophila* usando as taxas de recombinação entre genes. Já a genética molecular elucidou a seqüência exata dos genes, que não pode ser posta em dúvida.
- d) Nós podemos confiar no conhecimento científico, mas esse grau de confiança depende do conhecimento em questão. Por exemplo, pode-se ter maior confiança na afirmação “os comportamentos que os cães exibem dependem do funcionamento de seus cérebros” do que na afirmação “os cães não possuem autoconsciência”. Há dois tipos de teste a que podemos submeter o conhecimento científico e que permitem avaliar esse grau de confiança. O primeiro teste consiste na comparação das afirmações científicas com os dados obtidos por meio de observação e

experimentação. Por exemplo, podemos testar se o comportamento dos cães depende do funcionamento de seus cérebros coletando dados que correlacionem determinadas alterações de comportamento em cães acidentados com lesões em regiões específicas do cérebro. Este não é, contudo, o único teste ao qual o conhecimento científico pode ser submetido. Outro teste muito importante consiste na comparação entre uma afirmação e outras afirmações que fazem parte de teorias científicas aceitas. Por exemplo, podemos comparar a afirmação de que o comportamento dos cães depende de seus cérebros com uma série de afirmações que são parte das teorias neurocientíficas atuais, como, por exemplo, aquelas que relacionam áreas específicas do cérebro a comportamentos específicos.

- e) O conhecimento científico não corresponde exatamente ao que se encontra no mundo real. Por exemplo, as reconstituições feitas de eras geológicas anteriores dificilmente representam todas as espécies que existiam naquele tempo. Entretanto, há algumas afirmações científicas bastante restritas que, de fato, podem ser consideradas verdades absolutas, já que não se baseiam em qualquer teoria, mas sim em fatos de observação extremamente confirmados. Um exemplo é a afirmação “o *Tyrannosaurus rex* viveu na Terra”.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T07.28.S): Por favor, leia o seguinte trecho hipotético. Depois, escolha a alternativa que mais se aproxima de sua visão.

"Uma pesquisadora, fascinada por passarinhos, notou que dois passarinhos de cores muito diferentes tinham hábitos semelhantes. Levantou, então, a hipótese de que os passarinhos de cores diferentes eram variedades de uma mesma espécie. Para descobrir se estava certo, observou cuidadosamente os indivíduos por dois meses. Verificou que havia acasalamentos entre eles. Concluiu, então, que os dois passarinhos eram realmente variedades da mesma espécie".

- a) A pesquisadora não usou qualquer método científico, porque não testou sua idéia. Ela criou uma hipótese em sua investigação, enquanto a pesquisa corretamente realizada segundo o Método Científico dispensaria o uso da criatividade e imaginação, porque os dados produzidos através de seu emprego levariam naturalmente às respostas corretas. Um cientista deve usar somente o Método Científico, evitando o uso de qualquer outro método, não importa em qual ciência ele trabalhe.
- b) Não há um Método único para responder a perguntas científicas. Se um pesquisador quiser saber se dois passarinhos de cores diferentes pertencem à mesma espécie, deverá procurar um método, entre os vários que são considerados aceitáveis pela comunidade científica, que permita responder bem a este problema de pesquisa. Mas, para o trabalho ser científico, ele não deverá usar métodos que pertençam a outras formas de conhecimento, mas não à ciência. Um exemplo de método que não deve ser empregado em um estudo científico é o de usar a intuição como o único meio para justificar a aceitação da verdade de um conhecimento sobre determinado assunto.
- c) A pesquisadora dispõe de uma diversidade de métodos científicos à sua escolha para tratar de seu problema de pesquisa. Dispõe, também, de muitos métodos típicos de outras formas de conhecimento, que são aplicados com sucesso em algumas pesquisas, como é o caso do uso da intuição para justificar a aceitação da verdade de uma afirmação. Apesar disso, ela deve dar preferência a um método geral, chamado de Método Científico, que pode ser aplicado com sucesso em todos os tipos de pesquisa científica, apresentando uma série de passos pré-fixados, que a pesquisadora deve seguir sem alteração.
- d) Há uma diversidade de métodos científicos disponíveis para que os pesquisadores os utilizem. Essa diversidade é a principal causa de que os pesquisadores precisem usar sua criatividade e imaginação. Porém, essa diversidade não é tão ampla a ponto de incluir qualquer método. Há métodos que não são aceitáveis em ciência, como o uso da intuição para justificar a aceitação da verdade de uma afirmação.

- e) Ao pesquisar os passarinhos, a pesquisadora não está presa a um Método Científico único, com passos já fixados. Há vários métodos científicos que ela poderia adaptar para tratar de seu problema de pesquisa. Além disso, ela poderia se valer de qualquer método usado em outras formas de conhecimento, utilizando, por exemplo, sua intuição para justificar a aceitação de novas idéias sobre as relações de parentesco entre os passarinhos. Estes métodos podem ser usados pelos cientistas em certos casos, principalmente quando os métodos da ciência não se mostram muito adequados.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T08.32.D): Por favor, escolha a alternativa abaixo que é mais próxima de sua opinião.

- a) Hipóteses são suposições apresentadas como tentativas de resposta a problemas. Por exemplo, a hipótese de que “os dinossauros foram extintos por uma colisão com um meteoro” é uma tentativa de dar resposta ao problema: “como os dinossauros se extinguiram?” Não faz sentido fazer experimentos sem ter uma hipótese a testar. Ela nos fornece um guia para a solução do problema. A dependência que o conhecimento científico tem de hipóteses não introduz maiores exigências de rigor na análise dos resultados obtidos na pesquisa, já que os resultados de experimentos acabam comprovando ou refutando definitivamente as hipóteses.
- b) Hipóteses são tentativas de resposta para um problema proposto. Elas são muito importantes em ciência, em parte porque orientam a coleta de dados. Não faz sentido produzir experimentos sem ter uma hipótese a testar. No entanto, a fraqueza das hipóteses em geral é que elas sempre estão relacionadas com outros conhecimentos. Por exemplo, a hipótese de que “a causa da extinção dos dinossauros foi a grande quantidade de erupções vulcânicas durante a separação dos continentes há 65 milhões de anos” é baseada na teoria da tectônica de placas, segundo a qual há placas continentais que se deslocam, impulsionadas pela enorme usina térmica do interior do planeta. Esta dependência de um outro conhecimento enfraquece um pouco a hipótese sobre a causa da extinção dos dinossauros.
- c) Uma hipótese é uma suposição apresentada como uma possível solução para algum problema. Elas estão sempre relacionadas com algum conhecimento anterior. Isso em si não é uma deficiência, porque a força de uma hipótese está, em parte, na capacidade de interligar logicamente conhecimentos diferentes. Por exemplo, a hipótese de que “os continentes se movem” interligou uma série de conhecimentos enigmáticos, como a presença de camadas com os mesmos minérios de rochas e fósseis na África e no Brasil. Além disso, hipóteses são necessárias para se formular testes capazes de responder a perguntas. Por exemplo, a hipótese de que “os continentes se movem” pode orientar a busca de dados capazes de apoiá-la ou refutá-la.
- d) Em ciência, hipóteses podem ser utilizadas como tentativas de resposta a um problema. Por exemplo, diante do problema “por que os moluscos desta praia quase desapareceram?”, pode-se propor uma hipótese de que “há uma fonte recente de poluição química no local”. Hipóteses são artificios humanos cada vez mais dispensáveis na ciência. Até mesmo seu uso como guia na elaboração de experimentos ou práticas de laboratório está sendo bastante diminuído com o aparecimento de kits prontos de laboratório.
- e) Hipótese científica é uma suposição que a natureza nos dá ou indica, de modo que é provavelmente verdadeira. Por exemplo, se observarmos um peixe andando na areia, a natureza está nos dizendo que o animal tem respiração pulmonar. Uma hipótese pode ser bem inovadora, a

ponto de em nada se relacionar a conhecimentos anteriores. Um exemplo disso é a hipótese de que os continentes se movem, algo que não se relacionava com os conhecimentos da época e parecia inacreditável para os geofísicos. Assim, são os dados que orientam a elaboração de hipóteses; não são as hipóteses que orientam os pesquisadores na busca de dados.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

Questão (D1.T09.35.S): Por favor, leia a história fictícia que segue. Depois, assinale a alternativa que é mais próxima de sua opinião.

