

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

Danielle Nicolodelli Tenfen

**MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTAS PARA A
ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO EM UMA DISCIPLINA
SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz O. Q. Peduzzi

Florianópolis

2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

T292m Tenfen, Danielle Nicolodelli
Mapas conceituais como ferramentas para a organização
do conhecimento em uma disciplina sobre a história da física
[dissertação] / Danielle Nicolodelli Tenfen ; orientador, Luiz
Orlando de Quadro Peduzzi. - Florianópolis, SC, 2011.
206 p.: il., tabs., +; CD

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-
Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação científica e tecnológica. 2. Gestão do
conhecimento. 3. Física - História. 4. VRML (Linguagem de
programação de computador) - Teses. 5. Realidade virtual -
Estudo e ensino - Teses. 6. Professores - Formação. I.
Peduzzi, Luiz Orlando de Quadro. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica. III. Título.

CDU 37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

“MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTAS PARA A
ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO EM UMA DISCIPLINA
SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA”

Dissertação submetida ao Colegiado
do Curso de Mestrado em Educação
Científica e Tecnológica em
cumprimento parcial para a obtenção
do título de Mestre em Educação
Científica e Tecnológica

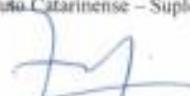
APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 15/04/2011

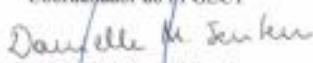
Dr. Luiz Orlando de Quadro Peduzzi (CFM/UFSC - Orientador)

Dr^a. Elisa Maria Quartiero (CCHE/UDESC - Examinadora)

Dr^a. Sayonara Salvador Cabral da Costa (IF/UFRGS - Examinadora)

Dr. Carlos Alberto Souza (Instituto Catarinense - Suplente)


Dr. José de Pinho Alves Filho
Coordenador do PPGECT


Danielle Nicolodelli Tenfen

Florianópolis, Santa Catarina, abril de 2011.

*Dedico aos meus pais, Nivaldo e Roseli, por terem
me dado a vida e a confiança no momento
em que saí de casa para estudar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, professor Peduzzi, que em suas aulas na graduação conseguiu despertar meu interesse pela história da ciência. E depois, por ter sido, pelos dois últimos anos, extremamente paciente. Agradeço pela dedicada orientação semanal (às vezes diária), nas quais negociamos e, por fim, compartilhamos muitos significados. Por aqueles momentos em que me resgatou, quando eu estava andando em círculos, e também pela revisão cuidadosa de cada artigo, cada palavra. Sem mencionar, no apoio à minha participação nos eventos, que por sinal, foram muito importantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu marido, Wagner Tenfen, uma das pessoas mais importantes na minha vida, que me apoiou desde sempre. Em especial, agradeço o seu carinho e sua presença nos melhores e piores momentos. Por ter me escutado falar sobre o que acontecia em cada aula de Evolução, durante três semestres seguidos. Por ter ouvido as lamentações quando pensei que estava perdida por trabalhar com a aprendizagem. Por acreditar no meu trabalho, e me incentivar a cada momento.

Aos meus pais, Roseli e Nivaldo, por terem sido pacientes com a filha que deixou de ir pra casa com frequência nesses últimos anos. Por terem apostado suas fichas, quando me ‘entregaram para o mundo’ com apenas 17. A eles dedico o sucesso desse trabalho. Sem esquecer de mencionar minha irmã Helena, por todo o apoio. Aos cunhados Jonas e Ju, por várias jantãs, traduções e revisões.

À minha ‘irmã de orientação’, Marinês, com a qual estudei durante vários semestres na graduação, sem me dar conta de seu coração enorme, mas que no mestrado (felizmente) se tornou uma grande amiga. Pelas discussões nos intervalos das aulas, nos vários horários de cafezinhos, nos almoços, enfim, agradeço por todo tempo que tivemos para lamentar, comemorar, e discutir nossos problemas de pesquisa.

Agradeço aos amigos, Nah, Ninja, Rê, Caser, Travessini e todos os outros que de alguma forma me ajudaram a atingir meus objetivos, seja discutindo, ouvindo, rindo, chorando. A todos que conhecia e também os que conheci nos últimos anos, e que são parte do meu sucesso, obrigada.

Por fim, serei sempre grata aos alunos de Evolução dos últimos semestres, pela dedicação na construção dos mapas conceituais apresentados (ou não) nesse trabalho. Espero tê-los ajudado a encarar o processo de aprendizagem de uma forma diferente...

RESUMO

Neste trabalho, articula-se a história da física a aspectos da teoria da aprendizagem significativa. Investiga-se de que forma a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa podem contribuir para a organização do conhecimento de estudantes de graduação em física, em uma disciplina de cunho histórico-epistemológico. Procura-se, com o uso de mapas conceituais, favorecer essa organização, de modo a promover uma visão mais integradora dos conteúdos. Para tal, avaliou-se inicialmente, em nível teórico, o potencial dos mapas para representar conceitos físicos na perspectiva histórica. Sob o pressuposto da relevância da história da ciência para o ensino, estruturou-se um diagnóstico inicial da situação de presença ou ausência de disciplinas específicas sobre o tema, em cursos de física de Instituições de Ensino Superior. Após esse reconhecimento, apresentam-se três estudos realizados na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, do curso de física da Universidade Federal de Santa Catarina, a partir dos quais se analisa propostas de trabalho com mapas conceituais, voltados para o caráter histórico-filosófico da ciência. Em dois desses estudos, utilizou-se um ambiente virtual de ensino e aprendizagem, concebido como uma ferramenta potencialmente significativa. Com a investigação, constatou-se que a construção dos mapas, por estudantes, não é tarefa fácil, exigindo instrução docente, através da qual os alunos possam ser devidamente introduzidos à técnica de mapeamento conceitual, podendo compreender os objetivos dessa técnica, reconhecer as características básicas de um mapa, etc. Notou-se que, ao lidar com a história, nomes de cientistas muitas vezes se mostram significativos para os estudantes. Apesar de não constituírem termos conceituais, os nomes subordinam diversas ideias, podendo ser encarados como termos superordenados. Já na estruturação de mapas globais pelos alunos, percebeu-se que, retratando a “evolução” histórica de conceitos físicos, a hierarquização prevalece nos ramos dos mapas, porém, de certa forma, a estrutura geral passa a ser guiada pela evolução temporal. Os dados obtidos com essa pesquisa permitem, de certa forma, ampliar o entendimento da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, que passam a ser encaradas junto da dinamicidade dos fatos históricos.

Palavras-chave: organização do conhecimento; história da física; mapas conceituais, ambiente virtual de ensino e aprendizagem; formação de cientistas; formação de professores.

ABSTRACT

In this thesis we articulate the history of physics with some aspects of the meaningful learning theory. We investigate how the progressive differentiation and integrative reconciliation can contribute to physics undergraduate students' organization of knowledge, in a historical-epistemological course. It has been our aim, with the use of concept maps, to favor such an organization and promote a more inclusive view of the contents. To this end, we have initially evaluated at the theoretical level the potential of maps to represent physical concepts in a historical perspective. Under the assumption of the relevance of history of science for teaching, we have structured an initial diagnosis of the situation of presence or absence of specific courses on the topic in physics programs of Higher Education Institutions. After this recognition, we present three studies performed in the "Evolution of Concepts in Physics" course offered in the physics program at the Federal University of Santa Catarina, from which we analyze proposals for working with concept maps focused on the historical-philosophical character of science. In two of these studies, we have used a virtual teaching and learning environment conceived as a potentially significant tool. Upon this investigation, it has been found that the creation of maps by students is not an easy task, and it requires teacher instruction so as the students can be properly introduced to the concept mapping technique and can understand the objectives of this technique, recognize the basics characteristics of a map, etc. We have observed that, while dealing with history, names of scientists often prove to be meaningful to students. Although not conceptually, the names subordinate several ideas, and can be viewed as superordinate terms. Concerning the structuring of global maps by students, we have realized that, when it comes to the depiction the historical "evolution" of physical concepts, hierarchy prevails in the branches of the maps, but the overall structure is somehow guided by the temporal evolution. The data obtained from this research allow, in a certain extent, to enhance the understanding of progressive differentiation and integrative reconciliation, which come to be seen from the dynamics of historical facts.

Keywords: knowledge organization; meaningful learning; physics history; concept map; scientists training; teachers training; virtual teaching and learning environment.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Fig. 1: Diagrama mostrando a estrutura básica de um mapa conceitual segundo a teoria ausubeliana [Adaptado de Moreira (2006, p. 47)].	38
Fig. 2: Mapa conceitual sobre efeito fotoelétrico elaborado por um aluno (ALMEIDA; SOUZA; URENDA, 2003).	39
Fig. 3: Mapa conceitual elaborado por um grupo de graduandos em física da UFRGS (ALMEIDA; MOREIRA, 2008).	39
Fig. 4: Terceira versão de um mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado por estudantes (PINHEIRO; COSTA, 2009).....	41
Fig. 5: Mapa conceitual sobre a filosofia natural aristotélica.....	45
Fig. 6: Mapa conceitual centrado no conceito de força (MOREIRA, 2006a). ..	48
Fig. 7: Mapa conceitual sobre as concepções de força de Hiparco e Buridan.....	50

Capítulo 2

Fig. 1: Ementas apontadas como mais adequadas para o estudo de questões histórico-filosóficas.	98
Fig. 2: Ementas menos apreciadas pelos estudantes envolvidos.	98

Capítulo 3

Fig. 1: Tópico 0 do AVEA de “Evolução dos Conceitos da Física”.....	121
Fig. 2: Tópicos 1 e 2 do AVEA de “Evolução dos Conceitos da Física”. O tópico 1 destina-se aos mapas conceituais. O tópico 2 ilustra, pela unidade I, a organização dos conteúdos históricos da disciplina.	122
Fig. 3: Estrutura da disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”.	126
Fig. 4: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A19.	130
Fig. 5: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A2.	132
Fig. 6: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A9.	133
Fig. 7: Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A10.....	134
Fig. 8: Primeiro mapa preliminar elaborado pelo aluno B10.	138
Fig. 9: Segundo mapa preliminar elaborado pelo aluno B10.	139
Fig. 10: Mapa preliminar elaborado pelo aluno B9.	139
Fig. 11: Mapa conceitual elaborado em conjunto pelos alunos B9 e B14.....	140

Capítulo 4

Fig. 1: Mapa conceitual 1 submetido à avaliação dos estudantes.	163
Fig. 2: Mapa conceitual 2 submetido à avaliação dos estudantes.	164
Fig. 3: Mapa Conceitual elaborado pelo aluno C3.....	169

Fig. 4: Mapa Conceitual elaborado pelo aluno C9.....	170
Fig. 5: Mapa Conceitual elaborado pelo aluno C10.....	171
Fig. 6: Mapa conceitual 1 sobre o conceito de partícula - C2 e C8.....	173
Fig. 7: Mapa conceitual 2 sobre o conceito de partícula - C2 e C8.....	175
Fig. 8: Mapa conceitual 3 sobre o conceito de partícula - C2 e C8.....	176
Fig. 9: Mapa conceitual 1 sobre o conceito de luz - C3 e C10.....	178
Fig. 10: Mapa conceitual 2 sobre o conceito de luz - C3 e C10.....	180
Fig. 11: Mapa conceitual 3 sobre o conceito de luz - C3 e C10.....	181
Fig. 12: Mapa conceitual 1 sobre o conceito de átomo - C4 e C9.....	183
Fig. 13: Mapa conceitual 2 sobre o conceito de átomo - C4 e C9.....	185
Fig. 14: Mapa conceitual 3 sobre o conceito de átomo - C4 e C9.....	186
Fig. 15: Mapa conceitual 1 sobre o conceito de éter - C1 e C5.	189
Fig. 16: Mapa conceitual 2 sobre o conceito de éter - C1 e C5.	190
Fig. 17: Mapa conceitual 3 sobre o conceito de éter - C1 e C5.	191

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1: Detalhamento das Instituições de Ensino Superior que compõem a amostra.....	70
Tabela 2: Categorias para classificação das IES federais.....	70
Tabela 3: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Sul.....	73
Tabela 4: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Sudeste.....	83
Tabela 5: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Centro-Oeste.....	85
Tabela 6: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Nordeste.....	90
Tabela 7: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Norte.....	91

Capítulo 4

Tabela 1: Conceitos e questões focais elaboradas pelos estudantes.....	167
--	-----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 1	29
1 MAPAS CONCEITUAIS NO ÂMBITO DA HISTÓRIA DA FÍSICA: EM BUSCA DE UMA ORGANIZAÇÃO MAIS AMPLA DO CONHECIMENTO	30
1.1 INTRODUÇÃO	31
1.2 UM DELINEAMENTO SOBRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	32
1.3 A DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E A RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA	35
1.4 OS MAPAS CONCEITUAIS E ALGUNS DOS SEUS DIVERSOS CONTEXTOS DE APLICAÇÃO	36
1.5 MAPAS CONCEITUAIS E A HISTÓRIA DA FÍSICA: ALIADOS NA ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	42
1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
1.7 REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO 2	59
2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA/FÍSICA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E CIENTISTAS: CONSIDERAÇÕES SOBRE DISCIPLINAS ESPECÍFICAS DE CUNHO HISTÓRICO E EPISTEMOLÓGICO DAS IES FEDERAIS	60
2.1 INTRODUÇÃO	61
2.2 SOBRE A HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E CIENTISTAS	62
2.3 AS DISCIPLINAS DE CARÁTER HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICO NOS CURSOS DE FÍSICA DAS IES FEDERAIS: CRITÉRIOS SELETIVOS E CATEGORIAS CLASSIFICATÓRIAS.....	65
2.4 A CLASSIFICAÇÃO DAS DISCIPLINAS ESPECÍFICAS DE CUNHO HISTÓRICO-FILOSÓFICO DAS IES FEDERAIS.....	70
2.5 REFLEXÕES SOBRE CURSOS DE “EVOLUÇÃO HISTÓRICA” DA FÍSICA.....	91
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
2.7 REFERÊNCIAS.....	100
2.8 APÊNDICE 1	108
CAPÍTULO 3	109

3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA: ESTUDOS COM MAPAS CONCEITUAIS E UM AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA	110
3.1 A HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA EM CURSOS DE FORMAÇÃO DOCENTE E DE CIENTISTAS	111
3.2 PODEREM OS AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM SER CONSIDERADOS POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS?	113
3.3 O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM DE “EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA” DA UFSC	117
3.4 HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA: OS ESTUDOS EM “EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA”	124
3.5 ESTUDO 1: MAPAS CONCEITUAIS EM UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM EM UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA.	127
3.6 ESTUDO 2: HISTÓRIA DA FÍSICA ATRAVÉS DE MAPAS CONCEITUAIS: SUPERANDO DIFICULDADES.....	134
3.7 LIMITES E POSSIBILIDADES NA VINCULAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS E UM AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM A UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA	141
3.8 REFERÊNCIAS.....	144
CAPÍTULO 4	149
4 OS CONCEITOS LUZ, ÁTOMO, PARTÍCULA E ÉTER ATRAVÉS DE MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR ESTUDANTES EM UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA.....	150
4.1 A “EVOLUÇÃO HISTÓRICA” DA FÍSICA E OS MAPAS CONCEITUAIS	151
4.2 “EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA”: CARACTERÍSTICAS GERAIS DE UM ESTUDO SOBRE A ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	153
4.3 ESTRATÉGIA DIDÁTICA – ETAPA 1.....	157
4.4 ESTRATÉGIA DIDÁTICA – ETAPA 2.....	166
4.5 OS CONCEITOS LUZ, ÉTER, ÁTOMO E PARTÍCULA ATRAVÉS DE MAPAS CONCEITUAIS	168
4.5.1 MAPAS SOBRE O CONCEITO PARTÍCULA.....	171
4.5.2 MAPAS SOBRE O CONCEITO LUZ	174
4.5.3 MAPAS SOBRE O CONCEITO ÁTOMO	182
4.5.4 MAPAS SOBRE O CONCEITO ÉTER.....	187
4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	192
4.7 REFERÊNCIAS.....	194

CONSIDERAÇÕES FINAIS	199
REFERÊNCIAS	204

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

Há muito se constata a busca por estratégias diversificadas para ensinar ciências, que despertem o interesse dos alunos, incentivando a aprendizagem de conceitos e teorias científicas. Moreira (2000) considera que o projeto de física *Physical Science Study Committee*, o PSSC “é um bom ponto de partida para uma breve análise retrospectiva do ensino de física”. Esse projeto, proposto nos Estados Unidos, e cuja primeira edição foi publicada em 1960, constituiu um reflexo inicial das preocupações com o ensino de física, que até então “se dava via uma abordagem descritiva e racionalmente encadeada, impositiva e nada dialogada, seja através de exercícios ou problemas, seja através de laboratórios de quaisquer tipos” (WESTPHAL, 2006).

Essa forma tradicional com que a física foi e, em muitos casos, continua sendo ensinada, compõe-se, segundo Holton (1978, p.295, tradução nossa) de “um assunto (cinemática) racionalmente reconstruído, seguido por outro (dinâmica, ondas, etc.)”. O autor estabelece uma analogia com um colar de pérolas, onde uma pérola conecta-se a outra, em direção única. Dessa forma, a abordagem dos conceitos e teorias físicas constitui a apresentação de um conhecimento pronto, estabelecido, a respeito do qual não restam incertezas. O produto do PSSC, no entanto, foi “um texto totalmente diferenciado, utilizando uma linguagem moderna, [que] apresentava um sequencial de conteúdo novo e incorporava tópicos pouco explorados no corpo dos textos tradicionais” (PINHO-ALVES, 2000).

Sob influência das potencialidades do PSSC para o ensino de física, foram lançados diversos projetos, em diferentes países, dentre os quais se pode destacar o *Project Physics Course*, também conhecido como Projeto Harvard, ainda nos Estados Unidos; o *Nuffield*, na Inglaterra; e no Brasil o Projeto Piloto para o Ensino de Física, o Projeto Física Auto Instrutiva (FAI), o Projeto de Ensino de Física (PEF) e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF).

O Projeto Harvard diferenciou-se dos demais pelo valor atribuído a história da física. Ele apresentava uma proposta diferenciada, abordando os conceitos físicos de forma humanística e contextualizada. Nele os autores procuraram “ilustrar como a ciência física se desenvolve atualmente, bem como o impacto humanístico e social da ciência [...]” (HOLTON, 1978, p. 295, tradução nossa).

Esse projeto tornou-se um marco, uma vez que, através da história, buscou explicitar as relações da física com as mais diversas

áreas do conhecimento, como a química, a matemática, a filosofia, etc., em um processo que Holton (1978, p. 295) denominou de abordagem conectiva.

Em 2002, foi publicado o curso *Understanding Physics*, uma edição ampliada, atualizada e revisada do Projeto Harvard, que herda as características de seu predecessor, fornecendo ao aluno:

Além dos conceitos necessários e equações, intencionalmente desenvolvidos pacientemente, e usando exemplos de fácil visualização, [...] uma sensação real da natureza do pensamento científico, [...] e o que os nossos conceitos atuais realmente significam. (CASSIDY; HOLTON; RUTHERFORD, 2002, p. X, tradução nossa)

Esse breve relato é, porém, suficiente para mostrar que desde a época dos grandes projetos, especialmente através do *Project Physics Course*, enxerga-se aspectos relevantes da história da ciência a serem considerados na formação docente e científica. No entanto, para que essa história seja realmente parte integrante do ensino, mais especificamente de física, nos diversos níveis de educação, é preciso que os professores e cientistas, sendo estes últimos igualmente formadores além de pesquisadores, a conheçam. Martins (2006) destaca que para se trabalhar com a história da ciência no ensino, é preciso um conhecimento histórico e epistemológico bastante aprofundado “para evitar alguns erros que poderiam levar o professor a empregar erroneamente a história da ciência para transmitir uma ideia de ciência totalmente inadequada [...]”.

O curso de licenciatura em física da Universidade Federal de Santa Catarina oferece em seu currículo a disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, de caráter histórico e epistemológico. Obrigatória para as habilitações licenciatura e bacharelado, e tendo como pré-requisito Estrutura da Matéria I, a disciplina mostra-se potencialmente útil para lidar com algumas dessas preocupações. Efetivamente, ela serve de cenário para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Considerando que o conhecimento da história da ciência, quando devidamente instrumentalizado, possibilita ao estudante a compreensão do contexto onde se elaboram os conceitos e teorias físicas, além da reflexão a respeito do desenvolvimento do trabalho científico, supõe-se que ela também permite uma melhor organização do conhecimento adquirido por esses alunos. Sendo assim, a questão que se pretende

responder ao longo dessa investigação é: de que forma a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, da teoria ausubeliana, podem contribuir para a organização do conhecimento, em uma disciplina sobre a história da física?

Na busca de possíveis respostas, estabelece-se como objetivo principal determinar os limites e as possibilidades para essa organização do conhecimento, através de mapas conceituais que põem em evidência aspectos da história e da filosofia da ciência/física. Os objetivos específicos da pesquisa são:

- 1) Analisar como a teoria da aprendizagem significativa pode contribuir para a organização do conhecimento em uma disciplina sobre a história da física;
- 2) Investigar as potencialidades do uso de mapas conceituais como ferramentas para essa organização;
- 3) Diagnosticar a situação de presença ou ausência de disciplinas específicas de caráter histórico e/ou epistemológico na formação em física nas Universidades Federais brasileiras;
- 4) Estruturar e implementar um ambiente virtual de aprendizagem para essa disciplina, visando estender a relação professor-aluno;
- 5) Incentivar a elaboração de mapas conceituais pelos alunos;
- 6) Avaliar os mapas conceituais construídos pelos estudantes.

Ao longo de dois anos de investigação, foram realizados três estudos na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”. Nos dois primeiros, optou-se por avaliar a vinculação de mapas conceituais e um ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) à disciplina. O primeiro, especificamente, consistiu em um estudo exploratório. O segundo destacou a utilização de uma estratégia de elaboração de mapas preliminares, uma vez constatadas, através do estudo inicial, certas dificuldades dos estudantes em lidar com a construção de mapas conceituais. No terceiro e último estudo, direcionou-se a prática com essas ferramentas à representação de diversos conceitos físicos, em diferentes momentos da história.

A dissertação está estruturada na forma de quatro artigos. Esse formato, embora não usual, tem sido utilizado em pesquisas recentes de mestrado e doutorado, como as de Freitas (2007), Oliveira (2010), Teixeira (2010), e justifica-se diante de alguns aspectos, discutidos a seguir.

Sabe-se que, no zelo pela qualidade das publicações científicas, impera o rigor acadêmico sobre a escrita, a exposição e pertinência dos referenciais teóricos, e a avaliação dos resultados obtidos. Nesse sentido, formatar uma dissertação em artigos permite ao pesquisador iniciante preparar-se para lidar com a experiência da divulgação de seus trabalhos perante a comunidade. Souza (2006) aborda a problemática da autoria e da autonomia de mestres em Educação, e questiona-se se eles continuam escrevendo, publicando, apresentando trabalhos após as defesas. Formatar a dissertação em artigos é um processo desafiador. Mas, ao mesmo tempo, fornece segurança com relação à forma de escrever, de expor a si mesmo e ao conteúdo, à medida que se submete os artigos à periódicos e/ou eventos, e tem-se uma avaliação por parte dos árbitros. Por certo, a crítica pode indicar problemas, porém ela suscita a reflexão, enseja a reestruturação de ideias, ou do texto em si, contribuindo para que o trabalho final se torne de melhor qualidade. Assim, as chances de que os mestres continuem a publicar, após as defesas, podem aumentar. No caso da presente pesquisa, os dados explorados no artigo três foram levados, em parte, à VII Reunião Latino-Americana sobre Ensino de Física (NICOLODELLI; PEDUZZI, 2009), e também ao 3º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa/VI Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa (NICOLODELLI; PEDUZZI, 2010).

É uma insatisfação geral dos pesquisadores da área de Ensino de Ciências o distanciamento entre as investigações desenvolvidas nas universidades e a sala de aula das escolas básicas. Zeichner (1998) aponta que “há claras evidências de que somente em poucos casos a pesquisa acadêmica tem estimulado reformas em escolas”. São diversas as justificativas para esse problema, mas é fato que pesquisas de mestrado e doutorado pouco são divulgadas fora das portas da universidade. Muitas vezes, os programas de pós-graduação, ou as bibliotecas universitárias, onde se encontram as cópias dos trabalhos, são desconhecidos ou inacessíveis àqueles que atuam nas escolas. Entretanto, os periódicos são, em grande parte, acessíveis através da *internet*. Artigos de uma mesma dissertação, se remetidos à publicação em diferentes periódicos, ganham visibilidade, e, conforme Teixeira (2010, p. 15), propiciam “uma maior contribuição tanto para os professores que pretendam fazer uso dos artigos em suas atividades de sala de aula, quanto para os pesquisadores que queiram utilizar os mesmos em suas investigações”.

Acredita-se, enfim, que a submissão à publicação dos artigos que compõem essa pesquisa, dê continuidade a um processo que teve início

com a participação da autora nos eventos científicos mencionados previamente.

O primeiro capítulo da dissertação, que corresponde ao artigo um, apresenta o referencial da teoria da aprendizagem significativa, com destaque para os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Os mapas conceituais são também abordados neste capítulo, que aponta suas potencialidades como ferramentas para a organização do conhecimento. Nesses termos, apresentam-se as especificidades da elaboração dos mapas quando o objeto de estudo é a história da ciência. Discute-se também a potencialidade integradora dessas ferramentas, que articuladas ao conteúdo da história mostram-se condizentes para lidar com a fragmentação do conhecimento físico.

Sob o pressuposto da relevância da história da ciência no ensino de física, apresenta-se, no artigo (capítulo) dois, um diagnóstico inicial da situação de presença ou ausência de disciplinas que enfoquem especificamente o tema, nos cursos de física das Instituições de Ensino Superior Federais. Para isso, estabeleceram-se critérios seletivos, e as disciplinas foram classificadas segundo três grupos. Os dados coletados, bem como as próprias categorias seletivas e classificatórias, foram sujeitas à discussão e à crítica por estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia, no segundo semestre de 2010.

O terceiro artigo (capítulo três) contempla uma discussão sobre as possibilidades advindas da vinculação entre o uso de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem e de mapas conceituais, à disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”. Apresenta-se também os fatores limitantes dessa articulação. Analisa-se o ambiente virtual proposto como uma ferramenta potencialmente significativa, nos termos ausubelianos, e destaca-se mapas construídos por estudantes, em dois semestres, com base nos conteúdos de uma das unidades de ensino da disciplina. Esse artigo contempla uma versão mais detalhada dos trabalhos de Nicolodelli e Peduzzi (2009, 2010).

O quarto e último artigo (capítulo quatro), destaca a fundamentação teórica que subsidia a elaboração de mapas conceituais baseados em questões focais que potencializam a estruturação de proposições dinâmicas entre conceitos, e apresenta os resultados advindos do terceiro estudo realizado na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”. Nesse caso, envolveu-se os estudantes na elaboração de mapas retratando diversos conceitos físicos, em diferentes momentos da história da ciência. Nele discute-se diretamente a questão de pesquisa proposta nessa dissertação, evidenciando-se como, por meio

de mapas, pode-se chegar a uma organização mais ampla do conhecimento, que perpassa a fragmentação conteudista, comum nos cursos de formação em física.

REFERÊNCIAS

CASSIDY, D.; HOLTON, G.; RUTHERFORD, J. **Understanding Physics**. New York: Springer-Verlag, 2002, 768 p.

FREITAS, F. H. A. **Os estados relativos de Hugh Everett III: uma análise histórica e conceitual**. 2007. 79 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

HOLTON, G. **The scientific imagination: case studies**. United States of America: Cambridge University Press, 1978, 382 p.

MARTINS, R. A. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. ed. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2006, 381 p.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

NICOLODELLI, D.; PEDUZZI, L. O. Q. **Mapas Conceituais em um ambiente virtual de aprendizagem em uma disciplina sobre história da física**. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE ENSINO DE FÍSICA, 7, 2009, Porto Alegre.

NICOLODELLI, D.; PEDUZZI, L. O. Q. **História da física através de mapas conceituais: superando dificuldades**. In: ENCONTRO

INTERNACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 6, 2010, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, jul 2010. p.23.

OLIVEIRA, A. M. P. **Modelagem matemática e as tensões nos discursos dos professores.** 2010, 200 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

PINHO-ALVES, J. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista.** 2000. 312 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SOUZA, O. Autoria e autonomia em questão: dificuldades de recém-mestres continuarem escrevendo, apresentando trabalhos em eventos e publicando. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 1, n. 2, p. 154-166, maio/ago 2006.

TEIXEIRA, E. S. **Argumentação e abordagem contextual no ensino de física.** 2010. 148 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

WESTPHAL, M. **A formação pedagógica no curso de licenciatura em física da UFSC e a prática docente dos egressos desse curso.** 2006. 259 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ZEICHNER, K. M. Para além da divisão entre professor-pesquisador e pesquisador acadêmico. In: GERALDI, C. M.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. (Org.) **Cartografia do trabalho docente:** professor(a)-pesquisador(a). Campinas: Mercado de Letras, 1998, 336 p.

CAPÍTULO 1

**MAPAS CONCEITUAIS NO ÂMBITO DA HISTÓRIA DA
FÍSICA: EM BUSCA DE UMA ORGANIZAÇÃO MAIS
AMPLA DO CONHECIMENTO**

1 MAPAS CONCEITUAIS NO ÂMBITO DA HISTÓRIA DA FÍSICA: EM BUSCA DE UMA ORGANIZAÇÃO MAIS AMPLA DO CONHECIMENTO

Danielle Nicolodelli Tenfen¹

Luiz O. Q. Peduzzi²

¹UFSC / Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,
dntenfen@gmail.com

²UFSC / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica, peduzzi@fsc.ufsc.br

Resumo: A elaboração de mapas de conceitos, em diversos contextos educacionais, é fundamentada na teoria da aprendizagem significativa. Argumenta-se nesse trabalho que, como ferramentas em um processo de construção de significados, mapas conceituais aliados ao estudo da evolução histórica dos conceitos físicos, podem favorecer uma organização mais ampla do conhecimento em questão. A união entre essas ferramentas e a história da ciência apresenta-se como uma alternativa válida e interessante para contornar a fragmentação dos conteúdos, comum em disciplinas específicas dos cursos de física. Ramos de um mapa conceitual ou diferentes mapas representando os conceitos em momentos distintos da história da ciência, quando devidamente integrados, podem estimular a reconciliação integrativa, e refletir atributos específicos apontados e discutidos no presente trabalho.

Palavras-chave: aprendizagem significativa; mapa conceitual; história da física; organização do conhecimento.

Abstract: The concept mapping is in many educational contexts based on the meaningful learning theory. It is argued in this paper that, as tools in a process of meaning construction, concept maps combined with the study of the historical evolution of physical concepts can support a more extensive knowledge organization. The combination of these tools with the history of science presents itself as a valid and interesting alternative to overcome the content fragmentation, usual in specific disciplines of physical science courses. The branches of a concept map or different maps representing concepts in distinct moments in the history of science, when properly integrated, can stimulate integrative

reconciliation, and reflect specific attributes pointed out and discussed in this paper.

Keywords: meaningful learning; concept map; physics history; knowledge organization.

1.1 INTRODUÇÃO

Encontra-se na literatura pesquisas que buscam vincular os pressupostos da teoria da aprendizagem significativa (TAS) com as contribuições da história e da filosofia da ciência para o ensino. Salvi e Batista (2008, p. 34-44), por exemplo, propõe um estudo onde aproximam os princípios da aprendizagem significativa crítica e as ideias de Hugh Lacey¹, debatendo a questão de valores na formação docente em educação científica.

Nascimento et al. (2008, p.116-126) apresentam um estudo realizado com turmas de sétima série de escolas públicas do Paraná. Em cinco encontros com os estudantes, os autores relatam o trabalho com uma sequência didática voltada para a aprendizagem do sistema circulatório. Um texto histórico contendo os principais desenvolvimentos sobre o tema foi lido e discutido com os alunos, que por sua vez elaboraram mapas conceituais. Com sua proposta, Nascimento e colaboradores concluem que, articulando uma utilização adequada da história da ciência com a escolha de estratégias metodológicas diferenciadas, os professores podem “reduzir em seus alunos a visão de uma ciência marcada por visões empiristas/indutivistas, ainda tão presentes nas salas de aula” (NASCIMENTO et al., 2008, p. 125).

Alves et al. (2010, p. 44-47) destacam em sua pesquisa, a utilização de mapas conceituais para ensinar metrologia. Posters cujo conteúdo era a evolução histórica das definições das unidades da base SI, serviram como fundamento para a proposição de uma sequência didática, trabalhada com estudantes de uma escola estadual do Rio de

¹ Hugh Lacey é filósofo da ciência e professor no Swarthmore College, na Pensilvânia, E.U.A. Suas linhas de pensamento criticam o modo como a ciência e a tecnologia são praticadas no atual estágio do capitalismo, e propõem concepções alternativas, no desenvolvimento das quais os movimentos populares têm um papel fundamental. FONTE: <http://www.ufmg.br/ieat/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=87&Itemid=213> Acesso em: 25/01/2010.

Janeiro, durante uma aula de física. Uma das características evidenciadas nos posters era uma linha do tempo. Essa disposição cronológica da informação, acabou refletida nos mapas conceituais dos estudantes.

No intuito de aproximar a teoria da aprendizagem significativa com os estudos de conteúdos físicos por intermédio da história da ciência, o presente trabalho busca discutir, teoricamente, de que forma a vinculação entre mapas conceituais e a história da física pode favorecer uma organização mais ampla do conhecimento, em termos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Uma organização “mais ampla” subjaz a superação da fragmentação dos conteúdos, comumente estudados de forma estanque em disciplinas dos currículos dos cursos de graduação em física.

Para isso, nas seções seguintes, caracteriza-se a TAS, e ilustra-se, inicialmente, a utilização de mapas conceituais em diferentes contextos e com distintos objetivos educacionais. A partir desse panorama mais geral, destaca-se o contexto que envolve a história e a filosofia da ciência, e discute-se especificidades advindas da sua articulação aos mapas conceituais.

1.2 UM DELINEAMENTO SOBRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa, inicialmente proposta por David P. Ausubel, enquadra-se em uma perspectiva cognitivista-construtivista. Ao contrário do que propõe o comportamentalismo, que aplicado ao ensino acaba “promovendo o treinamento ao invés da educação, a aprendizagem mecânica ao invés da significativa” (MOREIRA, 2009, p. 11), a perspectiva cognitivista considera que “a experiência consciente diferenciada e claramente articulada (por exemplo, conhecer, compreender, raciocinar, etc.) fornece os dados mais significativos para a ciência psicológica” (AUSUBEL, 2003, p. 42). Nessa perspectiva, ao deixar de lado as relações estímulo-resposta, as preocupações voltam-se para “[...] o aprender a pensar e o aprender a aprender, e não [para] com a obtenção de comportamentos observáveis” (VASCONCELOS; PRAIA; ALMEIDA, 2003).

Nesse sentido, Moreira e Masini (1982), afirmam que a aprendizagem significativa, conceito central da teoria, “é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser

que aprende e esse complexo organizado é chamado estrutura cognitiva”. Pode-se acrescentar, que essa estrutura “contém tanto o conhecimento substantivo (não literal) [...] quanto suas propriedades organizacionais principais num campo de conhecimentos particular num determinado momento” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 137).

Na aprendizagem significativa, a aquisição de novas informações ocorre de maneira não arbitrária e não literal. No entanto, é preciso que a estrutura cognitiva do aprendiz contenha conceitos ou proposições relevantes, com os quais as novas informações possam interagir nesses termos. Os conceitos, ideias ou proposições que pré-existem na estrutura cognitiva são denominadas por Ausubel de subsunçores.

A não literalidade e a não arbitrariedade na aquisição de informações, relaciona-se ao fato de que o conhecimento prévio do indivíduo dispõe de certa organização, de maneira que a informação a ser aprendida interage com subsunçores específicos, direcionados à área de conhecimento em questão. Por esse processo, os subsunçores servem de âncoras para as novas informações que, por sua vez, ao adquirirem significado, “contribuem para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2006, p. 16). Acrescenta-se ainda que “se a estrutura cognitiva for clara, estável e adequadamente organizada, significados precisos e não ambíguos emergem, tendendo a reter sua força de dissociação ou disponibilidade” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 138).

Muitos acontecimentos se passam em sala de aula, e estes, de acordo com Peña et al. (2005, p. 65), estão centrados em alguns elementos fundamentais: o ensino, que cabe ao professor; e a aprendizagem, onde o aluno é protagonista principal, tendo em vista o caráter idiossincrático. Os autores citam ainda o conhecimento como um terceiro elemento, que permeia a relação entre os demais. Esse conjunto de afirmações ilustra que, tanto o ensino quanto a aprendizagem, dependem de diversos aspectos que precisam estar em sintonia. A maneira como o conhecimento permeia a relação entre professor e aluno pode levar a distintos resultados. No caso da aprendizagem significativa, o professor exerce papel fundamental na estruturação de materiais e conteúdos de aprendizagem logicamente organizados. Ou seja, o docente é essencial para garantir que “o material aprendido seja potencialmente significativo – principalmente incorporável à sua [do aluno] estrutura de conhecimento através de uma relação não arbitrária e não literal” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34). Contudo,

a disposição do aprendiz em aprender significativamente é condição preponderante, uma vez que

independentemente da quantidade de potenciais significados que pode ser inerente a uma determinada proposição, se a intenção do aprendiz for memorizá-la de forma arbitrária e literal, i.e., como uma série de palavras relacionadas de forma arbitrária e inalterável, quer o processo de aprendizagem, quer o resultado desta devem ser necessariamente memorizados e sem sentido. (AUSUBEL, 2003, p. 56).