“Num certo ano, um grande número de pessoas começou a aparecer com uma nova doença, chamada SIHE, com sintomas e sinais até então desconhecidos. Após estudar as similaridades do histórico de 60 pacientes, cientistas perceberam que todos os pacientes haviam visitado florestas tropicais durante a noite, alguns dias antes de começarem a apresentar os sintomas. Os pesquisadores passaram a suspeitar de que havia algum microorganismo causador da doença que era transmitido pela picada de insetos. Assim, passaram a procurar tanto o vírus quanto os insetos transmissores. Anos depois, os cientistas, examinando o sangue dos pacientes, isolaram um vírus até então desconhecido, bastante diferente de qualquer outro, e que estava presente em todos os pacientes, mas ausente em pessoas que não possuíam a doença. O transmissor do vírus era um mosquito minúsculo que, até onde se sabia, não picava humanos”.

- a) Os cientistas fazem generalizações de seus dados, mas essas generalizações não são a base sobre a qual é construído o conhecimento científico. Por exemplo, os cientistas poderiam generalizar que, se nas 60 pessoas estudadas, a transmissão do vírus ocorreu pela mesma espécie de mosquito, então, em outras pessoas que tenham contraído a doença, a transmissão será também por meio desse mosquito. Essa hipótese pode ser então testada, sendo apoiada ou refutada. Além disso, os dados usados para se fazer a generalização pressupõem teorias, de modo que não podem ser considerados puros. Somente dados muito simples e óbvios podem ser considerados puros, e ainda assim, somente se forem considerados isoladamente, fora de um contexto que torne a situação mais complexa. Por exemplo, a pergunta “os cães têm olhos?” pode ser respondida por qualquer pessoa, bastando observar cães. Mas, se a pergunta for “como os cães conseguem enxergar nitidamente tanto objetos que estão a 10 cm deles, quanto objetos que estão a 100 metros?”, deveremos colocar o olho dentro do contexto da fisiologia da visão, de acordo com a qual o olho possui lentes, câmara escura etc, pressupondo teorias da óptica. Nesse caso, os dados sobre o olho não mais são puros, já que pressupõem teorias. Tampouco os problemas de pesquisa são “dados” pela natureza. Antes, precisam ser formulados com cuidado.
- b) O problema de pesquisa não é “dado” pela natureza, ou seja, não pode ser formulado sem o uso de teorias. Por exemplo, o problema “o vírus é transmitido por um inseto?” pressupõe a possibilidade de que insetos possam transmitir vírus durante a picada, algo que os pesquisadores sabem por conta das teorias que conhecem. Além disso, não importa o quanto os cientistas tenham cuidado ao realizar suas observações, eles ainda precisarão decidir qual a melhor explicação e interpretação para os fenômenos que observam. Por exemplo, a observação de que há um vírus presente apenas

nas pessoas doentes não implica que o vírus seja a única causa da doença. Poderia ser verificado, no futuro, que somente pessoas mutantes para um certo gene, ou com alguma deficiência imunológica, são infectadas. Por depender de teorias, o conhecimento científico é digno de menor confiança do que geralmente se pensa. De fato, já que os cientistas precisam interpretar seus dados, é um engano afirmar que “quando os cientistas chegam a uma conclusão, ela está automaticamente justificada”. Afinal, a natureza não se revela por si mesma através dos dados, e então os cientistas precisam justificar suas conclusões.

- c) O conhecimento científico se desenvolve a partir de generalizações a partir de dados puros, ou seja, que não são contaminados por teorias. Por exemplo, se o estudo de 60 pessoas com SIHE mostrar que todas estão infectadas por um certo vírus, e que pessoas sem a doença não possuem o vírus, pode-se concluir prontamente que o vírus é o causador da doença e que outras pessoas, se infectadas pelo vírus, terão a mesma doença. Essa conclusão é a dada pela própria natureza, pelos dados que ela nos apresenta quando a observamos, sem que seja necessário recorrer a teorias. Assim, quando o cientista faz uma generalização, ele está simplesmente se deixando guiar pela natureza. Com isso, quando um cientista chega a uma generalização, ela já está justificada, ou seja, já está mostrada a razão pela qual podemos aceitar a conclusão; afinal, a conclusão é dada pela natureza.
- d) Observações e experimentações são influenciadas por conhecimentos anteriores do pesquisador. Por exemplo, o conhecimento anterior dos cientistas sobre a possibilidade de mosquitos transmitirem microorganismos causadores de doenças influenciou a investigação descrita acima. Assim, dados observados não são “puros”, mas são influenciados pelas teorias nas quais os cientistas acreditam. Deste modo, o conhecimento científico não surge por meio de generalização a partir de “dados puros”, que não são contaminados por teorias, apesar de os cientistas fazerem generalizações em algumas situações. Por exemplo, eles podem generalizar que, se o vírus esteve presente nos pacientes com SIHE estudados até uma certa época, estará também presente nos demais. Mas, já que não há “dados puros”, não se pode afirmar que “quando um cientista chega a um resultado, ele já está automaticamente justificado”, porque a natureza não “fala por si mesma” através dos dados.
- e) Quando um cientista precisa elaborar um problema de pesquisa, ele não pode simplesmente deixar que natureza fale por si só e lhe informe o problema a ser pesquisado. Por exemplo, ao escolher responder à pergunta “a SIHE é causada por um vírus?”, o cientista teve que estudar o problema em questão para saber qual pergunta era importante investigar. Ele teve de recorrer a teorias para isso. Por outro lado, quando um cientista parte para resolver o problema com observações e experimentações, deve evitar as teorias. Por exemplo, quando os cientistas estão em dúvida sobre qual dentre duas explicações é a verdadeira, eles não usam teorias para escolher a explicação que deverão adotar. Ao invés disso, fazem experimentos ou observações e deixam que a natureza fale

por si mesma, mostrando qual das duas explicações é mais adequada. Por exemplo, se o cientista estiver em dúvida sobre se a doença acima é causada por um vírus ou por uma bactéria, fará observações do sangue de pessoas doentes ou experimentos com antibióticos, e deixará que a natureza fale por si mesma. Por isso, quando o cientista chega a uma conclusão como a de que “a SIHE é causada por um vírus”, essa conclusão já está justificada, ou seja, já estão demonstradas as razões pelas quais devemos aceitá-la.

Queira dar uma nota de 0 a 10 para o grau em que a alternativa que você escolheu acima de fato corresponde ao seu modo de pensar (A nota zero significa nenhuma correspondência: você escolheu a alternativa simplesmente porque tinha que escolher uma. A nota 10 significa plena correspondência).

Nota:

ANEXO 2: QUESTIONÁRIO SOBRE DADOS PESSOAIS

Queira, por gentileza, responder às perguntas a seguir. Elas fornecerão os dados que permitirão a realização dos cálculos estatísticos da pesquisa, e por isso são fundamentais para a mesma. Todos os dados fornecidos abaixo serão mantidos em total sigilo.

Nome: _____

Sexo: Masculino Feminino

Qual a carga horária já cursada? (seu histórico informa) _____

Foi bolsista de Iniciação Científica? _____ Caso seja ou tenha sido, em que ano e semestre? _____

Já cursou a disciplina Evolução do Pensamento Científico? _____ Caso já tenha cursado, em que ano e semestre? _____

Você possui uma religião? Sim Não

ANEXO 3. OS BLOCOS DE CONSTRUÇÃO DOS TEMAS DO QUESTIONÁRIO

Na seqüência, são apresentados os conteúdos ou “blocos de construção” que fizeram parte da montagem das questões do questionário CESC. Os Temas Epistemológicos são os mesmo apresentados na Tabela 2. Cada pergunta e alternativa deve envolver três conceitos básicos. Em vários dos conteúdos, apresentamos algumas informações que têm por objetivo especificar com maior clareza as idéias desse conteúdo que são abordadas no questionário. Em muitos casos, as informações do conteúdo apresentam trechos em negrito. Nesses casos, deve-se entender que esses trechos são centrais no conteúdo.

TEMA 1: DIFERENÇAS ENTRE CIÊNCIA/NÃO-CIÊNCIA.

Conteúdo 1: Compreender que há demarcação entre ciência e não-ciência ainda que essa demarcação não seja nítida (GOOD 2001 p. 182).

Conteúdo 2: Não afirmar que somente há método no conhecimento científico (FEYERABEND, 1989).

Conteúdo 3: Não diferenciar ciência de não-ciência com base em comprovação no sentido de certeza absoluta (Ibidem).

Conteúdo 4: Compreender que a ciência se diferencia de outras formas de conhecimento, como o conhecimento do senso comum, com base em sua natureza ao mesmo tempo empírica e comprometida com uma explicação sistemática do mundo (NAGEL, 1961, p. 1-14).

TEMA EPISTEMOLÓGICO 2: EXPERIMENTO E EXPERIMENTALISMO.

Conteúdo 1: Compreender que nem todo conhecimento científico requer experimentos (MCCOMAS, 1998, p. 64; BLACKBURN, 1994, p. 135).

Conteúdo 2: Compreender o sentido epistemológico de experimento: experimento é “uma manipulação controlada de acontecimentos, projetada para produzir observações que confirmem ou invalidem uma ou mais teorias ou hipóteses rivais” (BLACKBURN, 1994, p. 134).

Conteúdo 3: Compreender que o conhecimento experimental é falível, pois:

- a) Sua elaboração requer teorias, que são, elas próprias, falíveis (CHALMERS, 1981, p. 58-60);
- b) Nem todas as variáveis podem ser controladas e/ou testadas em um experimento.

- c) A percepção e interpretação dos dados experimentais exigem teorias, que são falíveis, e são influenciadas pelas expectativas do sujeito (Ibidem) (O conteúdo 3 é considerado sobre 3 pontos de vista, sem necessariamente mencionar todos eles em uma mesma alternativa).

Conteúdo 4: Compreender que, apesar de falíveis, os experimentos promovem o avanço da ciência, auxiliando os cientistas a propor teorias mais adequadas, bem como a testar suas teorias.

TEMA EPISTEMOLÓGICO 3: NATUREZA DOS MODELOS CIENTÍFICOS.

Conteúdo 1. Compreender a natureza geral dos **modelos experimentais**: referem-se a modelos que poderiam ser construídos e usados em laboratório (BARBOUR, 1976).

Conteúdo 2. Compreender a natureza geral dos **modelos matemáticos**: são representações simbólicas de variáveis quantitativas em sistemas físicos ou sociais (Ibidem).

Conteúdo 3. Compreender a natureza geral dos **modelos teóricos**: um modelo teórico é usualmente um mecanismo ou processo imaginado, que é postulado por analogia com mecanismos ou processos familiares. Modelos teóricos diferem dos modelos matemáticos em sua intenção de representar a estrutura subjacente do mundo (Ibidem).

Conteúdo 4. Compreender especificamente que os modelos teóricos não são o mesmo que a realidade, nem meros instrumentos mentais que não são nem verdadeiros nem falsos (BARBOUR 1976, p. 5, par. 4). São tentativas de representar simbolicamente aspectos do mundo (Ibidem).

Conteúdo 5. Os cientistas têm **intenções realistas** em seu uso de modelos teóricos (e de outros, como o modelo em metal da dupla hélice, construído por Watson e Crick, que pode ser classificado como *modelo físico* [ACHINSTEIN, 1968; GIENE, 1988]). Não é o caso, porém, de que se deva tomar um *modelo teórico* de modo totalmente literal (BARBOUR, 1976).

TEMA EPISTEMOLÓGICO 4: DIFERENÇAS ENTRE LEIS E TEORIAS.

Conteúdo 1: Teorias científicas correspondem a sistematizações do conhecimento que se tem de um aspecto particular do mundo da experiência, visando explicá-lo (BRAITHWAITE, 1953; GIENE, 1988).

Conteúdo 2: Leis científicas são expressões verbais ou matemáticas acerca de regularidades não-acidentais observadas na natureza (NAGEL, 1961, p. 51).

Conteúdo 3: O que diferencia leis e teorias não é o grau de certeza (MCCOMAS, 1998, p. 54).

Conteúdo 4: Não se pode estar absolutamente certo sobre a verdade nem de leis nem de teorias. São criações humanas conjecturais que se aplicam ao mundo da experiência (CHALMERS, 1981, p. 205-216).

Conteúdo 5: Teorias não evoluem para leis com o aumento de evidências disponíveis (MCCOMAS, 1998, p. 54).

TEMA EPISTEMOLÓGICO 5: INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIAIS E CULTURAIS SOBRE A CIÊNCIA.

Conteúdo 1: Compreender o caráter social do desenvolvimento científico (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 133, 137). Esse caráter social é evidenciado pelo fato de o mesmo partir de um paradigma vigente, para usar uma noção kuhniana. Qualquer paradigma é construído por uma comunidade de investigadores. Ademais, cada vez mais a investigação responde a questões colocadas pelas instituições, nas quais o trabalho de cada cientista é influenciado pela comunidade de investigadores à qual ele pertence e pelas linhas de investigação estabelecidas em seu meio histórico, social, cultural e político.

Conteúdo 2: Cientistas não estão acima do bem e do mal, nem livres da necessidade de fazer opções. A prática científica, portanto, não é neutra (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 133).

Conteúdo 3: O fato de a ciência ser influenciada pela sociedade não implica um relativismo extremo, que não pode explicar os enormes êxitos do desenvolvimento científico-tecnológico (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 131). Ainda que os métodos da ciência não garantam que se chegue à verdade, representam uma forma eficaz de resolver problemas científicos, como indicam as estruturas teóricas altamente elaboradas e de grande poder preditivo já existentes (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 137, 138).

Conteúdo 4: A ciência não é uma atividade de gênios solitários e isolados do mundo. Não faz sentido a idéia de investigação completamente autônoma (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 137).

Conteúdo 5: Os conhecimentos científicos podem variar em seu estatuto de objetividade (SEARLE, 1998; LAFAVE, 2003). John Searle propôs a seguinte distinção entre dois tipos de objetividade:

3. Objetividade metafísica;
4. Objetividade epistemológica.

Deveríamos, ainda segundo ele, distinguir entre dois tipos de subjetividade:

3. Subjetividade metafísica;
4. Subjetividade epistemológica.

TEMA EPISTEMOLÓGICO 6: ESTATUTO DE VERDADE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Conteúdo 1: **O conhecimento científico não é verdade absoluta (MCCOMAS, 1998, p. 59-60). Não podemos chegar a verdades definitivas e nossas teorias devem ser contestáveis.**

Conteúdo 2: **O conhecimento científico, a rigor, é tentativo, de natureza conjectural. Gil Pérez et. al., 2001, p. 130). Porém, é merecedor de um certo grau de confiança. O grau de confiança merecido pode variar bastante, a depender do conhecimento em questão (ELBY, 2001).**

Conteúdo 3: Não há uma correspondência *estrita* entre conhecimento e realidade. **Não temos acesso aos fatos independentemente de nossas afirmações e crenças (CHALMERS, 1981, p. 46-62).**

Conteúdo 4: **Os dados coletados por meio de nossos sentidos, não importa se utilizamos ou não equipamentos para obtê-los, como telescópios, microscópios etc., não trazem certeza sobre o mundo observado, uma vez que a percepção e interpretação dependem de teorias, e os dados somente fazem sentido quando expressos por meio de proposições de observação, que também dependem de teorias (Ibidem).**

Conteúdo 5: **Um dos testes a que se pode submeter o conhecimento científico é o teste para consistência empírica, no qual proposições científicas empiricamente testáveis (pelo menos, em princípio) são sujeitas a testes com base nos fenômenos naturais. Este teste pode ou não apoiar o conhecimento em questão.**

Conteúdo 6: **Um dos testes a que se pode submeter o conhecimento científico é o teste para consistência teórica, que é feito com base na compatibilidade de uma dada afirmação científica com outras afirmações ou explicações científicas acerca dos fenômenos naturais. Este teste pode ou não apoiar o conhecimento em questão.**

TEMA EPISTEMOLÓGICO 7: VISÃO RÍGIDA DO MÉTODO CIENTÍFICO.