A aprendizagem significativa encontra-se em um dos extremos de um *continuum*, em oposição à aprendizagem mecânica. É importante considerar que essas duas formas de aprender, apesar de opostas, não são excludentes, uma vez que um determinado conhecimento adquirido mecanicamente pode permanecer na estrutura cognitiva, e ser resgatado como um ponto inicial, a partir do qual passa-se a desenvolver uma aprendizagem significativa.

Ressalta-se também que, tanto uma aprendizagem receptiva quanto uma aprendizagem por descoberta podem ser mecânicas ou significativas. A diferença entre elas, está na maneira com que a informação chega ao aprendiz, entretanto:

O que determina a significatividade da aprendizagem de um novo conhecimento não é a maneira como o aprendiz tem acesso, por recepção ou descoberta, a tal conhecimento mas o modo como ele é relacionado – literal ou substantivo, arbitrário ou não – à estrutura cognitiva do aprendiz. (MOREIRA, 2009, p. 32)

À medida que ocorre a interação entre novos conhecimentos e a estrutura cognitiva existente, evidencia-se o processo de assimilação dos significados, que torna os subsunçores mais amplos e estáveis. “O significado das novas ideias tende, ao longo do tempo, a ser assimilado, ou reduzido, pelos significados mais estáveis das ideias estabelecidas” (MOREIRA, 2006, p. 30). A seleção dos significados mais abrangentes em prol dos mais específicos é característica do processo denominado assimilação obliteradora.

Pode-se falar em três tipos de aprendizagem significativa: subordinativa, superordenada e combinatória. Conforme as novas informações interagem com os subsunçores, ocorre a aprendizagem subordinativa. Ou seja, novos conceitos, ideias ou proposições são aprendidos como subordinados àqueles mais gerais e inclusivos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Como exemplo, poderia-se citar o conceito de movimento, que é um conceito geral, e subordinados a ele podem estar os conceitos de uniforme, não uniforme, relativo, etc. A aprendizagem subordinativa pode se manifestar de duas maneiras: derivativa, no caso de um novo conhecimento ser entendido como exemplo específico de um subsunçor; ou correlativa, quando o novo conhecimento passa a ser uma extensão ou modificação do conceito prévio a ele relacionado.

A aprendizagem superordenada “ocorre no curso do raciocínio ou quando o material apresentado é organizado indutivamente ou envolve a síntese de ideias compostas” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 49). Ou seja, nesse tipo de aprendizagem enquadram-se aquelas informações aprendidas que são mais amplas, geradoras de diversas ideias.

Na aprendizagem do tipo combinatória situam-se os casos em que “[...] uma proposição potencialmente significativa não pode ser relacionada a ideias superordenadas ou às subordinativas na estrutura cognitiva do aluno, mas é relacionável a um conjunto de conteúdos relevantes a esta estrutura” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 33). Um exemplo claro de aprendizagem combinatória está relacionado aos conceitos de massa e energia. Em um curso inicial de física, aprende-se o conceito de massa, bem como o conceito de energia, que, apesar de não ser definido precisamente, pode ser compreendido à medida que se fala em transformação. Mas, conforme avança nos estudos, um estudante de física se deparará com uma equivalência entre estes conceitos. A aprendizagem desta equivalência não implica em subordinar o conceito de massa ao de energia e nem o contrário. Também não é o conceito de massa uma generalização do conceito de energia e vice-versa. Assim, a equivalência massa-energia implica numa aprendizagem combinatória desses dois conceitos.

1.3 A DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E A RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA

Segundo a TAS, “a compreensão do novo conhecimento é adquirida e construída pelo aprendiz, por meio da interação com algum conhecimento prévio que ele dispõe”(MASINI, 2010, p. 33). As relações de subordinação, superordenação e combinação de conceitos, ideias ou proposições delineiam a organização hierárquica da estrutura cognitiva. A assimilação de novos significados torna evidente essa hierarquização conforme ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos subsunçores.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 103), “quando se submete uma nova informação a um determinado conceito ou proposição, a nova informação é aprendida e o conceito ou proposição inclusiva sofre modificações”. Esse processo de modificação é chamado de diferenciação progressiva, e é característico da aprendizagem subordinativa.

Em certos casos, “os elementos existentes da estrutura cognitiva podem assumir uma nova organização e, portanto, novo significado” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 104). Essa característica relaciona-se ao processo de reconciliação integrativa, que consiste na recombinação dos subsunçores, implicando em significados novos mais ricos.

É possível avaliar o grau de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa dos conceitos presentes na estrutura cognitiva de aprendizes, através de mapas conceituais elaborados com referência a determinados conteúdos. Porém, para que a informação refletida nos mapas seja entendida como advinda de um processo de aprendizagem significativa, é preciso que os estudantes estejam empenhados em aprender dessa forma e também na tarefa de estruturação dos mapas. Caso contrário, os mapas podem refletir apenas 'aquilo que o professor gostaria de saber', e assim, a tarefa passa a caracterizar pura e simplesmente um processo mecânico de veiculação de conhecimento.

1.4 OS MAPAS CONCEITUAIS E ALGUNS DOS SEUS DIVERSOS CONTEXTOS DE APLICAÇÃO

Mapas conceituais consistem em ferramentas que “têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 31). A teoria proposta por Ausubel não faz menção aos mapas, no entanto, a fundamentação por trás da construção dos mesmos advém dessa teoria. Esses instrumentos

são adequados para refletir a potencialidade do material e da estratégia de ensino proposta pelo professor; para auxiliar na construção do conhecimento do sujeito que aprende; assim como para avaliar de que forma a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa contribuem efetivamente para a ampliação dos significados e a organização do conhecimento.

Da mesma forma que a estrutura cognitiva, os mapas conceituais são arquitetados hierarquicamente, “com os conceitos mais inclusivos, mais gerais no topo do mapa, e os conceitos mais específicos, menos gerais arranjados hierarquicamente abaixo” (NOVAK; CAÑAS, 2008, tradução nossa). Os exemplos são considerados como termos mais específicos.

Tendo em vista que as relações de subordinação, superordenação e combinação conceitual, de ideias e de proposições, ocorre na estrutura cognitiva do aprendiz, que por sua vez é única, quem acaba por definir a hierarquização refletida no mapa é o próprio construtor. No entanto, à medida que um professor organiza logicamente a estrutura conceitual a ser trabalhada em uma dada disciplina, ele pode esperar que certos conceitos estejam presentes nos mapas.

Quando utilizado como recurso instrucional, um mapa deve “permitir uma leitura de cima para baixo ou de baixo para cima, explorando relações entre todos os conceitos” (COSTAMAGNA apud RUIZ-MORENO et al., 2007), promovendo a reconciliação integrativa e evidenciando a diferenciação progressiva. Mapas contendo palavras de ligação, que “permitem construir frases com significado lógico e proposicional” (MOREIRA, 1980), auxiliam o docente no entendimento das relações entre conceitos estabelecidas pelo aprendiz. Portanto uma escolha coerente dessas palavras é de extrema importância.

A figura 1 ilustra a estrutura de um mapa conceitual de acordo com a teoria ausubeliana. Cabe lembrar que um mapa não é um diagrama estático, podendo ser constantemente alterado pelo seu autor, conforme ele adquire novas informações e reorganiza as relações conceituais já conhecidas.

Diversas pesquisas foram e continuam sendo realizadas no âmbito do ensino de ciências, a respeito da utilização de mapas conceituais. Valadares, Fonseca e Soares (2004), referindo-se ao ensino de física, apontam que as concepções que os estudantes possuem quando começam uma tarefa de aprendizagem, bem como ideias intuitivas, tornam-se mais explícitas através dessas ferramentas.

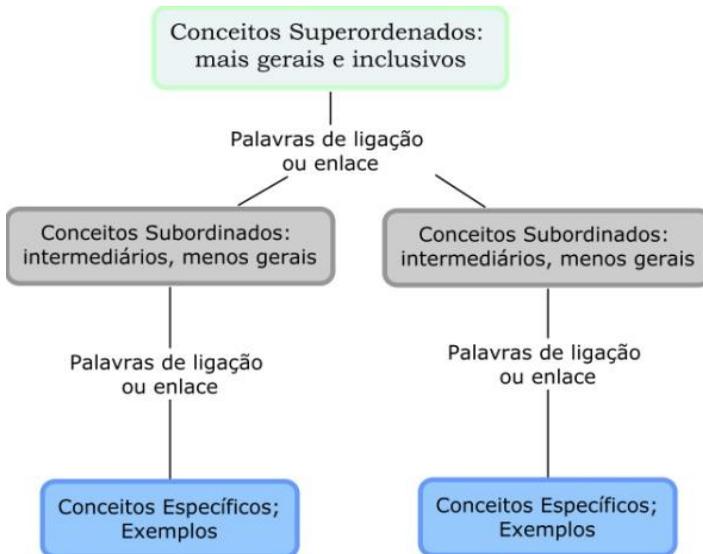


Fig. 1: Diagrama mostrando a estrutura básica de um mapa conceitual segundo a teoria ausubeliana [Adaptado de Moreira (2006, p. 47)].

Em estudo desenvolvido na Faculdade de Ciências/UNESP/Bauru, Almeida, Souza e Urenda (2003), apresentam um trabalho com mapas elaborados em disciplinas de Estrutura da Matéria, de um curso de licenciatura em física. A figura 2 trás o mapa conceitual sobre efeito fotoelétrico estruturado por um aluno envolvido nessa pesquisa. No caso desse estudo, para avaliação, os autores ajustam os mapas, com intuito de evidenciar as características hierárquicas e as ligações transversais, de modo que possam ser facilmente enquadrados no modelo de pontuação estabelecido por Novak e Gowin (1984, p. 53).

Almeida e Moreira (2008) apresentam mapas de conceitos elaborados por estudantes de graduação em física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O objetivo central da investigação foi “analisar a utilização dos mapas conceituais como instrumentos potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa de conceitos envolvidos no estudo da óptica física”. A figura 3 reproduz um dos mapas, que conforme os autores, apresenta-se em sua forma original, ou seja, anterior ao momento que foi reservado para discussão, de modo que representa “os conhecimentos que os alunos foram capazes de reunir sem intervenção”.

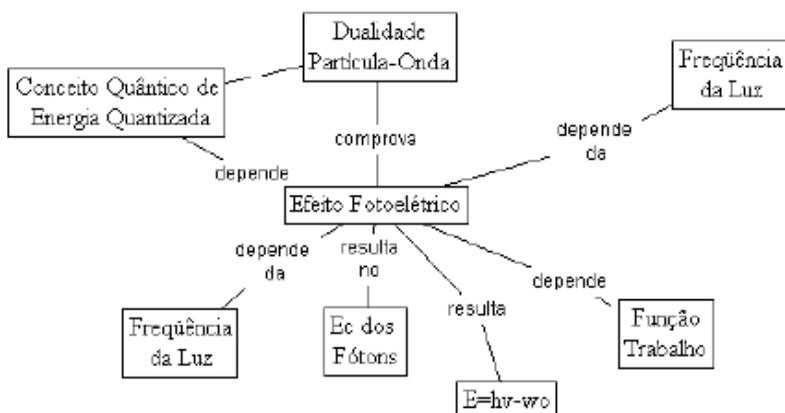


Fig. 2: Mapa conceitual sobre efeito fotoelétrico elaborado por um aluno (ALMEIDA; SOUZA; URENDA, 2003).

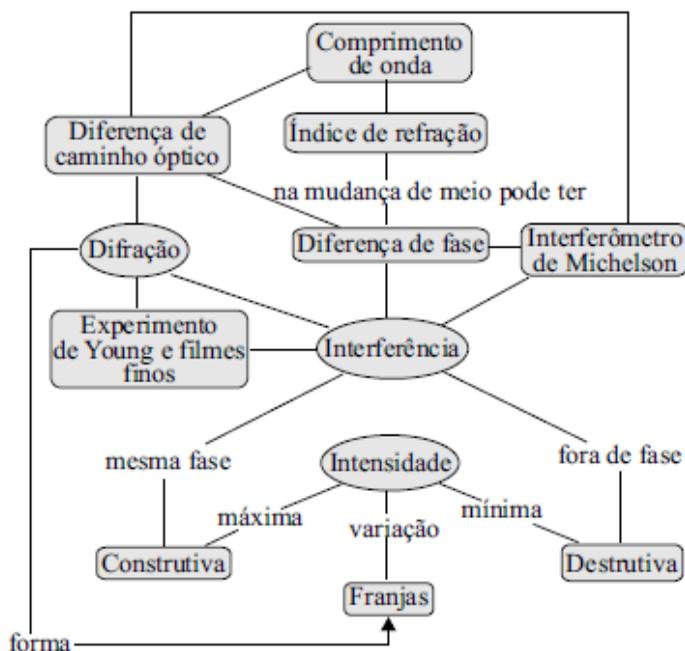


Fig. 3: Mapa conceitual elaborado por um grupo de graduandos em física da UFRGS (ALMEIDA; MOREIRA, 2008).

Pinheiro e Costa (2009) fazem um relato da implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais, em uma turma de terceiro ano de ensino médio. Um texto de caráter histórico, elaborado para professores desse nível de ensino, foi adaptado para os estudantes. Nele abordou-se desde as ideias gregas da constituição da matéria até o atualmente aceito modelo padrão. A partir desse material, foram propostas algumas atividades, dentre as quais destaca-se a estruturação de mapas conceituais, pelos alunos. As autoras constataram que algumas das dificuldades apresentadas pelos estudantes na construção desses mapas, relacionavam-se a insuficiências nas palavras de ligação, e ao entendimento do que seria a hierarquização. No entanto, consideraram como positiva a apresentação dos mapas feitos pelos alunos para os demais colegas, o que os incentivou a repensar a tarefa. Dos resultados apresentados no artigo, destaca-se o mapa da figura 4, como a terceira versão produzida por um dos grupos de estudantes.

Pesquisas recentes apontam para a utilização de mapas conceituais concomitantemente a outras ferramentas. Tavares (2008) descreve uma proposta que alia mapas e animações interativas. Segundo o autor, “o mapa conceitual pode atuar como estruturador global do conhecimento que esteja sendo estudado com determinada abrangência e a animação interativa irá examinar cada tópico (ou conceito) do conteúdo passível de ser modelado”.

Nakamoto et al. (2005) apresentam um estudo onde esses instrumentos foram utilizados em conjunto com um sistema chamado Laboratório Virtual de Física, considerando o pouco acesso que alunos têm a laboratórios nas escolas. Nessa perspectiva, os mapas foram empregados “para auxiliar na organização e distribuição dos conceitos relacionados aos conteúdos a serem desenvolvidos (utilizados na simulação)”.

Nunes e Del Pino (2008) apresentam uma estratégia didática empregada ao longo de uma disciplina de química, com uma turma de primeiro ano de ensino médio, cuja intenção era investigar a aprendizagem quando da integração das componentes curriculares de química e biologia.

Correia, Donner Jr e Infante-Malachias (2008) propõem a utilização do mapeamento conceitual como forma de “romper as fronteiras que segregam o conhecimento científico em disciplinas isoladas”.

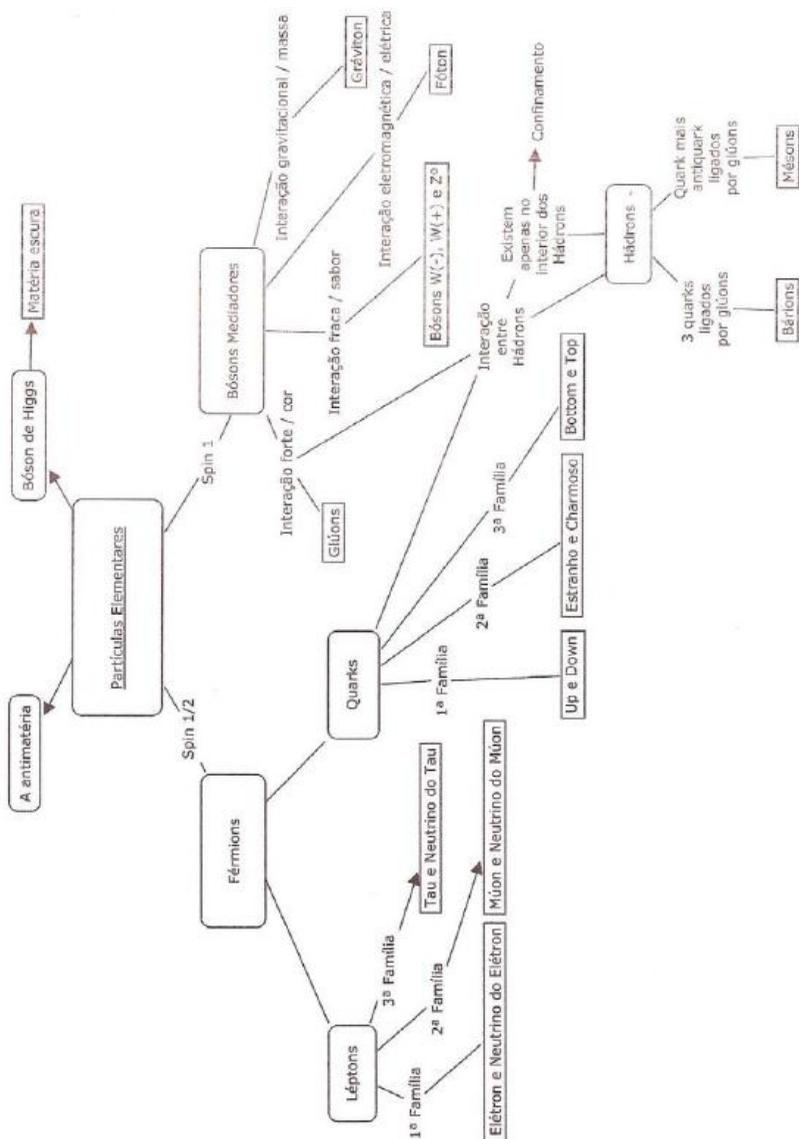


Fig. 4: Terceira versão de um mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado por estudantes (PINHEIRO; COSTA, 2009)

1.5 MAPAS CONCEITUAIS E A HISTÓRIA DA FÍSICA: ALIADOS NA ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

A história da ciência é considerada por inúmeros pesquisadores como uma rica fonte de discussões dos conceitos científicos, bem como das visões de ciência concebidas por professores e estudantes. Matthews (1995), por exemplo, menciona que a história, a filosofia e a sociologia da ciência podem ser humanizadoras, contextualizadoras, favoráveis ao desenvolvimento do pensamento crítico. Além de permitir discussões a respeito da natureza do trabalho científico, situar os contextos de descoberta e justificativa dos diversos conceitos e corpos teóricos, essa história e sua filosofia contribuem também para

um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Uma vez reeconhecidas as potencialidades da utilização da história da ciência no ensino, e dos mapas conceituais como ferramentas para a organização do conhecimento, supõe-se que a articulação entre ambos possa ser favorável ao estabelecimento de uma visão mais integradora da ciência, que perpassa a fragmentação do conhecimento científico estabelecida para fins didáticos.