Conteúdo 1: Os procedimentos empregados na investigação científica não correspondem a um conjunto único de etapas a seguir mecanicamente. Não há um “Método Científico” (com letras maiúsculas), como um conjunto de regras perfeitamente definidas que podem ser aplicadas de uma forma mecânica e independentemente do domínio investigado. Não há um conjunto de receitas exaustivas e infalíveis para a prática da ciência (GIL PÉREZ et. al., 2001, p. 136).

Conteúdo 2: Há métodos, uma diversidade deles, que são empregados na atividade científica. A história da construção do conhecimento do conhecimento científico revela um pluralismo metodológico (Ibidem).

Conteúdo 3: O trabalho científico exige criatividade e imaginação em todas as suas etapas (Ibidem, p. 130; BLACKBURN, 1994, p. 197). (imaginação é aqui entendida como “a *habilidade* de criar e ensaiar situações possíveis, de combinar conhecimentos de forma pouco comum ou de inventar experiências mentais” (BLACKBURN, 1994, p. 197).

Conteúdo 4: Nem todo método é científico ou aceitável em ciência (opondo-se ao relativismo metodológico extremo) (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 131).

TEMA EPISTEMOLÓGICO 8: O PAPEL DAS HIPÓTESES NA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA.

Conteúdo 1. Hipótese é uma proposição (entendida como o conteúdo de uma frase declarativa, suscetível de ser verdadeira ou falsa) **apresentada como uma suposição, e não como uma afirmação** (BLACKBURN, 1994). A aceitabilidade da hipótese exige investigação adicional (LAUDAN, 1981).

Conteúdo 2. As hipóteses orientam a busca, a coleta de dados (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 129). A obtenção de evidência empírica é certamente importante na investigação científica, mas só faz sentido obter evidência empírica com o intuito de comprovar ou refutar uma hipótese anterior. A hipótese serve de guia para o tipo de evidência empírica que se procurará obter. Depois de enunciar um problema, é útil iniciarmos com uma solução provisória, a hipótese, a qual orienta nossa busca de ordem entre os fatos, de relações entre variáveis etc. O conhecimento científico é produzido, em parte, mediante o teste de hipóteses.

Conteúdo 3. As hipóteses nos remetem a um quadro conceitual mais fundamental. Ou seja, toda hipótese que se elabora sofre influência de uma (ou mais) teorias. Visto que a busca dos dados é orientada por hipóteses, e estas se baseiam em um quadro conceitual, fica evidenciada a falha das concepções empírico-indutivistas, segundo a qual o conhecimento começaria com os dados, não com teorias (CHALMERS, 1981, p. 46-63).

Conteúdo 4. O fato de partirmos de hipóteses (já abordado no conteúdo 3) introduz a necessidade de maior rigor. É preciso duvidar tanto do processo de obter conhecimento quanto do próprio conhecimento obtido. **Isso conduz a revisões contínuas na tentativa de comparar resultados obtidos por caminhos diferentes e para mostrar a coerência com os resultados obtidos em outras investigações** (GIL PÉREZ *et. al.*, 2001, p. 137).

Conteúdo 5. Hipóteses são indispensáveis ao pensamento humano (LAUDAN, 1981).

TEMA EPISTEMOLÓGICO 9: CONCEPÇÃO EMPÍRICO-INDUTIVISTA E ATEÓRICA DA CIÊNCIA

Conteúdo 1. A observação e a experimentação não são atividades neutras. Elas são influenciadas por idéias prévias. Os dados não são puros. (CHALMERS, 1981, p. 47-63) Hipóteses orientam a investigação empírica e teorias (corpos coerentes de conhecimento) disponíveis orientam todo o processo de construção do conhecimento científico, inclusive a proposição de hipóteses. **Qualquer dado só faz sentido dentro de um contexto teórico, a partir do qual os próprios dados adquirem significado.** Ou seja, os dados não apresentam sentido em si mesmos, sendo necessário um sistema teórico à luz do qual se possa interpretá-los.

Conteúdo 2. Teorias *não* são construídas mediante generalização feita após a coleta de dados puros (como afirma o Conteúdo 3, abaixo). Assim, **o fato de uma teoria ou lei ter sido “descoberta” não significa que ela já esteja justificada.**

Conteúdo 3. Não é correta a idéia de que o conhecimento científico tem origem sensorial. Os conhecimentos científicos não são resultados de inferência indutiva a partir de “dados puros”. **Induções não são a base da ciência. Apesar disso, generalizações (induções) são feitas na ciência (no contexto da descoberta)** (POPPER, 1979, p. 1-31). (Esses dados (como já dito no conteúdo 1) não têm sentido em si mesmos, mas somente adquirem sentido quando são interpretados à luz de idéias prévias, e, no caso das ciências, de um sistema teórico. Toda investigação científica é influenciada por referenciais teóricos, visões coerentes e articuladas, aceitas pela comunidade científica, que orientam a investigação). “Todos os indutivistas”, escreve Chalmers (1981), “afirmam que, na medida em que as teorias científicas podem ser justificadas, elas o são por estarem apoiadas indutivamente em alguma base mais ou menos segura fornecida pela experiência”. Embora este conteúdo tenha semelhança com o conteúdo 1, preferimos elaborá-lo à parte por causa da referência a processos lógicos indutivos.

Conteúdo 4. O problema de pesquisa não é simplesmente dado (GIL PÉREZ *et. al.*, p. 136). Ele é necessariamente formulado a partir de um referencial teórico, do corpo de conhecimentos que se possui no campo específico em que se desenvolve um programa de investigação.