Essa visão mais ampla da ciência/física pode favorecer a aprendizagem significativa superordenada, tendo em vista conceitos como o de força que, por exemplo, aparece nos estudos de mecânica tanto quanto nos estudos de eletromagnetismo e da física nuclear. Ou seja, ao romper com a fragmentação da física nas áreas comumente estabelecidas, torna-se possível reorganizar os significados dos conceitos, uma vez que fica evidente que os mesmos perpassam as diferentes áreas.

Ampliados os significados dos conceitos físicos, abre-se espaço para que os mapas conceituais tornem-se cada vez mais ricos, refletindo novos níveis hierárquicos, como evidências de uma diferenciação progressiva pormenorizada. Uma visão mais global dos conceitos pode

repercutir também na ampliação das relações cruzadas entre eles, que em um mapa explicitam a reconciliação integrativa.

A fragmentação do conhecimento científico, reflete-se na estrutura das disciplinas dos currículos dos cursos de física, que, em geral, abordam separadamente as áreas da mecânica, óptica, eletromagnetismo, hidrostática, dentre outras. Contudo, inevitavelmente, essa fragmentação pode estender-se também às disciplinas específicas sobre a história da ciência/física. Em determinadas bibliografias, percebe-se já na estruturação de seus capítulos, que é difícil tratar a história da ciência como um todo, sem estabelecer algum tipo de divisão. No livro de Rocha (2002), os capítulos seguem de forma semelhante, a estrutura fragmentada típica dos cursos de física: o primeiro capítulo trata da mecânica; o segundo da termodinâmica e da mecânica estatística; o terceiro da origem e evolução do eletromagnetismo; o quarto da relatividade; o quinto e último aborda aspectos da física moderna.

Na obra de Pires (2008), os capítulos iniciais remetem à “Ciência na Antiguidade”, a “Física na Idade Média”, destacando posteriormente Galileu, Bacon, Descartes, Huygens e a mecânica newtoniana. O sétimo capítulo, o autor dedica à energia, calor, entropia; o oitavo à teoria eletromagnética e o nono à relatividade restrita. Os capítulos seguintes abordam aspectos do caos e determinismo, da mecânica quântica e partículas elementares.

No âmbito mais geral da história da ciência, a obra “História ilustrada da ciência”, de Colin A. Ronan (2001), estrutura-se em quatro livros. O primeiro deles intitula-se “Das origens à Grécia”, o segundo “Oriente, Roma e Idade Média”, o terceiro “Da renascença à revolução científica”, e o quarto “A ciência nos séculos XIX e XX”.

Pela forma com que essas obras se estruturam, é presumível admitir que a superação da fragmentação do conhecimento pelo estudo da história só é viável se o professor adotar uma postura onde, preocupado com a integração histórica dos conteúdos, seja capaz de desenvolver estratégias metodológicas voltadas para a minimização desse efeito. Nesse sentido, os mapas conceituais podem ser bastante úteis, tanto quando empregados na organização das disciplinas, quanto ao serem elaborados por estudantes ou utilizados como ferramenta instrucional em sala de aula, na qual se desenvolva uma metodologia que valorize a organização mais ampla do conhecimento em questão.

Contudo, na articulação de mapas conceituais à história da ciência, surgem alguns aspectos específicos que precisam ser discutidos. No mapa conceitual da figura 5, elaborado pelos autores desse trabalho,

percebe-se que o termo central, “filosofia natural aristotélica” não é conceitual. Portanto poderia-se questionar sua presença em um mapa de conceitos. De forma geral, Novak e Gowin (1984, p. 100-101) exemplificam em sua obra um mapa que representa ideias-chave de uma disciplina de história a nível secundário. Nesse mapa, aparecem termos específicos como “sete reis”, “Julio Cesar”, “Augusto”, “Pompeia”, que não necessariamente expressam conceitos. A partir desse exemplo, percebe-se que, quando se trata da história, alguns nomes de lugares ou pessoas podem ser considerados elementos-chave para organização do conhecimento estudado em uma dada disciplina; mesmo que não sejam esses, essencialmente, elementos conceituais. Tais termos podem, inclusive, ser entendidos como superordenados, uma vez que representam uma síntese de ideias, e servem como geradores de outras.

Entretanto, cabe ressaltar que, segundo Ausubel (2003, p. 2), conceitos consistem em “objectos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo”. Ao propor estratégias para a introdução dos mapas conceituais em diversos níveis de ensino, Novak e Gowin (1984, p. 48) pontuam que “os nomes próprios não são conceitos mas sim nomes de pessoas, acontecimentos, lugares ou objectos específicos”. Sugerem que o professor “utilize alguns exemplos e ajude os alunos a perceber a distinção entre as palavras que traduzem as *regularidades* dos acontecimentos ou objectos e as que designam acontecimentos ou objectos específicos (são os nomes próprios)”. Dessa forma, nos mapas conceituais, os nomes deveriam ser esperados na base, representando especificidades.

Pinker (2007, p. 11, tradução nossa) destaca que:

Um nome realmente não tem definição em termos de outras palavras, conceitos ou imagens. Em vez disso, aponta para uma entidade no mundo, porque, em algum instante no tempo a entidade foi batizada com o nome e o nome pegou. [...] O nome aponta para uma pessoa no mundo da mesma maneira que eu posso apontar para uma pedra na minha frente agora.

A discussão feita pelo autor mostra que nomes próprios estão diretamente relacionados a uma determinada entidade, específica, única. Porém, ao mesmo tempo, Pinker (2007, p. 11) menciona em sua obra que os nomes são significativos. Os significados, conforme a TAS,

encontram-se na estrutura cognitiva dos indivíduos. Quando se trata da história da ciência, o significado atrelado a um nome pode ser amplo, inclusivo, representar uma informação superordenada.

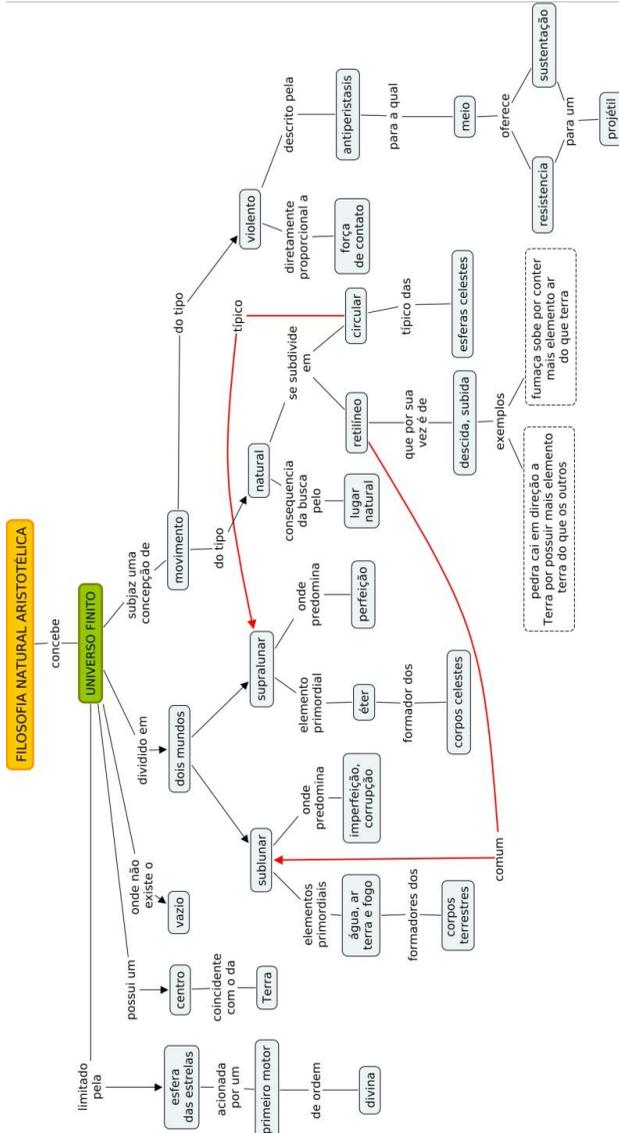


Fig. 5: Mapa conceitual sobre a filosofia natural aristotélica.

Caso se concorde com essa interpretação, pode-se afirmar que na aliança entre mapas conceituais e a história da ciência em favor da organização do conhecimento, nomes de estudiosos como Aristóteles, Galileu Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein dentre tantos outros, podem ser naturalmente encontrados em diferentes níveis hierárquicos, de acordo com os significados a eles atribuídos pelo aprendiz.

O termo “filosofia natural aristotélica” encontrado no topo do mapa da figura 5, subordina determinada concepção de universo. Por ser característico dessa filosofia, o mapa intercala aspectos físicos e metafísicos, uma vez que o momento histórico ao qual se refere é permeado por tentativas de entendimento do mundo, da natureza, e das relações entre os objetos e suas propriedades, através de explicações que remetem às causas e a descrição do ser enquanto ser. Como representado no mapa, um universo finito é consistente com a concepção da época, de um ser divino externo e limitante do mundo.

Em termos educacionais, sabe-se que os estudantes de todos os níveis de ensino chegam à sala de aula com diversas concepções alternativas àquelas cientificamente aceitas. É importante que o professor leve isso em conta, reservando tempo para conhecer tais concepções e trabalhando a partir delas para que, aos poucos, o estudante seja direcionado a um processo de reestruturação conceitual. Conforme Martins (2006, p. XXVI), “tanto para o docente quanto para o educando, o conhecimento da história da ciência pode ser muito útil, para essa transformação conceitual”.

Nesse sentido, um mapa como o da figura 5 pode ser utilizado, por exemplo, para discutir a relação entre força e movimento. Por estabelecer esse tipo de vínculo, a física aristotélica é incompatível com a ciência atual. Entretanto, cabe ressaltar que essa filosofia, caso não seja devidamente contextualizada e entendida, pode ser simplesmente julgada como errônea, dotada de concepções equivocadas e sem valor. Ao tratar da historiografia do passado, Martins (2000) afirma que era comum que historiadores da ciência adotassem um ponto de vista onde julgavam “o passado a partir daquilo que se aceitava no presente, valorizando os trabalhos que haviam levado às ideias da ciência atual e desprezando e criticando qualquer proposta antiga que tivesse sido abandonada posteriormente”. Ainda atualmente é preciso cuidado para não transmitir essa concepção de soberania absoluta das boas ideias aos estudantes, ignorando as potencialidades das teorias que, por diversos motivos, foram superadas.

Peduzzi (1996), ao apontar aspectos favoráveis à utilização da filosofia de Aristóteles no ensino de mecânica, afirma que “ainda que

não o seja matematicamente, a física aristotélica é uma teoria altamente elaborada, que transcende os fatos do senso comum que servem de base à sua elaboração”. Pode-se inferir que, dadas as condições da época, o corpo teórico da filosofia natural aristotélica explicava diversos fenômenos com maestria. Segundo Matthews (1995, p. 184)

Normalmente se diz que os aristotélicos tinham concepções errôneas sobre o mundo real, quando seria mais preciso dizer-se que eles tinham concepções errôneas sobre o mundo projetado e construído por Galileu e Newton, isto é, sobre os objetos teóricos da nova ciência e não sobre os objetos materiais que os circundavam.

É louvável na filosofia natural aristotélica que conceitos como o de lugar natural, tenham sido aceitos por tão longo período da história da física, tamanha sua potencialidade de explicação do movimento de queda dos corpos. Características como essa, discutidas através de mapas como o da figura 5², podem suscitar debates a respeito do caráter provisório do conhecimento.

Sabe-se que é intrínseco do homem querer conhecer sempre mais, e no desenvolvimento da ciência, as teorias são superadas ou complementadas por outras cada vez mais ricas. A discussão desses aspectos em sala de aula é favorável para a formação de visões mais refinadas a respeito do desenvolvimento do conhecimento científico, e pode ser fortalecida pela utilização de mapas conceituais que retratem a história da ciência. Mapas como o relativo à filosofia de Aristóteles podem tornar explícita a amplitude dos conhecimentos anteriores aos da nova ciência, e assim destacar os avanços e retrocessos em seu desenvolvimento.

Outro aspecto peculiar da elaboração de mapas conceituais no contexto histórico-epistemológico, refere-se à diferenciação progressiva. Em uma disciplina de caráter exclusivamente conteudista, um mapa conceitual construído a partir do conceito de força poderia representar, em termos de diferenciação progressiva, as especificações de força fraca, forte, elétrica, magnética, gravitacional, etc., como muito bem demonstra a figura 6. No entanto, em um estudo do conceito de força ao

² Pode-se considerar que apenas o mapa da figura 5 não seja suficiente para esse tipo de discussão. Porém imaginando uma situação didática em que fossem contrastados, analisados, diversos mapas conceituais retratando a sequência histórica que se segue à filosofia natural aristotélica, esse e outros aspectos da construção do conhecimento científico poderiam ser debatidos a partir desses mapas.

longo da história, um mapa pode trazer à tona concepções mantidas por diversos estudiosos, como, por exemplo, a “força amor” e “força ódio” de Empédocles, a “força impressa” de Hiparco de Nicéia (130 a. C), a “força impressa” de Filoponos de Alexandria, datada do início do século VI, e o “*impetus*”, de Buridan (1300-1358). Essas conceituações, inclusive, podem reunir semelhanças com certas concepções alternativas, mantidas por estudantes.

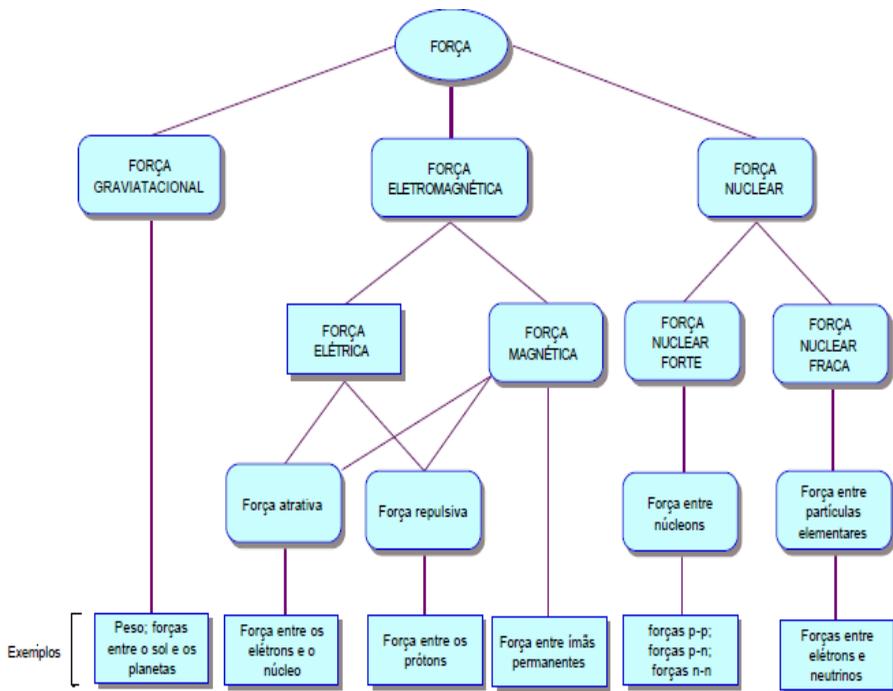


Fig. 6: Mapa conceitual centrado no conceito de força (MOREIRA, 2006a).

De forma ilustrativa, a figura 7 traz um mapa conceitual, também elaborado pelos autores desse trabalho, no qual se distinguem duas concepções de força: o Impetus de Buridan e a Força Impressa de Hiparco. Ambas, em sua época, eram subordinadas a uma visão de universo finito e variavam de acordo com a crença na existência ou não do vazio, gerando diferentes explicações para o movimento.

No que se refere à organização do conhecimento, é possível pontuar alguns aspectos relativos ao processo de reconciliação

integrativa. Em uma suposta situação didática, com o docente utilizando-se de diferentes mapas conceituais, retratando os conceitos físicos em distintos momentos da história, ou seja, mapas semelhantes aos apresentados nas figuras 5 e 7, possibilita-se ao aprendiz a assimilação de novos significados. Assim, torna-se viável uma reorganização do conhecimento existente na estrutura cognitiva, o que é característico da reconciliação integrativa da teoria ausubeliana. Esses mapas conceituais, quando devidamente fundidos em um mapa mais amplo, podem contrastar, por exemplo, concepções de movimento dependente de força, do passado, e aceleração de um corpo proporcional à força, como se entende hoje, levando a ricas discussões, mostrando-se assim como uma ferramenta interessante no processo de ressignificação, negociação de significados.

Um estudante universitário, futuro professor ou futuro cientista, que cursa uma disciplina de física básica, dificilmente estaria apto a elaborar mapas semelhantes aos das figuras 5 e 7. Isso porque a abordagem dos conceitos em disciplinas específicas da física não costuma englobar a história dessa ciência, fato esse que se mostra no mínimo incômodo, uma vez que, conforme Matthews (1995), “um professor de ciências com conhecimento de HFS pode auxiliar os estudantes a compreender exatamente como a ciência apreende, e não apreende, o mundo real, vivido e subjetivo”.

No ensino universitário, sabe-se que o contato do estudante com a história da ciência ocorre, via de regra, em disciplinas específicas para esse fim, quando essas existem no currículo. O uso de mapas conceituais nessas disciplinas, tanto pelo professor como pelo aluno, pode promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa dos conceitos estudados. Especialmente quando a ferramenta é parte integrante de uma metodologia que enseja uma interação não literal e não arbitrária do conhecimento contextualizado historicamente, com o conhecimento disponível na estrutura cognitiva dos aprendizes. Desse modo, pode-se buscar uma organização do conhecimento mais ampla, que perpassa a fragmentação típica das disciplinas específicas comuns a esses mesmos cursos.

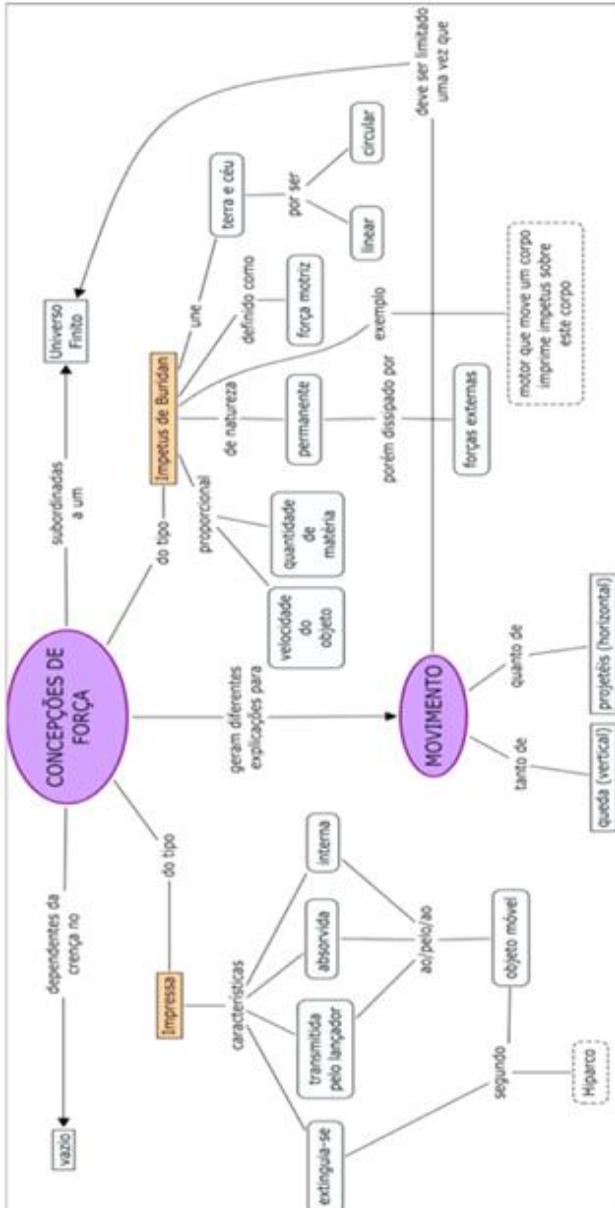


Fig. 7: Mapa conceitual sobre as concepções de força de Hiparco e Buridan.