**ANEXO 4: TABELA GERAL DE DADOS USADA NA ANÁLISE ANCOVA DOS 65
ALUNOS DA AMOSTRA**

Nº do aluno	IC*	EPC#	CH	Tipo e subtipo de questionário respondido	nº do tipo De Questionário	escore total	esc. t1	esc. t2	esc. t3	esc. t4	esc. t5	esc. t6	esc. t7	esc. t8	esc. t9
1	2	2	1670	A7	1	30	4	4	3	4	4	4	3	3	1
2	1	1	2806	C9	3	36	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	1	2	1602	D4	4	26	4	4	2	1	4	2	4	4	1
4	2	2	0	B2	2	29	4	4	3	0	3	4	4	3	4
5	2	2	833	D7	4	29	4	4	2	2	4	3	2	4	4
6	2	2	1653	C1	3	26	4	4	1	1	4	4	4	4	0
7	2	2	1534	A5	1	25	3	1	2	2	4	1	4	4	4
8	2	1	1129	A4	1	26	4	2	3	3	2	3	2	3	4
9	1	2	1466	D1	4	19	2	1	2	2	1	2	2	4	3
10	2	2	340	C4	3	32	4	4	4	3	4	4	1	4	4
11	2	1	2010	A2	1	28	4	4	3	1	4	4	4	0	4
12	2	2	0	A5	1	26	4	4	2	0	4	4	4	3	1
13	2	2	2039	C6	3	14	1	1	3	4	0	0	4	1	0
14	2	2	663	A5	1	21	3	4	0	1	2	4	4	2	1
15	2	2	1636	C2	3	24	1	3	4	2	4	1	3	4	2
16	2	1	1432	B7	2	30	4	2	2	4	4	4	3	4	3
17	2	2	663	C2	3	24	4	4	0	0	4	4	4	4	0
18	2	2	833	D1	4	30	4	2	2	4	4	3	3	4	4
19	1	2	2490	B8	2	25	4	4	2	2	3	2	4	3	1
20	2	2	408	A7	1	25	4	1	4	3	4	3	1	3	2
21	1	2	1619	A3	1	28	3	4	4	0	4	4	2	4	3
22	2	2	0	B5	2	33	4	4	4	4	4	3	3	4	3
23	1	2	2236	A4	1	26	4	2	1	0	4	4	4	3	4
24	1	2	1965	C5	3	33	4	4	4	4	4	3	3	4	3
25	1	1	2534	A8	1	25	4	4	2	1	3	4	4	2	1
26	2	1	1924	C1	3	33	4	4	4	4	4	3	4	4	2
27	1	1	2832	A1	1	25	4	4	3	1	4	2	2	3	2
28	2	2	408	D8	4	28	0	3	4	4	3	2	4	4	4
29	1	2	1936	B1	2	23	2	2	3	0	4	2	4	3	3
30	2	1	2284	A8	1	23	3	4	0	3	2	2	4	3	2
31	1	2	833	D2	4	29	4	4	4	3	1	2	4	3	4
32	2	1	2128	B6	2	29	2	4	4	2	2	4	4	4	3
33	2	2	2101	B5	2	23	2	3	0	4	3	2	2	4	3
34	2	2	833	C3	3	26	4	1	4	4	1	4	4	4	0
35	1	1	2848	D9	4	36	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	2	2	0	A6	1	26	4	4	1	3	4	3	2	3	2

37	2	2	2101	C5	3	32	3	4	4	4	4	4	1	4	4
38	2	2	833	D2	4	29	4	3	4	4	4	2	3	2	3
39	2	1	2161	A9	1	27	3	4	2	1	4	4	4	4	1
40	1	1	2825	D9	4	31	4	3	4	4	4	2	4	4	2
41	2	2	1662	A4	1	22	2	2	2	0	4	3	3	3	3
42	1	2	2319	A9	1	30	4	4	3	2	3	4	4	4	2
43	2	2	2324	D4	4	24	4	3	2	0	4	2	3	2	4
44	1	1	3055	B6	2	33	4	3	3	4	4	4	4	4	3
45	2	2	765	B9	2	28	2	4	2	4	4	2	4	3	3
46	1	2	1585	A3	1	26	4	1	2	0	3	4	4	4	4
47	1	2	1415	B8	2	30	4	4	3	0	4	4	4	4	3
48	1	1	1287	C1	3	30	4	4	1	4	4	4	1	4	4
49	1	1	2256	C4	3	21	2	1	1	0	4	3	4	4	2
50	1	2	2472	D3	4	24	0	2	4	2	4	2	2	4	4
51	2	2	0	A9	1	31	4	4	3	3	4	4	4	3	2
52	1	2	2055	D8	4	29	4	4	4	3	4	2	1	4	3
53	2	2	408	A4	1	32	2	4	3	3	4	4	4	4	4
54	2	2	1982	C7	3	16	2	1	0	4	4	0	0	4	1
55	2	1	1636	C7	3	33	4	3	4	4	2	4	4	4	4
56	1	2	1602	A1	1	24	4	2	0	2	3	3	4	4	2
57	1	2	1304	D3	4	25	4	4	4	0	4	1	4	3	1
58	2	2	2424	A2	1	23	4	4	0	0	3	1	3	4	4
59	1	2	1687	A6	1	29	2	3	3	4	3	4	4	2	4
60	2	2	408	D3	4	34	4	4	4	4	4	4	3	4	3
61	1	1	2411	A5	1	27	4	2	3	2	4	4	4	3	1
62	1	2	1551	B1	2	28	4	2	3	4	2	2	4	4	3
63	2	2	408	B7	2	16	4	0	0	4	1	1	2	4	0
64	2	1	3200	C2	3	26	0	2	4	4	1	3	4	4	4
65	2	2	0	C8	3	34	2	4	4	4	4	4	4	4	4
média						27,15	3,3	3,1	2,6	2,4	3,4	3	3,3	3,5	2,6

Tabela 12. Tabela geral de dados usada na análise ANCOVA dos 65 alunos da amostra.

LEGENDA:

IC = iniciação científica

EPC = disciplina Evolução do Pensamento Científico

CH = carga horária já cursada

esc. t1 = score no tema 1

esc. t2 = score no tema 2

esc. t3 = score no tema 3

esc. t4 = score no tema 4

esc. t5 = score no tema 5

esc. t6 = score no tema 6

esc. t7 = score no tema 7

esc. t8 = score no tema 8

esc. t9 = score no tema 9

ANEXO 5. ESCORES DAS ALTERNATIVAS EM CADA QUESTÃO DO CESC

Questão	Alternativa a	Alternativa b	Alternativa c	Alternativa d	Alternativa e
A1.T01.01.D	4	1	2	0	3
A1.T02.06.S	1	3	2	0	4
A1.T03.12.D	4	1	2	3	0
A1.T04.16.S	4	2	0	1	3
A1.T05.20.D	4	0	2	1	3
A1.T06.23.S	0	2	3	4	1
A1.T07.25.D	0	2	4	3	1
A1.T08.29.S	4	0	1	3	2
A1.T09.36.D	2	0	3	4	1
B1.T01.02.D	3	0	4	1	2
B1.T02.07.S	2	0	3	1	4
B1.T03.11.D	4	0	3	1	2
B1.T04.15.S	3	1	4	2	0
B1.T05.17.D	1	3	4	2	0
B1.T06.24.S	0	3	4	2	1
B1.T07.27.D	3	2	0	1	4
B1.T08.31.S	0	2	1	4	3
B1.T09.33.D	4	2	0	1	3
C1.T01.04.S	2	4	3	1	0
C1.T02.05.D	2	4	3	0	1
C1.T03.10.S	1	3	0	4	2
C1.T04.13.D	3	2	1	0	4
C1.T05.19.S	2	0	4	3	1
C1.T06.21.D	0	2	1	4	3
C1.T07.26.S	3	2	4	0	1
C1.T08.30.D	2	1	3	0	4
C1.T09.34.S	1	2	0	4	3
D1.T01.03.S	1	4	2	0	3
D1.T02.08.D	0	4	1	3	2
D1.T03.09.S	1	4	2	3	0
D1.T04.14.D	1	3	0	2	4
D1.T05.18.S	4	0	1	2	3

D1.T06. 22 .D	2	3	0	4	1
D1.T07. 28 .S	0	4	1	3	2
D1.T08. 32 .D	2	3	4	1	0
D1.T09. 35 .S	2	3	0	4	1

Tabela 13. Escores das alternativas de cada questão. A questão é identificada pelo número em negrito. Exemplo do significado do código identificador da questão: em “A1.T01.01.D”, “A1” significa questionário tipo “A” subtipo 1; “T01” significa que as questões começam com tema epistemológico 1; “01” é o número que identifica a questão, que é idêntica em quaisquer dos subgrupos de questionário em ela apareça (Essa questão aparecerá nos 9 subgrupos do questionário tipo “A”); “D” significa que a questão é direta, e não de situação-problema (S), a qual apresenta um cenário.

ANEXO 6: DADOS DA REGRESSÃO LINEAR PARA A AMOSTRA REUNIDA DE 65 ALUNOS, SEM DISTINÇÃO DE FATORES FIXOS, OBTIDOS NO GRAPHPAD INSTAT 3.00.