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas conceituais destacam-se como ferramentas importantes para a organização do conhecimento, sendo que “constituem uma representação explícita e manifesta dos conceitos e das proposições que uma pessoa possui” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 35). Além disso, “são representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitarão a aprendizagem dessa estrutura”. (MOREIRA, 2005, p. 9). É importante ressaltar que, apesar de determinado corpo de conhecimento estar representado de forma concisa em um mapa, esses por sua vez retratam os conceitos mais relevantes, mais inclusivos.

Ao tratar da organização do conhecimento físico através da história da ciência articulada aos mapas conceituais, evidencia-se algumas especificidades que requerem a atenção tanto do professor como do aluno. Dentre elas, destaca-se a valorização de termos não conceituais nos mapas, que, de maneira semelhante aos conceitos superordenados, sustentam uma síntese de ideias, gerando diversas outras.

A representação de conceitos e teorias em certos períodos históricos, com o uso de mapas conceituais, tem um potencial didático muito grande, e ainda pouco explorado, particularmente em disciplinas de caráter histórico-epistemológico. Com essa forma de representação, é possível alcançar uma organização mais ampla do conhecimento, que não recai na fragmentação típica das disciplinas de física. Porém, em uma situação de ensino que priorize essa organização, é preciso o envolvimento do docente, com uma postura que valorize a construção do conhecimento, para auxiliar o aprendiz no estabelecimento de um número maior e mais significativo de relações entre conceitos. Quando o aluno constrói, e se utiliza o mapa para avaliação, “a principal idéia é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra, conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc.” (MOREIRA, 2009, p.12)

Conceitos advindos de diferentes períodos da história, representados em diferentes mapas capazes de se complementarem como ramos de mapas mais amplos, estimulam a diferenciação progressiva, e, em especial, a reconciliação integrativa da estrutura cognitiva.

Mesmo voltados para a história da física, os mapas conceituais tendem a ser sintéticos, sem que essa síntese recaia em uma redução simplificada do conteúdo. Nesse caso, os mapas acabam por apresentar uma história sucinta. Porém, os termos elencados no mapa devem ser relevantes historicamente, preservando a qualidade da história. Garante-se assim que o mapa não se reduzirá a um mero retrato de nomes e datas.

Mapas de cunho histórico podem ser eficientes ferramentas de ensino, especialmente de questões epistemológicas, ou seja, para levar o aluno a pensar sobre a ciência. Em termos de aprendizagem, são também potencialmente favoráveis, a medida que permitem ao aprendiz: analisar como os conceitos se modificam ao longo do tempo; confrontar concepções alternativas e desencadear o processo de reestruturação conceitual, quando necessário, ampliando significados. Como ferramenta para análise do conteúdo curricular, destaca-se que os mapas refletem as concepções de ciência do professor, dos estudantes, ou autor do texto utilizado no estudo da história, que podem tornar-se objetos de discussão, estimulando a criticidade.

Como parte de uma pesquisa mais ampla, Nicolodelli e Peduzzi (2009, 2010) apresentam resultados relativos a dois estudos que envolvem a elaboração de mapas conceituais por estudantes da disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, do Curso de Física da Universidade Federal de Santa Catarina. No primeiro desses trabalhos, discutem uma possível articulação entre o desenvolvimento de mapas conceituais e um ambiente virtual de aprendizagem voltado para a disciplina. No segundo, descrevem uma estratégia metodológica que fundamenta a elaboração desses mapas, pelos alunos. O foco geral de ambos é a organização do conhecimento dos estudantes, em termos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, em uma disciplina sobre a história da física.

Mesmo sendo um tema amplamente aberto à pesquisa, considera-se que os mapas conceituais, aliados à história da ciência e da física em particular, podem beneficiar uma organização mais geral do conhecimento físico adquirido pelos estudantes. Eles favorecem reflexões de cunho epistemológico e ontológico; estimulam a aprendizagem significativa; facilitam a diferenciação progressiva; ampliam as possibilidades de reconciliação integrativa e permitem uma visualização mais abrangente e integradora da física.

1.7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. O.; MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos da óptica física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n.4, 2008.

ALMEIDA, F. C. P.; SOUZA, A. R.; URENDA; P. A. V. **Mapas Conceituais**: avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Porto Alegre: s. n., 2004.

ALVES, L. S. et al. **Concept maps in the history of definitions SI base units: a collaborative learning proposal for the teaching of metrology**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING, 4. 2010. Viña del Mar. **Atas...** Chile, 2010.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Educational psychology: a cognitive view. 2nd ed. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1978. Tradução Eva Nick et. al., **Psicologia Educacional**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 625 p.

AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Tradução: Lígia Teopisto. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. 1^a ed. Lisboa: Paralelo Editora, jan. 2003, 226 p.

CORREIA, P. R. M.; DONNER JR, J. W. A.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Mapeamento conceitual como estratégia para romper fronteiras disciplinares: a isomeria nos sistemas biológicos. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 483-495, 2008.

MARTINS, R. A. Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista**, n. 10, p. 39-56, jan/jun. 2000.

_____. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. (ed.) 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006, 381 p.

MASSINI, E.F.S. Aprendizagem por compreensão e reflexão. In: MASSINI, E. F. S.; PEÑA, M. L. D. (Org.). **Aprendendo significativamente**: uma construção colaborativa em ambientes de ensino presencial e virtual. São Paulo, Vetor, 2010, 232 p.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3, p. 164-214, dez. 1995

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. **Ciência & Cultura**, v. 32, n. 4, p. 474-479, 1980.

_____. **Mapas conceituais no ensino de física**. Porto Alegre: Grupo de Ensino. Instituto de Física. Série Textos de Apoio ao professor de física, n. 3, 1992. Reimpressão 2005.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e a sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora UnB, 2006, 186 p.

_____. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006a, 103 p.

_____. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino se ciências**: comportamentalismo, construtivismo e humanismo. 1ª ed.

Porto Alegre, 2009, 64p. Disponível em: <
<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em: 28 de maio de 2010.

_____; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem Significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NAKAMOTO, P. T. et al. **Utilização de mapas conceituais na construção de ambientes virtuais de aprendizagem**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 25, 2005, Rios Grande do Sul. Unissinos, 2005. Disponível em: <<http://200.169.53.89/download/CD%20congressos/2005/SBC%202005/pdf/arq0116.pdf>>. Acesso: 31 de maio de 2010.

NASCIMENTO, E. G. et al. A história da ciência na aprendizagem do sistema circulatório. . In: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 2., 2008 Canela. **Atas...** Rio Grande do Sul, 2008.

NICOLODELLI, D.; PEDUZZI, L. O. Q. **Mapas Conceituais em um ambiente virtual de aprendizagem em uma disciplina sobre história da física**. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE ENSINO DE FÍSICA, 7, 2009, Porto Alegre.

NICOLODELLI, D.; PEDUZZI, L. O. Q. **História da física através de mapas conceituais**: superando dificuldades. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 6, 2010, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, jul 2010. p.23.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 1ª ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984. 212p.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **The theory underlying concept maps and how to construct and use them**. Institute for Human and Machine Cognition, Florida, 2008. Disponível em:

<<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em: 29 de setembro de 2009.

NUNES, P.; DEL PINO; J. C. Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n.1, p. 53-63, 2008.

PEDUZZI, L. O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 1, p. 48-63, abr 1996.

PEÑA, A. O. (Org.) **Mapas Conceituais**: uma técnica para aprender. São Paulo: Loyola, 2005, 238 p.

PINHEIRO, L. A.; COSTA; S. S. C. Relato sobre a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 101-116, 2009.

PINKER, S. **The Stuff of thought**: language as a window into human nature. United States of America. Viking, 2007.

PIRES, A. S. T. **Evolução das Ideias da Física**. São Paulo. Livraria da Física, 2008, 478 p.

ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e Evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002, 372p.

RONAN, C. A. **História ilustrada da ciência**. 4 v. Trad. Jorge Enéas Fortes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

RUIZ-MORENO, L. et al. Mapa Conceitual: Ensaio de Critérios de Análise. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 453-463, 2007.

SALVI, R. F.; BATISTA, I. L. **A análise dos valores na educação científica**: contribuições para uma aproximação da filosofia da ciência com pressupostos da aprendizagem significativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 2., 2008 Canela. **Actas...** Rio Grande do Sul, 2008.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Ciências & Cognição**, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008.

VALADARES, J; FONSECA; F. SOARES, M. T. **Using conceptual maps in physics classes**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING, 1., 2004, Pamplona. **Actas...** Espanha, 2004.

VASCONCELOS, C.; PRAIA, J. F.; ALMEIDA, L. S. Teorias de Aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 7, n. 1, jun. 2003.

CAPÍTULO 2

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA/FÍSICA NA FORMAÇÃO
DE PROFESSORES E CIENTISTAS: CONSIDERAÇÕES
SOBRE DISCIPLINAS ESPECÍFICAS DE CUNHO
HISTÓRICO E EPISTEMOLÓGICO DAS IES
FEDERAIS

2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA/FÍSICA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E CIENTISTAS: CONSIDERAÇÕES SOBRE DISCIPLINAS ESPECÍFICAS DE CUNHO HISTÓRICO E EPISTEMOLÓGICO DAS IES FEDERAIS

Danielle Nicolodelli Tenfen¹

Luiz O. Q. Peduzzi²

¹UFSC / Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,
dntenfen@gmail.com

²UFSC / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica, peduzzi@fsc.ufsc.br

Resumo: Esse trabalho visa estabelecer um reconhecimento inicial da situação de presença ou ausência de disciplinas específicas, de caráter histórico e/ou epistemológico, na formação de licenciandos e bacharelados em física, nas universidades federais brasileiras. A investigação baseou-se em informações extraídas das páginas eletrônicas disponibilizadas pelas instituições, com ênfase às ementas das disciplinas. Os dados foram submetidos à crítica e ao debate em uma disciplina optativa de um Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, no segundo semestre letivo de 2010. O tema suscita discussões necessárias e inadiáveis sobre o papel das disciplinas de cunho histórico-epistemológico nos currículos de física – como são concebidas e efetivamente conduzidas na prática.

Palavras-chave: história da física; filosofia da ciência; formação de cientistas; formação docente; ensino de física.

Abstract: This work aims to establish an initial recognition of the situation of presence or absence of specific courses of historical and/or epistemological feature in the undergraduates' and bachelors' training in Physics at the Brazilian Federal Universities. This research is based on information extracted from institutions websites, with emphasis on the courses summaries. The collected data were taken for examination and discussion in an elective course from a Graduate Program in Education, Philosophy and History of Science, in the second semester of 2010. The theme raises necessary and urgent discussions about the role of the historical-epistemological courses at the physics's curricula – how they

are designed and conducted effectively in practice.

Key-Words: physics history; philosophy of science; scientists training; teachers training; physics teaching.

2.1 INTRODUÇÃO

A fragmentação do conhecimento científico, para fins didáticos, é inevitável na divisão da física em disciplinas. Não obstante, através da história da ciência e da física em particular, na qual os conceitos e as teorias aparecem imersos em seu contexto de desenvolvimento, torna-se possível a construção de significados mais inclusivos, que perpassam a compartimentalização dos conteúdos.

Por essa e outras razões constantes na literatura, das quais as pesquisas e os argumentos de Neves (1992), Villani (2001), Silva e Martins (2003), Martins (2006), El-Hani (2006) e Ponczek (2009), são exemplos, é de interesse que os cursos de formação superior em física apresentem em seus currículos disciplinas voltadas para a história e a filosofia da ciência. Mais interessante ainda seria se, em diversas disciplinas da grade curricular, fossem abordados aspectos históricos e filosóficos, propiciando aos estudantes debates a respeito da natureza do conhecimento científico, seu desenvolvimento e suas implicações sociais. Como isso via de regra não acontece, cabe a disciplinas de cunho específico o preenchimento de certas lacunas na formação do estudante. Conforme sintetiza Massoni (2010, p. 59), a partir de uma ampla revisão da literatura

Parece haver certo consenso entre os pesquisadores na área de que a inclusão de disciplinas de Epistemologia, ou Filosofia da Ciência, nos cursos de Licenciatura na área de ciências pode ser uma ferramenta potencialmente útil na promoção de discussões e reflexões entre futuros professores e assim contribuir para a melhoria do ensino de ciências.

Nessa perspectiva, decidiu-se analisar que instituições federais de ensino superior apresentam nos currículos de seus cursos de física, nas habilitações licenciatura e/ou bacharelado, na modalidade presencial,

alguma disciplina específica sobre história e/ou filosofia da ciência. A análise foi realizada com base no credenciamento das Instituições de Ensino Superior do Brasil junto ao MEC, e nas informações disponibilizadas nas páginas eletrônicas das instituições. A partir de critérios seletivos e classificatórios, procurou-se delinear um panorama geral sobre como essas disciplinas são concebidas, teoricamente.

Uma vez que a literatura aponta a presença da história e da filosofia da ciência como relevantes para a formação de docentes e cientistas da área, cabe perguntar se, efetivamente, esses temas se encontram presentes nas salas de aula dos cursos de formação desses profissionais. Sendo a resposta positiva, em que disciplinas específicas esses temas são tratados? São elas de caráter optativo ou obrigatório para a licenciatura? E para o bacharelado? A história abordada nessas disciplinas possui vínculos aparentes com a filosofia da ciência?

O diagnóstico da situação de presença ou ausência das referidas disciplinas nos cursos de graduação em física das IES federais, tem por objetivo estabelecer indícios a respeito de que conteúdos são considerados importantes para essas disciplinas; qual a carga horária destinada a elas; como estão organizadas suas ementas.

Os dados coletados e apresentados nesse estudo foram avaliados e submetidos a debate em uma disciplina optativa do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia, no segundo semestre letivo de 2010.

O tema é, sob muitos aspectos, controverso e polêmico, potencializando discussões sobre como as disciplinas específicas referentes à história e/ou filosofia da ciência são concebidas e de que forma seriam conduzidas na prática.

2.2 SOBRE A HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E CIENTISTAS

É aspecto consensual nas pesquisas sobre o Ensino de Física a desatualização do currículo nos mais variados níveis de ensino. Conforme Carvalho e Vannucchi (1996) “nosso ensino ainda está em Galileu, Newton, Ohm, não chegou ainda no século vinte. Estamos no último quinquênio do século XX, mas em termos de ensino estamos muito longe do seu início”. Passados quase quinze anos, agora no século XXI, ainda é possível concordar com as autoras. Quando se pensa na física que serve como objeto de estudo, especialmente por alunos de

ensino médio, surge a imagem de uma ciência presa ao desenvolvimento anterior a 1900, baseada puramente na física clássica, sem menção, na maioria dos casos, a contribuições posteriores.

Somada à desatualização do currículo, está a descontextualização histórica de seus conteúdos, e com ela a propagação das mais diversas visões distorcidas sobre a ciência e o fazer ciência, como as retratadas por Gil Pérez et al. (2001). A pouca articulação entre o contexto de desenvolvimento e o conhecimento científico *per se*, reprime posicionamentos mais críticos dos estudantes, de forma que esses “não são preparados para vislumbrar os fatos de diferentes pontos de vista, não tomam consciência da diversidade de opiniões possíveis, [e] não se questionam quanto aos propósitos da investigação [...]” (VANNUCCHI, 1996).

Em grande parte dos livros didáticos, a história da ciência ao invés de contextualizar, reflete apenas nomes, datas, fábulas, ou é utilizada como breve introdução aos conteúdos, conforme mostra a análise realizada por Pagliarini (2007). Sobre esse aspecto, Kuhn (2007, p 19), logo no início de uma de suas obras, ressalta que “se a história da ciência fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem de ciência que atualmente nos domina”.

Nesse sentido, diversas pesquisas apontam potencialidades da história e a filosofia da ciência para o ensino. Barra (1998) assinala que essa história reflete as mudanças nos aparatos teóricos e tecnológicos ao longo dos séculos, o que implicou no abandono de diversas entidades teóricas fundamentais. Tal constatação leva o autor a refletir sobre o fato de que “nada nos parece assegurar que as nossas atuais entidades teóricas não terão, mais cedo ou mais tarde, a mesma sina daquelas do passado”. Além dessas reflexões, a história da ciência, na medida em que permeia materiais didáticos, pode, conforme sugere McClelland (1983) esclarecer o papel das ideias científicas e tornar os conceitos mais acessíveis. Matthews (1995, p. 165) destaca que

A história, a filosofia e a sociologia da ciência [...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem

contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

Clough (2010, tradução nossa) afirma que uma abordagem histórica com características como, por exemplo, a de refletir com fidelidade o trabalho dos cientistas, as complexidades e desafios enfrentados no desenvolvimento e justificativa das ideias científicas, dentre outras, além de melhorar a compreensão do conteúdo, pode “exemplificar importantes lições epistemológicas e ontológicas que estão ligadas a esse conteúdo e são centrais para a compreensão da NdC, e colocar o conteúdo de ciências em um contexto humano”. Solbes e Traver (2003, tradução nossa) apontam que se quisermos evitar uma imagem deformada da ciência e dos cientistas nos estudantes e também na comunidade em geral, é preciso integrar os resultados das pesquisas às salas de aula e materiais. Segundo os autores, essa ideia está em acordo com a de que

o primeiro requisito para ensinar corretamente é ter um profundo conhecimento do assunto a ser ensinado, o que implica não só o seu conteúdo, mas também os aspectos metodológicos, história da ciência, as interações CTS e desenvolvimentos científicos recentes (SOLBES; TRAYER, 2003, p. 705, tradução nossa).

Em um diagnóstico dos cursos de licenciatura em física do Brasil, Gobara e Garcia (2007) sinalizam vários reconhecidos problemas no ensino de ciências, que aliados a um número insuficiente de aulas nas escolas públicas; a má formação dos professores; e a má infraestrutura das escolas, ainda permeiam essa modalidade.

O destaque para a formação insatisfatória dos professores evidencia que a aproximação entre o que se pretende para o ensino de física e a física ensinada de fato, ocorrerá, de forma cada vez mais efetiva, conforme forem ampliados os investimentos nessa área.

Acrescenta-se ainda que é importante garantir uma boa preparação de licenciandos, mas também dos futuros cientistas, que em sua maioria se tornarão, além de pesquisadores, professores universitários, formadores das próximas gerações. André Martins (2007, p. 115) considera a história e a filosofia da ciência como

uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula.

No âmbito do ensino de ciências, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) refletem como fundamental o desenvolvimento de competências que permitam ao aluno “compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade” (BRASIL, 1999). Esse objetivo pode ser alcançado com a utilização da história da ciência. Dessa forma, é essencial que os professores egressos dos cursos de graduação conheçam aspectos históricos e epistemológicos da sua área de formação, de modo que, ao propagarem uma visão de ciência em sala de aula, evitem cair em distorções.

As orientações encontradas nos PCNEM, bem como a concordância de que a história e a filosofia da ciência são relevantes para o ensino de ciências, conforme apontam diversas pesquisas, dentre elas as de Robillotta (1988), Castro (1992), Sereglou e Koumaras (2001), Teixeira (2003), Gatti, Nardi e Silva (2004), Praia, Gil-Perez e Vilches (2007), Pagliarini (2007), Teixeira, Freire Jr. e El-Hani (2009), Höttecke e Silva (2011), servem de estímulo para uma busca a respeito da presença de disciplinas que abordem esses conteúdos nos cursos de graduação em física, oferecidos pelas Instituições de Ensino Superior (IES) do Brasil. O resultado dessa procura, baseada nos documentos disponíveis *online*, como planos de ensino, ementas, programas, projetos políticos pedagógicos, dentre outros, é detalhado nas próximas seções.

2.3 AS DISCIPLINAS DE CARÁTER HISTÓRICO-

EPISTEMOLÓGICO NOS CURSOS DE FÍSICA DAS IES FEDERAIS: CRITÉRIOS SELETIVOS E CATEGORIAS CLASSIFICATÓRIAS

Fazendo referência ao currículo, Carvalho e Vannucchi (1996) destacam com propriedade que estudos que o envolvem, não necessariamente refletem a realidade escolar. Ou seja, “podemos definir currículo como sendo um 'documento' que se situa entre a declaração de princípios gerais e sua tradução operacional, entre a teoria educativa e a prática pedagógica, entre o planejamento e a ação e entre o que se prescreve e o que sucede realmente na sala de aula” (COLL, 1986 apud CARVALHO; VANNUCCHI, 1996, p. 3). Levando em consideração esse aspecto, o presente estudo não tem por intenção exercer juízo de valor a respeito da real implementação em sala de aula dos documentos disponibilizados *online* pelas instituições envolvidas. Portanto, o objetivo do levantamento que se segue, é de diagnosticar a situação, evidenciando a ausência ou a presença da história e filosofia da ciência nos cursos de formação inicial de IES federais, e a partir dos dados coletados, provocar discussões sobre o tema.

Para isso, fez-se uma pesquisa através do *site* do Ministério da Educação e Cultura, das IES que ofertam o curso de física, na modalidade presencial, tanto na habilitação licenciatura quanto bacharelado, para analisar seu comprometimento com relação à história e filosofia da ciência. No *site* e-MEC³ estão registradas todas as IES do país credenciadas ao MEC. A busca neste *site* foi realizada através da ferramenta “consulta interativa”, utilizando “física” como palavra-chave na escolha dos cursos. Uma vez estabelecida a fonte de pesquisa, quatro critérios iniciais foram empregados na seleção das instituições que compõe a amostra detalhada no estudo.

- Critério 1: refere-se à seleção, dentre todas as IES credenciadas, daquelas que oferecem o curso de física, e que são federais. Registrou-se um total de 74 instituições, sendo universidades federais, fundações universidades federais e institutos/centros federais de educação e tecnologia.
- Critério 2: trata da seleção, agora dentre os 74 resultados anteriores, das instituições nomeadas universidades federais e

³<<http://emec.mec.gov.br/>> Acesso em 08/11/2010, às 16h42min

fundações universidades federais. A partir desse critério, a amostra passou a ser composta por 47 instituições (63,5% do total).

- **Critério 3:** permite a seleção daquelas instituições em que constam, nas páginas eletrônicas dos departamentos ou institutos de física, documentos que ensejam conhecer o currículo dos cursos a ponto de possibilitar afirmações a respeito da presença ou ausência de disciplina(s) de caráter histórico e/ou filosófico. Com esse critério, a amostra se restringe a 29 instituições (39,2%).
- **Critério 4:** possibilita a escolha, dentre as instituições advindas do critério anterior, daquelas que disponibilizam planos de ensino, ementas, projetos político pedagógicos, ou outros documentos que permitem uma classificação da(s) disciplina(s) de interesse.

Após a utilização desses critérios, a amostra restringiu-se a 19 instituições, o que equivale a 25,7% das universidades federais e fundações universidades federais do país. A tabela 1 apresenta uma síntese dos dados relativos a essas instituições.

Região	Instituição Federal	Habilitação	Disciplina	Regime
SUL	UFPR	Licenciatura	História da Física	Obrigatória
		Bacharelado	História da Física	Optativa
		Licenciatura e Bacharelado	Epistemologia da Ciência Natural	Optativa
	UFSM	Licenciatura e Bacharelado	Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física	Obrigatória
	UFRGS	Licenciatura	História da Física e Epistemologia	Obrigatória
		Bacharelado	História da Física e Epistemologia	Optativa
	UFSC	Licenciatura e Bacharelado	Evolução dos Conceitos da Física	Obrigatória

SUDESTE	UNIFAL	Licenciatura	Filosofia e Metodologia da Ciência	Obrigatória
		Licenciatura	História da Física I	Obrigatória
		Licenciatura	História da Física II	Obrigatória
	UNIFEI	Licenciatura e Bacharelado	Evolução dos Conceitos da Física	Obrigatória
	UFJF	Licenciatura e Bacharelado ⁴	Evolução da Física	---
	UFMG	Licenciatura e Bacharelado	Evolução das Ideias da Física	Obrigatória
	UFSJ	Licenciatura e Bacharelado	Evolução das Ideias da Física	Obrigatória
		Licenciatura e Bacharelado	Introdução à Natureza da Ciência e à Investigação Científica	Obrigatória
	UFU	Licenciatura	Evolução das Ideias da Física	Obrigatória
	UFRJ	Licenciatura	História da Física	Obrigatória
	UFF	Licenciatura e Bacharelado	Evolução dos Conceitos da Física	Obrigatória
	UFABC	Licenciatura e Bacharelado	Bases Epistemológicas da Ciência Moderna	Obrigatória
		Licenciatura e Bacharelado	Evolução da Física	Optativa
		Licenciatura	História da Ciência e Ensino	Optativa
Licenciatura		Introdução à Filosofia da Ciência	Optativa	

⁴No caso da Universidade Federal de Juiz de Fora, constata-se que esta instituição fornece, em sua página eletrônica, documentos que permitem conhecer a disciplina “Evolução da Física”. Permite também saber que o curso de física oferece as habilitações licenciatura e bacharelado. Porém, não informa se a disciplina é comum às duas habilitações ou não, e nem se ela é optativa ou obrigatória. Como o quarto critério seletivo refere-se ao acesso aos documentos, optou-se por mantê-la na amostra.

		Licenciatura	Ciência na Antiguidade e Período Medieval	Optativa
		Licenciatura	Nascimento e Desenvolvimento da Ciência Moderna	Optativa
CENTRO-OESTE	UnB	Licenciatura Noturno	Evolução Histórica dos Conceitos da Física	Obrigatória
		Licenciatura Diurno e Bacharelado	Evolução Histórica dos Conceitos da Física	Optativa
		Licenciatura Diurno, Noturno e Bacharelado	Evolução do Pensamento Filosófico e Científico	Optativa
		Licenciatura Diurno, Noturno e Bacharelado	História da Ciência 1	Optativa
NORDESTE	UFBA	Licenciatura Diurno e Bacharelado Diurno ⁵	Evolução da Física	---
	UFPI	Licenciatura	Evolução Histórica da Física	Obrigatória
		Bacharelado	Evolução Histórica da Física	Optativa
	UFAL	Licenciatura	História da Ciência	Obrigatória
		Licenciatura	Filosofia da Ciência	Obrigatória
		Bacharelado	História e Filosofia da Ciência	Optativa

⁵ Pela página eletrônica da Universidade Federal da Bahia pode-se saber da presença da disciplina “Evolução da Física” no currículo do curso de física, bem como sua ementa. Porém pelo fluxograma disponível no *site* da instituição, não é possível afirmar se o regime desta disciplina é facultativo ou obrigatório.

NORTE	UFAP	Licenciatura	História e Epistemologia da Física	Obrigatória
	UFRR	Licenciatura	História da Física	Obrigatória

Tabela 1: Detalhamento das Instituições de Ensino Superior que compõem a amostra.

Na seção seguinte, apresenta-se a classificação das disciplinas relativas a história e/ou filosofia da ciência das IES federais selecionadas pelos critérios desenvolvidos para esse estudo. Essa classificação é baseada em três categorias (Tabela 2).

Categorias	Classificação
A	Disciplina(s) específica(s) presente(s) no currículo do curso de física, que contempla(m) a história da física, porém sem articulação com a filosofia da ciência.
B	Disciplina(s) específica(s), no currículo do curso de física, referente(s) à história da física, com ênfase na articulação histórico-epistemológica.
C	Disciplina(s) cuja(s) ementa(s) aponta(m) para estudos da filosofia da ciência desvinculados da história, ou que sugere(m) a utilização da história da ciência de forma meramente ilustrativa.

Tabela 2: Categorias para classificação das IES federais.

As categorias A e B são inspiradas em dois dos grupos presentes no estudo de Staub e Peduzzi (2004), no qual os autores realizaram uma pesquisa semelhante, porém menos abrangente. A categoria C resulta da análise dos documentos disponíveis sobre as disciplinas, enquadrando aquelas cujas ementas apontam para estudos da filosofia da ciência desvinculados da história, ou que sugerem a utilização da história da ciência de forma meramente ilustrativa.

2.4 A CLASSIFICAÇÃO DAS DISCIPLINAS ESPECÍFICAS DE CUNHO HISTÓRICO-FILOSÓFICO DAS IES FEDERAIS

A análise dos documentos disponibilizados pelas 19 instituições,

permitiu a estruturação das tabelas 3, 4, 5, 6 e 7, que apresentam a classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência oferecidas por essas instituições, por região geográfica do país. Dentre os documentos disponibilizados nas páginas eletrônicas das IES, como projetos políticos pedagógicos, programas, grades curriculares, as ementas das disciplinas foram as únicas exibidas por todas as instituições. Sendo assim optou-se por utilizá-las como objeto de referência para a classificação. Outras informações, quando integradas a esses documentos, complementaram a categorização das disciplinas.

Pelos resultados advindos dos critérios seletivos, restaram quatro universidades federais, na região Sul (tabela 3): Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de Santa Maria, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade Federal de Santa Catarina.

O curso de física na Universidade Federal do Paraná é oferecido nas habilitações licenciatura e bacharelado, as quais contemplam em seus currículos uma disciplina chamada “História da Física”, obrigatória para a licenciatura e optativa para o bacharelado. Pela análise da ementa, a disciplina se enquadra na categoria B. Essa mesma instituição oferece uma disciplina intitulada “Epistemologia da Ciência Natural”, optativa para ambas as habilitações, onde é feita uma introdução histórica à epistemologia da ciência. O termo “introdução histórica” explicita diferentes concepções epistemológicas, porém, sem qualquer menção à história, essa disciplina pertence a categoria C.

Na Universidade Federal de Santa Maria, o curso de física, nas habilitações bacharelado e licenciatura, oferece uma disciplina chamada “Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física”, de caráter obrigatório. Apesar da referência a fundamentos filosóficos da física, em seu título, a ementa da disciplina não sugere que esse tema seja desenvolvido. Sendo assim, ela pertence a categoria A.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul tem no curso de física a disciplina “História da Física e Epistemologia”, em caráter obrigatório para os licenciandos, e optativo para bacharelados. Essa disciplina enquadra-se na categoria B, tendo em vista que objetiva “proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico através do estudo da História e da Epistemologia da Física e buscar as implicações destas ideias para o ensino da Física” (MASSONI; MOREIRA, 2007).

No currículo do curso de física da Universidade Federal de Santa Catarina existe a disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, obrigatória para alunos da licenciatura e do bacharelado, na oitava fase. Essa disciplina tem como objetivo central contextualizar histórica e

socialmente a evolução das teorias físicas, bem como propiciar elementos que permitam aos estudantes uma compreensão epistemológica do desenvolvimento destas teorias. Abordando aspectos históricos e epistemológicos, situa-se na categoria B.

Instituição Federal	Disciplina	Ementa	Carga horária no semestre	Categoria
UFPR	História da Física	Epistemologia da ciência. Métodos de Estudo na História da Física. Explicações Míticas e Explicações Científicas. Astronomia e Mecânica. Modelos e Fenômenos. A Ciência Empírica. Criação de Conceitos Quantitativos. A Unidade dos Conceitos Naturais. Origem e Evolução dos Conceitos da Física Moderna. A Epistemologia da ciência e suas implicações para o ensino de física.	60h	B
	Epistemologia da Ciência Natural	Introdução histórica à epistemologia da ciência; indutivismo; empirismo lógico, circuito de Viena, ciências cognitivas; falsificacionismo; teorias como estruturas; anarquismo epistemológico; racionalismo e relativismo; objetivismo e individualismo; realismo, instrumentalismo e verdade.	60h	C
UFSM	Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física	Dissertar sobre as etapas da evolução da Física desde a Antiguidade até o tempo presente, identificar os possíveis	60h	A

		desdobramentos da ciência contemporânea.		
UFRGS	História da Física e Epistemologia	Os problemas da origem e da justificação do conhecimento: dos antigos gregos à atualidade. A física antes da época moderna: o aristotelismo e a física medieval. A física dos modernos: Copérnico, Kepler, Galileu, Descartes, Newton. A epistemologia empirista-indutivista. As epistemologias do século XX: Bachelard, Popper, Kuhn, Lakatos, Bunge, Feyerabend, Toulmin, Laudan. A física no século XX. As implicações da história e da epistemologia da física para o ensino.	60h	B
UFSC	Evolução dos Conceitos da Física	Análise histórica e epistemológica dos desenvolvimentos conceituais das teorias físicas, desde os gregos até o nosso século. Tópicos sobre as relações ciência e sociedade.	72h	B

Tabela 3: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Sul.

Em relação à região Sudeste (tabela 4), destacam-se entre as instituições credenciadas ao MEC nove universidades federais que perpassaram os critérios de seleção: Universidade Federal de Alfenas, Universidade Federal de Itajubá, Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de São João Del Rei, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal Fluminense e Universidade Federal do ABC.

A Universidade Federal de Alfenas oferece o curso de física na habilitação licenciatura. Nesse curso, existem três disciplinas específicas

obrigatórias referentes à história e filosofia da ciência. São elas, “Filosofia e Metodologia da Ciência”, para alunos da primeira fase, “História da Física I”, para alunos da sétima fase, e “História da Física II”, para alunos da oitava fase. A ementa da disciplina “Filosofia e Metodologia da Ciência” enfatiza estudos filosóficos voltados para a discussão do método científico. Há também um grande destaque para discussões a respeito da metodologia da pesquisa. Portanto, ela pertence à categoria C. As ementas das disciplinas de História da Física I e II situam ambas na categoria A. Embora no caso de “História da Física II” entenda-se que para se abordar as “fronteiras da ciência” seja necessária uma discussão epistemológica, tanto para estabelecer um contraste entre ciência e pseudociência, como para avaliar a pertinência de se proporem teorias que não podem ser testadas (neste caso, pode-se pensar nas complexas discussões que se processam no âmbito da física das altas energias), a maioria dos conteúdos presentes na ementa não sugere vínculos com a filosofia da ciência.

A Universidade Federal de Itajubá tem, tanto para o bacharelado como para a licenciatura, em caráter compulsório e na oitava fase, a disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, que se enquadra na categoria B. Nesta mesma instituição, oferece-se aos licenciandos a disciplina “História da Física”, como optativa; porém não há informações suficientes para tecer maiores considerações sobre essa disciplina.

Com relação a Universidade Federal de Juiz de Fora, na qual o curso de física está presente nas habilitações licenciatura e bacharelado, a análise da ementa da disciplina “Evolução da Física” mostra que nela se abordam apenas aspectos históricos, sendo assim classificada na categoria A. Com relação aos documentos disponibilizados por essa instituição, não se pode afirmar se a disciplina é obrigatória ou optativa e nem se é comum ou não às duas habilitações.

Na Universidade Federal de Minas Gerais, a disciplina “Evolução das Ideias da Física” é obrigatória para estudantes da quinta fase da licenciatura e do bacharelado. A ementa prevê o estudo da filosofia grega da natureza. Considerando que essa designação é vaga, não garantindo, necessariamente, a discussão de aspectos filosóficos da ciência desse período, é lícito classificá-la na categoria A. Os demais conteúdos da ementa reforçam essa tese.

A Universidade Federal de São João Del Rei conta com a disciplina “Evolução das Ideias da Física”, obrigatória para o bacharelado e para a licenciatura. Essa disciplina tem por objetivo permitir ao estudante adquirir uma “visão histórica da Ciência,

explicitando o caráter dinâmico da evolução dos conceitos científicos e desenvolver habilidades no ensinar Ciência”. A sua ementa corrobora a sua inclusão na categoria A. Nessa mesma instituição, é obrigatória para ambas as habilitações a disciplina “Introdução à Natureza da Ciência e à Investigação”, a qual objetiva, dentre outros aspectos, conforme encontra-se nos documentos, “identificar e analisar as concepções de alunos e professores dos níveis de ensino médio e superior sobre a Natureza da ciência e da investigação científica [...] e] identificar pressuposições e valores inerentes a uma visão de mundo científica”. Assim sendo, enquadra-se na categoria C.

Na Universidade Federal de Uberlândia, o curso de física é oferecido nas habilitações licenciatura, física médica e física de materiais. A disciplina “Evolução das Ideias da Física”, obrigatória para a licenciatura, pode ser enquadrada na categoria B, uma vez que se propõe a discutir o que é uma teoria, o acaso, a genialidade e a identificar os conceitos fundamentais da Física conforme o seu desenvolvimento histórico. É peculiar em sua ementa, explicitamente o tópico que se refere a ”conectar Física e Matemática; Ciência e Religião; Física, Metafísica e Parapsicologia”.