Number of points = 65

Parameter	Best-fit Value	Standard Error	95% confidence interval	
			from	to
Slope	-0.0004211	0.0006606	-0.001742	0.0008994
Y intercept	27.801	1.164	25.473	30.128
X intercept	66021			

Correlation coefficient (r) = -0.08006. r squared = 0.006409

Standard deviation of residuals from line (Sy.x) = 4.608

Test: Is the slope significantly different from zero?

The P value is 0.5261, considered not significant.

This result was obtained from the following ANOVA table.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Linear regression (Model)	1	8.630	8.630
Deviations from linearity (Residual)	63	1337.8	21.235
Total	64	1346.5	

F = 0.4064

Runs test: Do the number of runs indicate a linear model?

One way to evaluate linearity is by counting runs. If the data deviate substantially from linearity, the number of runs will be small.

There are 34 points above the line, 31 below, and 37 runs.

The P value is 0.8457, considered not significant.

There is not a significant departure from linearity.

**ANEXO 7: DADOS DA REGRESSÃO LINEAR PARA O FATOR IC GRUPO 1 (SIM)
OBTIDOS NO GRAPHPAD INSTAT 3.00.**

Number of points = 26

Parameter	Best-fit Value	Standard Error	95% confidence interval	
			from	to
Slope	0.002039	0.001365	-0.0007790	0.004856
Y intercept	23.460	2.895	17.486	29.434
X intercept	-11507			

Correlation coefficient (r) = 0.2916. r squared = 0.08503

Standard deviation of residuals from line (Sy.x) = 4.068

Test: Is the slope significantly different from zero?

The P value is 0.1484, considered not significant.

This result was obtained from the following ANOVA table.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Linear regression (Model)	1	36.914	36.914
Deviations from linearity (Residual)	24	397.24	16.552
Total	25	434.15	
F = 2.230			

Runs test: Do the number of runs indicate a linear model?

One way to evaluate linearity is by counting runs. If the data deviate substantially from linearity, the number of runs will be small.

There are 13 points above the line, 13 below, and 15 runs.

The P value is 0.7228, considered not significant.

There is not a significant departure from linearity.

ANEXO 8: DADOS DA REGRESSÃO LINEAR PARA O FATOR IC GRUPO 2 (NÃO) OBTIDOS NO GRAPHPAD INSTAT 3.00.

Number of points = 39

Parameter	Best-fit Value	Standard Error	95% confidence interval	
			from	to
Slope	-0.001686	0.0008770	-0.003464	9.183E-05
Y intercept	28.871	1.295	26.245	31.497
X intercept	17123			

Correlation coefficient (r) = -0.3014. r squared = 0.09083

Standard deviation of residuals from line (Sy.x) = 4.711

Test: Is the slope significantly different from zero?

The P value is 0.0623, considered not quite significant.

This result was obtained from the following ANOVA table.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Linear regression (Model)	1	82.025	82.025
Deviations from linearity (Residual)	37	821.05	22.191
Total	38	903.08	

F = 3.696

Runs test: Do the number of runs indicate a linear model?

One way to evaluate linearity is by counting runs. If the data deviate substantially from linearity, the number of runs will be small.

There are 20 points above the line, 19 below, and 21 runs.

The P value is 0.6271, considered not significant.

There is not a significant departure from linearity.

**ANEXO 9: DADOS DA REGRESSÃO LINEAR PARA O FATOR EPC GRUPO 1
(SIM) OBTIDOS NO GRAPHPAD INSTAT 3.00.**

Number of points = 18

Parameter	Best-fit Value	Standard Error	95% confidence interval	
			from	to
Slope	0.0005998	0.001734	-0.003076	0.004276
Y intercept	27.475	4.060	18.868	36.082
X intercept	-45810			

Correlation coefficient (r) = 0.08616. r squared = 0.007423

Standard deviation of residuals from line (Sy.x) = 4.389

Test: Is the slope significantly different from zero?

The P value is 0.7339, considered not significant.

This result was obtained from the following ANOVA table.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Linear regression (Model)	1	2.305	2.305
Deviations from linearity (Residual)	16	308.20	19.262
Total	17	310.50	

F = 0.1197

Runs test: Do the number of runs indicate a linear model?

One way to evaluate linearity is by counting runs. If the data deviate substantially from linearity, the number of runs will be small.

There are 9 points above the line, 9 below, and 12 runs.

The P value is 0.8910, considered not significant.

There is not a significant departure from linearity.

**ANEXO 10: DADOS DA REGRESSÃO LINEAR PARA O FATOR EPC GRUPO 2
(NÃO) OBTIDOS NO GRAPHPAD INSTAT 3.00.**

Number of points = 47

Parameter	Best-fit Value	Standard Error	95% confidence interval	
			from	to
Slope	-0.001887	0.0008123	-0.003524	-0.0002492
Y intercept	28.881	1.204	26.454	31.309
X intercept	15309			

Correlation coefficient (r) = -0.3272. r squared = 0.1070

Standard deviation of residuals from line (Sy.x) = 4.378

Test: Is the slope significantly different from zero?

The P value is 0.0248, considered significant.

This result was obtained from the following ANOVA table.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Linear regression (Model)	1	103.38	103.38
Deviations from linearity (Residual)	45	862.37	19.164
Total	46	965.74	

F = 5.394

Runs test: Do the number of runs indicate a linear model?

One way to evaluate linearity is by counting runs. If the data deviate substantially from linearity, the number of runs will be small.

There are 26 points above the line, 21 below, and 21 runs.

The P value is 0.2068, considered not significant.

There is not a significant departure from linearity.

ANEXO 11: TESTE T PARA DADOS EMPARELHADOS DE QUESTÕES DIRETAS E COM SITUAÇÃO-PROBLEMA

Paired t test

Does the mean of the differences between Column A and Column B differ significantly from zero?

P value

The two-tailed P value is 0.3181, considered not significant.

$t = 1.006$ with 64 degrees of freedom.

95% confidence interval

Mean difference = 0.08308 (Mean of paired differences)

The 95% confidence interval of the difference: -0.08187 to 0.2480

Assumption test: Was the pairing effective?

Correlation coefficient (r) = 0.4090

The one-tailed P value is 0.0004, considered extremely significant.

Effective pairing results in a significant correlation between the columns.

With these data, the pairing (or matching) appears to be effective.

Assumption test: Are the differences sampled from a Gaussian distribution?

The paired t test assumes that the differences are sampled from a

Gaussian distribution. This assumption is tested using the

method of Kolmogorov and Smirnov:

The Kolmogorov-Smirnov distance (KS) is 0.06

The P value is >0.10 . The data passed the normality test with $P > 0.05$.

Summary of Data

Parameter:	Column A	Column B	Difference
Mean:	3.056	2.973	0.08308
# of points:	65	65	65
Std deviation:	0.6248	0.5991	0.6657
Std error:	0.07750	0.07431	0.08257
Minimum:	1.400	1.400	-1.650
Maximum:	4.000	4.000	1.550
Median:	3.200	3.000	0.05000
Lower 95% CI:	2.901	2.825	-0.08195
Upper 95% CI:	3.211	3.122	0.2481

ANEXO 12. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA**

Rua Barão do Geremoabo, s/n, Campus de Ondina
Ondina, Salvador-Ba 40270-190
Tel: 55(71)3263-6568 Fax: 55(71)3263-6511

PROJETO: Um estudo das concepções de alunos do curso de Ciências Biológicas da UFBA sobre a natureza da ciência.

O Dr. Charbel Niño El-Hani e outros investigadores da Universidade Federal da Bahia estão interessados em compreender a evolução das concepções de alunos do curso de Ciências Biológicas da UFBA sobre a natureza da ciência ao longo do curso. A sua colaboração é fundamental para que possamos alcançar o resultado pretendido neste projeto. Os resultados serão enviados para você tão logo seja iniciada a divulgação para o público. Nós lhe enviaremos uma breve nota por e-mail com o endereço de um sítio na internet que conterá os resultados, conclusões e publicações do projeto.