O curso de física da Universidade Federal do Rio de Janeiro tem no currículo do curso de licenciatura em física a disciplina “História da Física”, em caráter obrigatório, para estudantes da oitava fase. Nessa instituição, a habilitação bacharelado está disponível, porém não conta com disciplinas específicas referentes à história e filosofia da ciência. “História da Física” tem por objetivo, segundo seus documentos, “[...] versar sobre questões de fundamento, o entendimento dos mecanismos de formação dos conceitos, dos métodos de investigação e dos critérios de validade das inferências e descobertas”. Sua ementa explicita pouco das possíveis relações entre história e epistemologia, porém, em conjunto com seu objetivo, permite a sua classificação na categoria B.

O curso de física da Universidade Federal Fluminense oferece a bacharelados e licenciandos, em caráter obrigatório, a disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”. Na sua ementa, encontra-se a história do nascimento do pensamento científico ocidental, um período certamente rico em discussões de cunho histórico-epistemológico. Entretanto, a listagem dos demais conteúdos não sugere uma articulação entre história e epistemologia – o que poderia ser sinalizado, por exemplo, com a mecânica quântica e suas várias interpretações. Assim, essa disciplina encontra-se na categoria A.

Na Universidade Federal do ABC, o curso de física é ofertado nas habilitações licenciatura e bacharelado. A disciplina “Bases

Epistemológicas da Ciência Moderna” é obrigatória para essas habilitações. Ela se enquadra na categoria C, uma vez que as relações com a história da ciência não são explícitas – nesse caso, possivelmente, caberia à história o papel de ilustrar discussões epistemológicas. A disciplina “Evolução da Física” é eletiva para licenciatura e bacharelado e, como sugere sua extensa ementa, pertence a categoria B.

As demais, “História da Ciência e Ensino”, “Introdução à Filosofia da Ciência”, “Ciência na Antiguidade e Período Medieval” e “Nascimento e Desenvolvimento da Ciência Moderna, são optativas apenas para licenciandos, e condizem respectivamente com as categorias, A, C, B e B.

Instituição Federal	Disciplina	Ementa	Carga horária no semestre	Categoria
UNIFAL	Filosofia e Metodologia da Ciência	Técnicas de estudo e aprendizagem. Conhecimento científico. Método científico. Pesquisa bibliográfica. Pesquisa descritiva. Pesquisa experimental. Técnicas de coleta de dados. Projeto de pesquisa. Redação técnica.	30h	C
	História da Física I	A história da Física e evolução dos conceitos anteriores ao ano de 1950: Física na antiguidade; A Física dos gregos, persas, indianos e outras civilizações da idade antiga; A Física da Idade Média; A Física dos séculos XVI, XVII, XVII e XIX e a primeira metade do século XX.	60h	A
	História da Física	A história da Física a	30h	A

	II	partir da década de 1950 até os dias de hoje: a contribuição da mecânica quântica e a era tecnológica; Laser; Óptica não-linear; Física de Novos Materiais; Supercondutividade; Fissão e Fusão Nuclear; Nanotecnologia; Física do Caos; A origem do Universo; A conquista do espaço; Física Computacional; A fronteira da Ciência; A História da Física no Brasil.		
UNIFEI	Evolução dos Conceitos da Física	Análise histórica e epistemológica do desenvolvimento conceitual das teorias da Física, dos primórdios à atualidade. Estudo do estabelecimento das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e suas implicações educacionais.	--- ⁶	B
UFJF	Evolução da Física	1. A Ciência na Antiguidade e na Idade Média. 2. A Renascença e a Revolução Copernicana. 3. Física nos Séculos XVII e XVIII. 4. Física no Século XIX. Física Moderna e	4 cred. ⁷	A

⁶ A Universidade Federal de Itajubá não informa na página eletrônica onde os documentos foram adquiridos, o número de créditos da disciplina.

⁷ Nas informações encontradas sobre “Evolução da Física” da Universidade Federal de Juiz de Fora, não consta a carga horária semestral da disciplina. Porém, os documentos registram o número de créditos semanais da disciplina. O mesmo acontece com outras insituições, as quais foram sinalizadas por *.

		Contemporânea.		
UFMG	Evolução das Ideias da Física	Filosofia grega da natureza. Ciência alexandrina. Declínio da ciência antiga. Física medieval. Renascença e a revolução científica. Física newtoniana. Física no "século das luzes" . Decadência do mecanicismo e nascimento do eletromagnetismo e da termodinâmica. Crise finisecular e nascimento da física contemporânea. Problemas atuais.	60h	A
UFSJ	Evolução das Ideias da Física	Ciência na antiguidade. Ciência na idade média. Nascimento da ciência moderna. História do surgimento da física clássica. A física do século XX. Os grandes experimentos em física.	72h	A
	Introdução à Natureza da Ciência e à Investigação Científica	Concepções sobre a ciência e o cientista. Métodos, ferramentas e áreas de pesquisa em Física e em Química. Valores e pressuposições associadas a uma visão científica de mundo.	36h	C
UFU	Evolução das Ideias da Física	- Entender o que é uma Teoria, seus limites, e as relações entre Leis Científicas e a Natureza; - Conectar Física e Matemática; Ciência e Religião; Física, Metafísica e	60h	B

		<p>Parapsicologia;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisar o papel do Acaso, da Perseverança, da Imaginação, e dos “Golpes de Gênios” no desenvolvimento da ciência; - Identificar os conceitos fundamentais da Física conforme seu desenvolvimento histórico; e descrever o processo de fixação destes conceitos; - Reconhecer a importância e as características da noção de Modelo Físico, bem como a importância da idéia de Interpretação de um Modelo Formal; - Discutir o papel da Física no ensino atual. 		
UFRJ	História da Física	<p>Cosmologia antiga. A física de Aristóteles. A física medieval. As origens da mecânica. O mecanicismo. A teoria eletromagnética de Maxwell. O conceito de campo. Os impasses da mecânica clássica. A teoria da relatividade e a mecânica quântica.</p>	60h	B
UFF	Evolução dos Conceitos da Física	<p>História do nascimento do pensamento científico ocidental. A teoria atômica grega. A história da lei da inércia: Aristóteles, árabes, escolásticos, Galileu, Newton, Leibnitz e Descartes. O sistema</p>	4 cred. *	A

		<p>aristotélico e a Idade Média. Ptolomeu e Copérnico. Teorias do calor. Teoria dos gases, eletromagnetismo e óptica. Propagação da luz. Origens da teoria quântica (Planck, Einstein, Compton). Mecânica quântica e mecânica ondulatória. A revolução de Einstein. A gravitação newtoniana e a gravitação einsteiniana. Tópicos atuais.</p>		
UFABC	<p>Bases Epistemológicas da Ciência Moderna</p>	<p>Conhecimento científico e tecnológico. Metodologia, racionalidade e avaliação de teorias. Valores e ética na prática científica. Eixos epistêmicos e formas de pensamento. Epistemologia da experimentação, observação e simulação.</p>	3 cred. *	C
	<p>Evolução da Física</p>	<p>O problema da mudança: Heráclito e Parmênides. A física e a cosmologia de Aristóteles: um paradigma durante quase 2000 anos. Matemática, astronomia, ciência aplicada e tecnologia no período helenístico. A astronomia matemática de Ptolomeu. Mecânica e cosmologia na Idade Média: por uma revalorização da ciência</p>	4 cred. *	B

	<p>medieval. A revolução astronômica dos séculos XVI e XVII: Copérnico, Brahe, Kepler. O impacto da visão mecanicista. O debate sobre o atomismo e o vazio. A nova ciência do movimento de Galileu Galilei. A síntese da mecânica newtoniana. Novos conceitos de força, energia e quantidade de movimento. Século XVIII: o triunfo da física newtoniana. A Física e a Revolução Industrial. Século XIX: apogeu e declínio do mecanicismo. Surgimento da mecânica estatística e da teoria clássica do campo. Duas revoluções científicas do século XX: teoria quântica e teoria da relatividade. Aceleração do progresso da ciência e da tecnologia no século XX. Física nuclear e de partículas. Teoria do caos e as surpresas reservadas pela mecânica clássica. A física da matéria condensada e a eletrônica. O uso da computação em física. Mecânica da informação.</p>		
<p>História da Ciência e Ensino</p>	<p>Panorama Histórico do Pensamento Ocidental e da Ciência. Conceitos</p>	<p>2 cred. *</p>	<p>A</p>

	<p>que revolucionaram as ciências. Pensadores e pesquisadores interessantes no desenvolvimento científico e para a divulgação científica. Divulgação científica: livros, filmes, sítios, museus, bibliotecas, laboratórios de ensino, escolas, parques temáticos.</p>		
Introdução à Filosofia da Ciência	<p>Noções de conhecimento e método científicos investigadas associadas ao Empirismo Lógico. Concepção crítica e falsificacionista (ou falseacionista) de K. Popper. T. Kuhn e a concepção histórico-sociológica a cerca das teorias. A visão de I. Lakatos. Feyeradend e a contrariedade do método.</p>	4 cred. *	C
Ciência na Antiguidade e Período Medieval	<p>Alguns aspectos da ciência na Antiguidade grega: matemática, física, astronomia (e cosmologia), biologia. O ideal de uma ciência e uma filosofia unificadas: "filosofia natural" e conhecimento. A ciência na Idade Média e no mundo islâmico. A ciência no Renascimento. A relação entre ciência e religião. O início da revolução</p>	4 cred. *	B

		científica: a revolução astronômica dos séculos XVI e XVII (N. Copérnico, J. Kepler e G. Galileu). A crítica ao aristotelismo e a "ciência moderna": origens do método.		
	Nascimento e Desenvolvimento da Ciência Moderna	A concepção determinista e mecanicista: uma imagem da natureza e do método. A mecânica de Newton. A ciência nos séculos XVII a XIX: química, calor e energia, eletricidade e magnetismo, metalurgia, biologia. A técnica: engenharia e a transformação da natureza e civilização; As ciências físicas no limiar do século XX: o átomo e a radioatividade. Teoria da relatividade e a física quântica. A "nova química". A biologia da teoria da evolução e da genética. A história natural da Terra. A crise revolucionária da matemática e da lógica.	4 cred. *	B

Tabela 4: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Sudeste.

No que se refere à região Centro-Oeste (tabela 5), encontra-se entre as instituições credenciadas ao MEC apenas uma universidade federal, após a utilização dos critérios seletivos. A Universidade de Brasília, que oferece o curso de física nas habilitações bacharelado e licenciatura diurno e licenciatura noturno, conta com três disciplinas específicas que abordam aspectos da história e filosofia da ciência. No

período noturno, a disciplina “Evolução Histórica dos Conceitos da Física” é obrigatória, enquanto que no diurno, a mesma disciplina é optativa. Sua ementa a coloca na categoria B. As disciplinas “Evolução do Pensamento Filosófico e Científico” e “História da Ciência 1” são optativas para todas as habilitações, e classificam-se igualmente na categoria B.

Instituição Federal	Disciplina	Ementa	Carga horária no semestre	Categoria
UnB	Evolução História dos Conceitos da Física	Estudos da evolução e desenvolvimento das ideias, conceitos e teorias científicas, onde os conceitos de movimento, calor e energia norteiam os estudos histórico-filosóficos. Desenvolvimento do conceito de movimento – o mundo natural presocrático e o universo aristotélico. A idade média e as contribuições do Marton College para o desenvolvimento da cinemática. A revolução copernicana. Galileu e o estudo do movimento. A mecânica no século XVII. A revolução industrial e os desenvolvimentos dos conceitos de calor e energia. A ciência e a sociedade nos séculos XIX e XX. As origens das teorias da relatividade restrita e da mecânica quântica.	4 cred.*	B
	Evolução do Pensamento Filosófico e Científico	01 – Mitos e filosofia; 02 – Ciência e filosofia na antiguidade clássica; 03 – Razão e fé na Europa medieval; 04 – A revolução científica dos séculos XVI e XVII;	4 cred.*	B

		05 – Ciência e Filosofia no século XVIII.		
	História da Ciência 1	<p>O curso estrutura-se em torno da revolução científica dos séculos XVI e XVII que será descrita em seus principais aspectos. Diversas propostas de explicação desses eventos serão confrontadas, com base numa análise das origens e das causas dos mesmos. O que remete a um estudo preliminar pormenorizado do desenvolvimento da ciência em relação com a filosofia, na antiguidade e no período medieval.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A emergência da racionalidade filosófica e científica; 2. Cosmologia, astronomia e física nos sistemas do período clássico; 3. Filosofia e ciência na Idade Média; 4. A Revolução Copernicana e seu impacto no pensamento filosófico e científico. 	4 cred.*	B

Tabela 5: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Centro-Oeste.

Das instituições de ensino superior credenciadas ao MEC na região Nordeste, doze são universidades federais. Pelos critérios de seleção, apenas três oferecem informações suficientes para uma classificação das disciplinas específicas dos cursos de física que tratam da história e filosofia da ciência. São elas a Universidade Federal da Bahia, a Universidade Federal do Piauí e a Universidade Federal de Alagoas.

Na Universidade Federal da Bahia o curso de física é noturno e diurno. No curso noturno, a habilitação é licenciatura e a instituição não contempla em sua página eletrônica informações detalhadas, como

ementas, planos de ensino, programas das disciplinas constantes no currículo. No curso diurno, as habilitações oferecidas pela instituição são licenciatura e bacharelado. Pelas informações disponibilizadas na página eletrônica, é possível afirmar que está prevista no currículo do curso diurno a disciplina “Evolução da Física”, que condiz com a categoria B. Os documentos encontrados não oferecem dados suficientes para afirmar se essa disciplina é obrigatória ou optativa e se pertence ao currículo do bacharelado, da licenciatura ou de ambos.

A Universidade Federal do Piauí oferece a disciplina “Evolução História da Física”, obrigatória aos estudantes que cursam licenciatura e optativa aos que cursam bacharelado em física. Essa disciplina enquadra-se na categoria A. Nesta, como em diversas outras disciplinas, percebe-se nas ementas relação com Revoluções Científicas, porém nada se pode afirmar, é claro, sobre como essas revoluções são concebidas e abordadas, podendo ou não ocorrer a valorização da discussão epistemológica. Não obstante, na maioria dos cursos de física é previsível que isso não ocorra, tendo em vista a formação dos professores e, em geral, o ensino tradicional que propagam.

Com relação a Universidade Federal de Alagoas, o curso de física é oferecido nas habilitações licenciatura e bacharelado. No currículo do curso voltado para o bacharelado existe a disciplina “História e Filosofia da Ciência”, como optativa. Ela condiz com a categoria B. Para o curso de licenciatura, estão previstas as disciplinas “História da Ciência”, obrigatória para alunos da sexta fase e “Filosofia da Ciência”, compulsória para estudantes da sétima fase. Essas disciplinas se enquadram, respectivamente, nas categorias B e C.

Instituição Federal	Disciplina	Ementa	Carga horária no semestre	Categoria
UFBA	Evolução da Física	Propõe-se a situar, historicamente, os fatos importantes para a Física desde a Grécia Antiga até os nossos dias. Conceituar Epistemologia em geral e a Epistemologia da Física, em particular. Distinguir as influências de certas Escolas Filosóficas na Física Clássica e Moderna, especialmente no que		B

		<p>se refere ao pensamento de Aristóteles, Kant, Hegel, Engels, e outros. Estabelecer o nexo entre a Física e as outras ciências experimentais.</p> <p>Trabalhar com o Método Científico, distinguindo bem os seus estágios.</p>		
UFPI	Evolução Histórica da Física	<p>A Origem da Física – da Antigüidade ao Renascimento. Galileu, Newton e o surgimento da Física Moderna. A Física e a Revolução Industrial. As Revoluções Científicas Modernas: Einstein e Planck. A Física na Atualidade. A Física no Brasil.</p>	60h	A
UFAL	História da Ciência	<p>Ciência e Filosofia na Grécia Antiga. Ciência, Arte, Filosofia e Tecnologia na Idade Média. Escolas Parisiense e Oxfordiana. A Teoria do Ímpetus. A Arte e Ciência Renascentista. A Geometria e a Perspectiva. A Física de Galileu. Pensamento do Século XVII. Os Racionalistas Continentais: Descartes, Leibniz, Espinosa e Pascal. Os Empiristas Britânicos: Bacon e Locke. A Ciência Newtoniana. A Ciência do Calor. História do Eletromagnetismo (Gauss, Ampere, Faraday, Maxwell, Volta). Concepções de Espaço e Tempo. A Teoria da Relatividade. Conceito de Simultaneidade. Massa e Energia. Dilatação Temporal. Contração de Lorentz. Espaço-tempo e Gravitação. A Teoria Quântica. O Princípio da</p>	60h	B

		<p>Superposição. Os problemas da Causalidade, da Compreensibilidade e da Realidade. O Princípio de Heisenberg. Interpretações da Teoria Quântica. Formalismo. A História da Mecânica Quântica. A Física do Ser e a Física do Devir. A Física dos Sistemas Complexos. Física, Educação e Sociedade. Aspectos Internalistas e Externalistas do Desenvolvimento da Ciência de modo geral e da Física em especial. Interfaces entre Ciência e Tecnologia. O Problema da Inovação Tecnológica. Correlações e Autonomias Relativas entre as Esferas Científicas e Tecnológicas. Ciência e Ambiente. Relações entre Física e outras Ciências. As Relações entre o Natural e o Social. A Ciência e os Movimentos Pacifistas. A Física e os Conflitos Mundiais.</p>		
	Filosofia da Ciência	<p>Estudo do Ontológico, do Epistemológico e do Metodológico. O Conhecimento em Geral. Critérios de Julgamento de um Saber. O Saber Científico. Linhas demarcatórias entre Ciência e não-Ciência. O Saber não-Científico. O Epistemológico e o Gnosiológico. O Método Científico. Univocidade de Caminhos. Pluralidade de Caminhos. Unidade versus Pluralidade de Procedimentos Metodológicos. Indução, Dedução, Abdução. Conjecturas e Refutações. A Racionalidade e</p>	40h	C

		<p>a Crítica. A Discussão Racional. Paradigmas. Ciência Normal. Ciência Extraordinária. Programas Científicos de Pesquisa. O “Vale Tudo”. Analogias e Metáforas. O Papel da Matemática para a Pesquisa do Mundo Natural. O Papel da Matemática para a Pesquisa do Mundo Social. Espaço-Tempo e Causa. Os Problemas da Causalidade, Determinismo, Indeterminismo e Previsibilidade. O Problema da Contradição. O Problema do Reduccionismo. Reduccionismo e Emergentismo. Princípios de Correspondência, Comensurabilidade e Incomensurabilidade de Teorias. O Problema Epistemológico da Complexidade. Epistemologias do Século XX: Bachelard, Poincaré, Popper, Kuhn, Feyerabend, Lakatos, Laudan, Tolmin, Maturana, Bunge e etc. O Iluminismo. Teóricos do Iluminismo. Críticos do Iluminismo. O Problema das Narrativas Idiossincráticas e os Conceitos de Moderno e Pós-Moderno. Crítica ao Conceito de Pós-Moderno. Os Problemas da Relação Homem-Natureza e a sobrevivência da Humanidade.</p>		
	História e Filosofia da Ciência	<p>Uma visão da História e da Filosofia da Ciência, em especial da Física, desde a Grécia antiga passando por, Galileu, Newton, Maxwell até chegar na história contemporânea, evidenciando as várias Escolas de Pensamento Epistemológico do século XX.</p>	4 cred.*	B

		Especial ênfase será dada aos problemas epistemológicos suscitados pelo desenvolvimento da Ciência.		
--	--	---	--	--

Tabela 6: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Nordeste.