Caso você aceite participar dessa pesquisa, terá apenas que responder a um questionário de múltipla escolha, o que nos deixará muito agradecidos. As questões tratam, por exemplo, do que é uma lei científica, o que é uma teoria, etc. Eventualmente, poderemos contactá-lo(a) para obtermos informações adicionais.

Nós nos comprometemos com a garantia da confidencialidade das respostas e com o sigilo dos dados que serão armazenados e analisados em bases nas quais os nomes e respectivas instituições de afiliação dos respondentes não serão incluídos. Os resultados serão apresentados de maneira estatística e geral, sem qualquer pista da identidade dos respondentes do questionário. Esta investigação não oferece qualquer risco para os pesquisadores que participarem, uma vez que não se fará qualquer vinculação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos respondentes. Somente os pesquisadores da equipe de pesquisa terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Não há qualquer obrigatoriedade de sua participação e, se quando estiver respondendo, você resolver desistir, que não haverá qualquer consequência para você. Além disso, a sua participação na pesquisa não envolverá qualquer despesa de sua parte. Os dados coletados serão usados somente para a pesquisa mencionada acima.

Se você concorda em participar, por favor, escreva o seu endereço eletrônico no campo abaixo indicado, que isto será considerado como prova de sua concordância.

Agradecendo a atenção de vocês, estou à disposição para maiores esclarecimentos ou para qualquer outro tipo de acompanhamento, assistência ou esclarecimento sobre a metodologia que julgue necessário. Vocês podem contactar-nos no seguinte endereço eletrônico (ejmtavares@yahoo.com.br) ou no endereço que se encontra ao final deste Termo de Consentimento. Se você tiver alguma pergunta ou preocupação acerca dos seus direitos como participante da pesquisa, poderá telefonar para o pesquisador responsável (55-71-3263-6568) ou para o "Comitê de Ética em Pesquisa" do Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia

Atenciosamente,

Charbel Niño El-Hani; Eraldo José Madureira Tavares.

(Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Brasil)

Por favor, forneça-nos seu endereço eletrônico para contatos posteriores e para indicar seu consentimento com a participação na pesquisa.

Nome:

Endereço eletrônico:

Responsável pela pesquisa:

Charbel Niño El-Hani

Departamento de Biologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia.

Rua Barão do Geremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina, Ondina.

Salvador-BA, Brasil.

CEP: 40170-290.

Telefone: (55)71)3263-6568.

FAX: (55)71)3263-6511.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F. & BOUJAOUDE, S. **An exploratory study of the knowledge base for science teaching.** Journal of Research in Science Teaching 34(7):678-699, 1997.

ABD-EL-KHALICK, F. & LEDERMAN, N. G. **Improving science teacher's conceptions of nature of science:** a critical review of the literature. International Journal of Science Education, Vol. 22, Nº 7, 665 – 701, 2000.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. **The influence of history of science courses on students' views of nature of science.** Journal of Research in Science Teaching 37 (10): 1057-1095 DEC 2000.

ABELL, S. K. & SMITH, D. C. **What is science?** Preservice elementary teacher's conceptions of the nature of science. International Journal of Science Education 16(4):475-487, 1994.

ABRANTES, P. **Simulação e realidade.** Brasília, 1998.

ACHINSTEIN, P. **Concepts of Science.** Baltimore, 1968.

AIKENHEAD, G. **The measurement of high school students' knowledge about science and scientists.** Science Education, 57 (4) 539-549. 1973.

AIKENHEAD, G. & RYAN, A. G. **The development of a new instrument:** "Views on Science-Technology-Society". (VOSTS). Science Education, 76(5), 477-491. 1992.

AKERSON, V. L., MORRISON, J. A.; McDUFFIE, A. R. **One course is not enough:** Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. Journal of Research in Science Teaching 43 (2): 194-213 FEB 2006.

AKERSON, V. L.; VOLRICH, M. L. **Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting.** Journal of Research on Science Teaching 43 (4): 377-394 APR 2006.

ALTERS, B. J. **Whose Nature of Science?.** Journal of research in science teaching VOL. 34, Nº 1, PP. 39-55, 1997.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **Benchmarks for science literacy.** AAAS Press, Washington, DC, 1993.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS).
Project 2061: Science for all Americans. AAAS, Washington, DC, 1989.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS).
The liberal art of science. AAAS, Washington, DC, 1990.

ANKENY, R. A. **Fashioning descriptive models in Biology:** of worms and wiring diagrams. *Philosophy of Science*, 67 (proceedings) pp. S260-S272, 2000.

ARMSTRONG, D. M. **What is a law of nature?** Cambridge, 1983.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBOUR, I. G. **Myths, models and paradigms:** a comparative study in science and religion by Ian Barbour. Harper & Row, New York, Hagerstown,, San Francisco, London, 1976.

BEATTY, J. 1995. The evolutionary contingency thesis, in: Wolters, G. & Lennox, J. G. (Eds.). **Concepts, Theories, and Rationality in the Biological Sciences**, The Second Pittsburgh-Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

BELL, Randy L; LEDERMAN, Norman G. **Understanding of the nature of science and decision making on science and technology based issues.** Wiley Periodical, Inc., 2003.

BLACKBURN, Simon. **Dicionário Oxford de filosofia.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997.

BRANDON, R. 1997. **Does biology have laws?** The experimental evidence. *Philosophy of Science* 64(Proceedings): S444-457.

BRAITHWAITE, R. B. **Scientific explanation**, 1953.

BRICKHOUSE, N. W. **Teacher's beliefs about nature of science and their relationship to classroom practice.** *Journal of Teacher Education* 41(3):53-62, 1990.

BUNGE, M. **Epistemologia.** Barcelona: Ariel, 1980.

BUNGE, M. **Teoría y realidad.** Editora Ariel, S. A. Barcelona, 1985.

CAMARGO, E. P. **OF. Circ. PR. N° 0137/06.** Disponível em: http://www.cnpq.br/areas/pibic/oficio_0137_06.pdf. Acesso em: 13 maio 2006.

CARTWRIGHT, N. 1997. **Models: the blueprints for laws.** Philosophy of Science 64 (Proceedings): S292-S303.

CHALMERS, Alan F. 1981. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense.

CLEMINSON, A. **Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science.** Journal of Research in Science Teaching. Vol. 27, Nº 5, pp. 429-445. 1990.

CNPq reduz número de bolsas (2002). Disponível em: <http://www.universia.com.br/html/materia/materia_hji.html>. Acesso em: 13 maio 2006.

COHEN, M.; NAGEL, E. **Introducción a la lógica y al método científico.** 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. Primeira parte. Cap. 1, 1978.

DAVIDSON, D. **Problems of rationality.** Oxford University Press, 2004.

ELBY, Andrew; DAVID, Hammer (editores). **On the substance of a sophisticated epistemology.** Department of Physics, University of Maryland, College Park, College Park, MD 20742-4111, USA, 2001.

ELGIN, M. 2006. **There may be strict empirical laws in biology, after all.** Biology and Philosophy 21: 119-134.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M. & ROCHA, P. L. B. **Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências.** Investigações em Ensino de Ciências, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol9/n3/v9_n3_a3.htm>. Acesso em: 28 novembro 2005.

FAROUKI, N. **A metafísica.** Lisboa: Biblioteca Básica de Ciência e Cultura, 1995.

FEYERABEND, P. **Contra o método.** Barcelona: Ariel, 1989.

GIERE, R. **Explaining science: a cognitive approach.** Chicago: The University of Chicago Press. 1988.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Editora Atlas S. A., 1999.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. 2001. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico.** *Ciência & Educação*, v. 7, n.2, p.125-153, 2001.

GLANTZ, S. A. **Primer of bio-statistics.** The McGraw-Hill Companies, Inc. 4^a ed., 1997.

GLENNAN, S. **Modeling mechanisms.** *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36 443-464), 2005.

GOOD, Ron, SHYMANSKY, James. **Nature-of-Science Literacy in Benchmarks and Standards: Post-Modern/Relativist or Modern/Realist?** *Science & Education* 10: 173-185, 2001.

GRUPO DE AÇÃO SOBRE EROSÃO, TECNOLOGIA E CONCENTRAÇÃO (GRUPO ETC). **Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro.** L&PM Editores. Porto Alegre, 2005.

HANSON, N. R. **Patterns of Discovery: an inquiry into the conceptual foundations of science.** London: Cambridge University Press, 1965.

HARRES, J. B. S. **Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino.** *Investigações em Ensino de Ciências* 4(3), 1999.

HODSON, D. 1991. **Philosophy of science and science education**, in: Matthews, M. R. (org.). *History, Philosophy and Science Teaching: Selected Readings.* Toronto: OISE Press.

HUME, D. **Os pensadores: Hume.** Editora Nova Cultural. 1999.

INTERNATIONAL BIBLE STUDENTS ASSOCIATION (IBSA). **Life: how did it get here? By evolution or by creation?** Brooklyn, NY, 1983.

KACHIGAN, S. K. **Statistical analysis: an interdisciplinary introduction to univariate & multivariate methods.** New York: Radius Press, 1986.

KHISHFE, R.; ABD-EL-KHALICK, F. **Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science.** *Journal of Research in Science Teaching* 39 (7): 551-578 SEP 2002.

KING, B. B. **Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philosophy of science.** *Science Education*, 75(1): 135-141. 1991.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo, SP: Editora Perspectiva, 1987.

KUHN, T. S. **La estructura de las revoluciones científicas.** México: Fondo de cultura economica. 1991.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana.** Rio de Janeiro, RJ: Edições 70, 1957.

LAFAVE, S. **Thinking Critically About the "Subjective"/"Objective" Distinction.** (2003) Disponível em: <http://instruct.westvalley.edu/lafave/subjective_objective.html>. Acesso em: 03 maio 2005.

LAKATOS, I. **Historia de las ciencia y sus reconstrucciones racionales.** Madrid: Tecnos, 1982.

LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento.** São Paulo: Editora Cultrix, 1979.

LAUDAN, L. **Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate.** Berkeley: University of California Press. 1984.

LAUDAN, L. **Science and hypothesis.** Dordrecht, 1981.

LEDERMAN, N. G. **Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research.** *Journal of Research in Science Teaching* 29(4).331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. **Teachers' understand of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship.** *Journal of Research in Science Teaching* 36(8):916-929, 1999.

LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., Bell, R. L., & SCHWARTZ, R. S. 2002. Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 39:497-521.

LEDERMAN, N. G. & O'MALLEY. **Student's perceptions of tentativeness in science: development, use and sources of change.** *Science Education* 74(2):225-239, 1990.

LEDERMAN, N. G., SCHWARTZ, R. S., ABD-EL-KHALICK, F., & Bell, R. L. 2001. Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: An

intervention study. **Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education** 1:135-160.

LEDERMAN, N. G.; WADE, P. D. & BELL, R. L. **Assessing the nature of science: what is the nature of our assessments?** *Science & Education* 7:595-615, 1998.

LEDERMAN, N. G. & ZEIDLER, D. L. **Science teacher's conception of the nature of science: do they really influence teaching behavior?** *Science Education*/(5):/21-/34, 1987.

LUCAS, A. M. (1795). **Hidden assumptions in measures of knowledge about science and scientists.** *Science Education*, 59, 481-485, 1795.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science.** New York: Routledge, 1994.

MATTHEWS, M. R. **In defense of modest goals when teaching about the nature of science.** *Journal of research in science teaching.* Sydney, Australia, 1998.

MAYR, E. **The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance.** The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. London, England, 1982.

MCCOMAS, W. **The nature of science in science education: rationales and strategies.** Kluwer academic publishers. Dordrecht, Boston, London, 1998.

MELLADO, V. **Preservice teacher's classroom and their conception of the nature of science.** *Science & Education* 6:331-354, 1997.

MITCHELL, S. D. **Biological Complexity and Integrative Pluralism.** Cambridge: Cambridge University Press. 2003.

MOSS, D. M.; ABRAMS, E. D.; ROBB, J. Examining Student Conceptions of the Nature of Science. **International Journal of Science Education**, [S.l.], v. 23, n. 8, p. 771-790, 2001.

NAGEL, Ernest. **The structure of science: problems in the logic of scientific explanation.** Harcourt, Brace & World, INC. New York, Chicago, San Francisco, Atlanta, 1961.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. **National Science Education Standards, NAS.** Washington, DC, 1996.

NATIONAL CURRICULUM COUNCIL (NCC). **Science In the national curriculum**. NCC, York, UK. 1988.

NICHOLSON, R. **Postmodernism**, Science (July 9), v261 n5118 p143(1), 1993.

PAPINEU, D. **'Laws and accidents'**, in G. Macdonald and C. Wright (eds.), Facts, Science and Morality. Oxford, 1986.

POPPER, K. R. **Objective knowledge: an evolutionary approach**. Clarendon Press. Oxford, 1979 p. 1-31.

POPPER, K. R. **Conjectural knowledge: my solution of the problem of induction**. In: Objective knowledge: an evolutionary approach. Clarendon Press. Oxford, 1979 p. 1-31.

POPPER, K. R. **Epistemology without a knowing subject**. In: Objective knowledge: an evolutionary approach. Clarendon Press. Oxford, 1979 p. 106-152.

POPPER, K. R. **La lógica de la investigación científica**. Madrid: Tecnos. 1992.

POPPER, K. R. **Two faces of common sense**. In: Objective knowledge: an evolutionary approach. Clarendon Press. Oxford, 1979 p. 32-104.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge University Press, 2004.

ROTH, W. M. & ROYCHONDHURY, A. **Students' epistemologies and views about knowing and learning**. Journal of Research in Science Teaching 31(1):5-30. 1994.

RYAN, A. G. & AIKENHEAD, G. S. **Students' preconception about the epistemology of science**. Science Education 76(6):559-580, 1992.

SAGAN, CARL. **Cosmos**. Ed. Francisco Alves, 1983.

SAGAN, CARL. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. Companhia das letras, São Paulo, 1997.

SCIENCE COUNCIL OF CANADA (SCC). **Science for every student: educating Canadians for tomorrow's world**. Report 36, SCC, Ottawa. 1984.

SEARLE, J. **John Searle on Postmodernism**. (1998) Disponível em: <<http://reductionism.net.seanic.net/brucegary3/Articles/searle.htm>>. Acesso em: 10 fevereiro 2005.

SEPÚLVEDA, C. **Limites e perspectivas da formação continuada dos professores de ciências: experiência no programa Pró-Ciências CAPES/UEFS.** Revista da FAEEBA 14:159-176, 2001.

SHADER-FRECHETTE, K.; MCCOY, E. D. **Applied ecology and the logic of case studies.** Philosophy of Science, 61 (1994) pp. 228-249.

SOBER, E. 1997. **Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology.** Philosophy of Science 64(Proceedings): S458-467.

TEIXEIRA, E. S.; El-Hani, C. N.; Freire Jr, O. F. **Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1(3):111-123, 2001.

TOMA, H. E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TOUMIN, S. **La comprensión humana. I: el uso coletivo y la evolución de los conceptos.** Madrid: Alianza. 1977.

WATERS, C. Kenneth. 1998. **Causal regularities in the biological world of contingent distributions.** Biology and Philosophy 13: 5-36.

WATSON, J. D. **The double helix: a personal account of the discovery of the structure of DNA.** W. W. Norton & Company. New york, London, 1980.

WEBER, M. 1999. **The aim and structure of ecological theory.** Philosophy of Science 66:71-93.

CRÉDITOS DO AUTOR

Eraldo José Madureira Tavares licenciou-se em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia em 2002.

Contato: ejmtavares@yahoo.com.br .