Por fim, com relação à Região Norte do país, pode-se afirmar que estão credenciadas ao MEC seis universidades federais e duas fundações universidades federais. Dessas, foram selecionadas duas que respondem aos critérios previamente estabelecidos: a Universidade Federal do Amapá e a Universidade Federal de Roraima.

Na Universidade Federal do Amapá, o curso de física é ofertado na habilitação licenciatura. Consta no currículo desse curso, a presença de uma disciplina específica, obrigatória, que trata da história e filosofia da ciência. A ementa indica que são discutidos aspectos históricos e epistemológicos. O plano de ensino é compatível com a ementa, destacando que a disciplina tem por objetivo familiarizar os estudantes com a história e a epistemologia da física. Portanto, essa disciplina encontra-se na categoria B.

“História da Física” é a disciplina específica voltada para história e filosofia da ciência constante no currículo do curso de física da Universidade Federal de Roraima. Nesta instituição, a habilitação que o curso oferece é licenciatura, onde a disciplina é obrigatória para estudantes da quinta fase. Sua carga horária semestral é de 60h. De acordo com a ementa, a disciplina enquadra-se na categoria A.

Instituição Federal	Disciplina	Ementa	Carga horária no semestre	Categoria
UFAP	História e Epistemologia da Física	Análise histórica e epistemológica dos desenvolvimentos conceituais das teorias físicas, desde os gregos até o nosso século.	60h	B
UFRR	História da Física	História do Surgimento da Física; Evolução da Física; Surgimento da Física	45h	A

		Moderna; Implicações das Novas Teorias.		
--	--	--	--	--

Tabela 7: Classificação das disciplinas de história e/ou filosofia da ciência das IES federais da região Norte.

2.5 REFLEXÕES SOBRE CURSOS DE “EVOLUÇÃO HISTÓRICA” DA FÍSICA

No segundo semestre de 2010, os dados sistematizados na seção anterior foram discutidos em uma disciplina optativa do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia – “Tópicos: Reflexões sobre um Curso de Evolução da Física”, de 12 horas aula.

Nessa disciplina, ministrada pelo segundo autor desse trabalho, explorou-se, inicialmente, a dinâmica de “Evolução dos Conceitos da Física” da Universidade Federal de Santa Catarina. Apresentou-se aos estudantes de mestrado e de doutorado o material didático, a estratégia metodológica, o ambiente virtual de ensino e aprendizagem e as pesquisas em desenvolvimento. A seguir, questões mais gerais foram propostas para debate, dentre elas, o formato de disciplinas específicas sobre a história e a filosofia da ciência/física na formação docente e de cientistas em outras instituições. Abriu-se assim espaço para uma reflexão sobre como essas disciplinas são concebidas em geral, mesmo que de forma teórica.

Em sala de aula, houve muita crítica às ementas das disciplinas, em especial quanto ao tempo para ministrar os conteúdos discriminados, a presença de certos termos como parapsicologia, aplicações para o ensino, referências ao método científico etc. Frente a essas insatisfações, os participantes foram convidados a elaborar uma ementa, considerada por eles adequada, para uma disciplina de caráter histórico-epistemológico, de um curso de graduação em física.

Logo no início desse trabalho, esclareceu-se, mediante consulta a um dicionário ‘on line’, o que se deveria entender por uma ementa – uma preocupação relevante, diante da diversidade das informações veiculadas pelas ‘ementas’ das instituições.

A divisão dos alunos em pequenos grupos favoreceu o aprofundamento das discussões. Após a apresentação das ementas construídas pelos três grupos, optou-se pela construção de uma coletiva, envolvendo duas disciplinas de caráter histórico-epistemológico, cada

uma com 68 h. O produto dessa interação encontra-se no Apêndice 1.

Paradoxalmente, talvez, a ementa elaborada pelos estudantes evidenciou alguns problemas. Esses variaram desde a explicitação muito geral de alguns conteúdos, como física moderna e física contemporânea, até a especificação de certos temas que, coincidentemente, contemplavam os interesses de pesquisas desenvolvidas por alguns estudantes.

Na sequência, os estudantes receberam uma atividade para ser realizada individualmente, com prazo previsto de duas semanas para a sua entrega. Ela envolveu um questionário, constituído por quatro perguntas abertas, que serviu de base para que os participantes da disciplina apreciassem crítica e incisivamente um conjunto de ementas (por eles selecionadas) dentre as apresentadas na seção anterior, e também julgassem os critérios seletivos e classificatórios empregados na seleção da amostra das IES federais. O questionário foi entregue em arquivo virtual aos 10 participantes da disciplina. Dentre eles, oito responderam, sendo quatro mestrandos e quatro doutorandos.

A seguir, explicitam-se as questões e a essência das respostas dadas. Referencia-se os estudantes por letras e números (P1-P8)⁸ para preservar sua identidades.

Questão 1: Os critérios que orientaram a seleção das 19 IES federais são válidos e consistentes? Justifique seu posicionamento.

Em termos dos critérios que orientaram a seleção das 19 IES federais pertencentes à amostra, os oito estudantes concordaram que são válidos e consistentes mediante a proposta de diagnosticar a situação de presença ou ausência de disciplinas específicas referentes à história e/ou filosofia da ciência, nos cursos de física das universidades federais. P1 afirma que os critérios empregados “*tornaram viável a seleção de uma amostra de universidades que permite uma análise que engloba todo o território nacional e que transcendem questões regionais ou políticas*”. Ele acrescenta ainda que “*embora haja a possibilidade de as ementas não refletirem o que é efetivamente feito em sala de aula, elas representam, de forma geral, a forma como as disciplinas foram pensadas pelo corpo docente das instituições, os objetivos e as concepções difundidas nas universidades a respeito do caráter de uma disciplina de história e/ou filosofia da ciência*”. P2, apesar de concordar com os critérios estabelecidos, comenta que eles “*não permitem uma*

⁸ P = participante

imersão mais aprofundada uma vez que é possível uma indisponibilidade de dados, ou mesmo, uma desatualização deles nos sites das instituições investigadas, ou seja, tais critérios podem deixar de fora algumas instituições que serviriam para a compreensão do estado da arte referente à proposta de investigação”. P3 acredita que os critérios “são válidos e consistentes, visto que os dados são oriundos de fonte oficial, com critério de seleção pré-definido e apropriado”. Para P8 “os critérios utilizados são convincentes. Da forma que foi realizada, a seleção se mostra consistente, visto que os autores deixam claro o objetivo da pesquisa, que era indicar a situação de presença ou ausência de conteúdos de história da ciência nos cursos de física, e a forma como realizaram cada passo até que o número total fosse reduzido às 19 IES analisadas”.

P2 questiona a ausência das instituições de ensino superior estaduais como parte da amostra, e P4 e P5, a ausência dos Institutos Federais de Educação. Esse último acrescenta que “a priorização de especificar as instituições investigadas para o âmbito das universidades e fundações federais foi satisfatória no sentido da obrigatoriedade do governo federal de atender às necessidades nacionais de ensino superior que segundo a Lei de Diretrizes e Bases da educação nacional a LDB nº 9394 de 1996 pode ser complementada com instituições de âmbito estadual, municipal e particulares”.

Questão 2: As três categorias nas quais as IES componentes do estudo foram classificadas são claras e suficientes diante da diversidade das informações?

No que se refere às categorias nas quais as IES componentes do estudo foram classificadas, seis dos estudantes as consideraram válidas e claras. Um estudante considerou-as parcialmente eficientes. P8 não se refere diretamente às categorias, mas sim à divisão em categorias como insuficiente. Este aluno afirma que “diante da diversidade das informações oferecidas acredito que a divisão das 19 IES em categorias é insuficiente, visto que algumas das ementas trazem apenas os conteúdos, enquanto outras apresentam apenas a perspectiva de abordagem, de forma que não vejo como tal divisão pudesse ser feita de forma a não deixar dúvidas em relação ao critério escolhido”. P4, considera as categorias eficientes mas diz que o problema é que, “entretanto, as informações contidas na maioria das ementas dos cursos são insuficientes para realizar a classificação (categoria A, B ou C)”. P3, que considera as categorias parcialmente eficientes, diz que

“algumas das ementas não permitem estabelecer com a devida clareza a qual categoria pertence determinada disciplina”. Ele ilustra seu argumento com a ementa da disciplina ‘Fundamentos históricos e filosóficos da física’ da UFSM. Por fim, o estudante acredita que *“talvez fosse apropriado buscar outras fontes de informação sobre as disciplinas junto à própria instituição via eletrônica ou telefone [...]”*. P6, posicionando-se favoravelmente às categorias menciona que *“parecem ter sido inspiradas pela célebre frase do filósofo Imre Lakatos de que ‘a filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega’”*.

Questão 3: Considerando que os conteúdos das ementas das disciplinas descritas no texto sejam efetivamente trabalhados em sala de aula, você considera que eles são adequados para uma disciplina de caráter histórico-epistemológico em um curso de física? Em função da sua resposta, cite e comente três exemplos em que você julga a proposta condizente e três contra-exemplos ou situações em que isso não ocorre.

No tocante ao conteúdo das ementas em si, as disciplinas citadas como exemplares pelos estudantes foram:

- a. Evolução dos Conceitos da Física – UFSC (P1, P2, P4); UNIFEI (P1, P2, P4, P8); UFF (P4, P5)
- b. Evolução Histórica da Física – UFPI (P5); UnB (P2, P6)
- c. Evolução das Ideias da Física – UFSJ (P8); UFMG (P5)
- d. História da Física e Epistemologia – UFRGS (P6, P8)
- e. História da Física – UFRJ (P4)
- f. História da Ciência – UFAL (P1, P6)
- g. Filosofia da Ciência – UFAL (P1, P6)
- h. História e Filosofia da Ciência – UFAL (P1, P6)

P1 defende as disciplinas da UFAL como exemplos, porque considera que *“embora as disciplinas possuam focos diferentes, e a primeira vista possa parecer que a história e a filosofia são apresentadas separadamente, a forma como os conteúdos são apresentados revela que tanto a disciplina de história da ciência dialoga com a filosofia da ciência, como a disciplina de filosofia da ciência chama a história para o diálogo. Apesar de a disciplina de história da ciência possuir um caráter mais externalista, é visível ainda a intenção de superar a dicotomia internalismo x externalismo com a inclusão de tópicos que são visivelmente internalistas e até mesmo uma*

discussão explícita sobre as duas abordagens. Além disso, as disciplinas incluem ainda tópicos que estão em evidência na atualidade, como ‘ciência e ambiente’.

P5 considera que a disciplina “Evolução Histórica da Física” da UFPI *“demonstrou ser interessante visto o apanhado de assuntos pontuais iniciando com a física na antiguidade perpassando por período de revolução científica, atualidade além da física no Brasil”.*

P6, mesmo admitindo as disciplinas por ele selecionadas como condizentes, faz algumas ressalvas. Com relação à disciplina da UnB, por exemplo, o aluno comenta que *“os conteúdos das disciplinas são adequados, mas, verifica-se que há aparentemente uma sobreposição de conteúdos nas ementas. Neste sentido, seria necessário reorganizar os mesmos de modo que não houvesse sobreposição e que os conteúdos pudessem ser aprofundados”.*

P8 acredita que, se todo o conteúdo da ementa da disciplina “História e Epistemologia da Física” da UFRGS for efetivamente trabalhado, a disciplina serve de exemplo, uma vez que *“versa desde a física dos gregos à física moderna, aborda as epistemologias de alguns filósofos e ainda apresenta as implicações para o ensino”.*

Como contra-exemplo, as disciplinas elencadas pelos estudantes da Bahia foram:

- a. História da Física – UFPR (P8); UFRR (P2, P6)
- b. Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física – UFSM (P6, P8)
- c. Evolução das Ideias da Física – UFU (P3, P4, P8)
- d. Evolução da Física – UFBA (P1, P4)
- e. História da Ciência – UFAL (P2)
- f. Filosofia da Ciência – UFAL (P5)
- g. História e Filosofia da Ciência – UFAL (P4)
- h. História e Epistemologia da Física – UFAP (P2)
- i. História da Ciência e Ensino – UFABC (P1)
- j. Introdução à Filosofia da Ciência – UFABC (P5)
- k. Filosofia e Metodologia da Ciência – UNIFAL (P1, P5, P6)

P1 diz que a disciplina “História da Ciência e Ensino” da UFABC serve de contra-exemplo por seu caráter mais voltado para *“[...] a divulgação científica, que não está em sintonia com o nome da disciplina e, acredito, não é uma boa estratégia para discutir história e filosofia da ciência”.*

Diferentemente de P1, o aluno P2 considera a disciplina “História

da Ciência” da UFAL como um contra-exemplo, por apresentar uma *“ementa muito abrangente com múltiplas articulações e intencionalidades muito específicas relacionando muitas áreas com carga horária pequena”*. P3 comenta que a questão proposta é de difícil resposta, tendo em vista que *“[...] a adequação depende muito dos objetivos da disciplina e estes não estão disponibilizados”*. Porém, indica sua insatisfação com a ementa de “Evolução das Ideias da Física” da UFU, que carrega termos estranhos, como, segundo ele *“parapsicologia e o papel da física no ensino”*.

P4 afirma que, pelo apresentado nesse texto, a disciplina “Evolução da Física” da UFBA serve de contra-exemplo, pois propaga uma *“concepção inadequada sobre a natureza da ciência”*.

P5 menciona que *“a ementa da UFABC de Introdução à Filosofia da Ciência trouxe a perspectiva de existência de um método científico ‘Noções de conhecimento e métodos científicos’, como se o uso de um método desse conta da produção do saber científico”*.

P8 pondera que a disciplina “História da Física” da UFPR pode ser vista como contra-exemplo por apresentar falhas. Dentre elas destaca os seguintes apontamentos: *“1) o que é ‘método de estudo na história da física’? 2) A divisão em ‘explicações míticas’ e ‘explicações científicas’ sugere uma pseudo-história. 3) Os pontos ‘a Ciência Empírica’, ‘Criação de Conceitos Quantitativos’ e ‘a Unidade dos Conceitos Naturais’ parecem estar sem ligação com a proposta de investigar a epistemologia da ciência”*. Cabe ressaltar que o estudante P7 respondeu à questão de forma mais geral, destacando pontos por ele considerados relevantes quando da elaboração de uma boa ementa.

De forma ilustrativa, a figura 1 mostra as ementas apontadas como mais adequadas para o estudo de questões histórico-filosóficas. A figura 2, indica as ementas menos apreciadas pelos estudantes.

Questão 4: Que sugestões você teria para o aprofundamento do tema, ou para enriquecer o panorama apresentado no texto⁹?

Buscou-se resgatar junto aos participantes da disciplina “Tópicos: Reflexões sobre um Curso de ‘Evolução da Física’” sugestões para aprofundamento do tema, ou enriquecimento do panorama apresentado. P1, por exemplo, sugere que *“uma discussão mais detalhada a respeito*

⁹ Os dados retratados nesse artigo foram trabalhados com os alunos da UFBA através de um texto cuja essência contemplou os critérios seletivos e classificatórios das IES componentes do estudo e as tabelas.

das abordagens e das perspectivas historiográfica e\ou epistemológica que se pode inferir do texto das ementas ajudaria a compreender melhor como a história e a filosofia têm sido inseridas no ensino de ciências, o que seria um primeiro passo para avaliar cada uma delas”. Ainda nesse sentido, P2 sugere que *“uma vez que o planejamento no ensino sofre modificações no ato da ação acredito que seria proveitoso para a discussão acrescentar mais um critério de delimitação, talvez por região e ser realizado entrevistas com os docentes das instituições procurando estabelecer as relações entre o currículo vivo – aquele praticado em sala de aula e o currículo proposto, o planejado no projeto pedagógico do curso”.* O estudante P6, de forma interessante, sugere *“analisar os currículos e outros documentos das universidades estaduais, além de examinar aqueles dos cursos de educação à distância oferecidos pelas universidades federais e estaduais já selecionadas pelos critérios estabelecidos. Ademais, poderia ser feita uma comparação entre tais currículos, ementas e outros, de modo que poderia ser discutido se estes últimos estão de acordo com as diretrizes e finalidades subjacentes a um curso à distância”.* P7 lembra que na presente pesquisa *“não há como diagnosticar se as disciplinas mencionadas contemplam os objetivos de formação reflexiva a respeito da natureza do conhecimento científicos e que forma essas disciplinas são realizadas, e ainda qual a formação dos professores que ministram essas disciplinas. Considerando importante as aplicações de questionários ou outro instrumento in loco para verificar a efetivação dos objetivos das disciplinas e assim averiguar se as disciplinas cumprem o seu papel”.* P8, insatisfeito com as categorias de classificação das IES, sugere fortemente que *“diante da diversidade de informações oferecidas pelo texto, e com base nas discussões realizadas no curso, a primeira sugestão seria apresentar uma definição de ementa para orientar a análise. Ao invés de dividir as IES em categorias quanto a vinculação ou não da história com a filosofia, acredito que seria mais enriquecedor trazer uma análise em relação a carga horária e os conteúdos propostos, e as perspectivas de abordagens das ementas”.*

É importante ressaltar que os extratos das respostas advindas do questionário respondido pelos estudantes não refletem a totalidade das sugestões, mas, de uma maneira geral, aquelas que mais se destacaram.

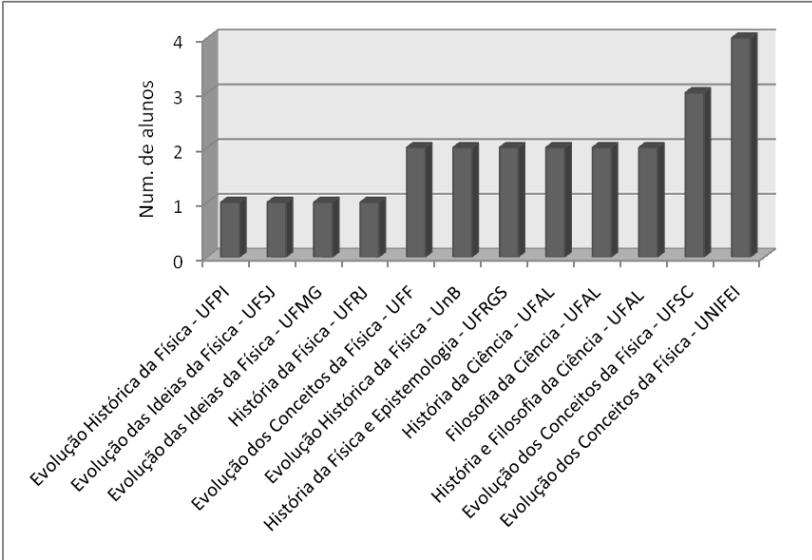


Fig. 1: Ementas apontadas como mais adequadas para o estudo de questões histórico-filosóficas.

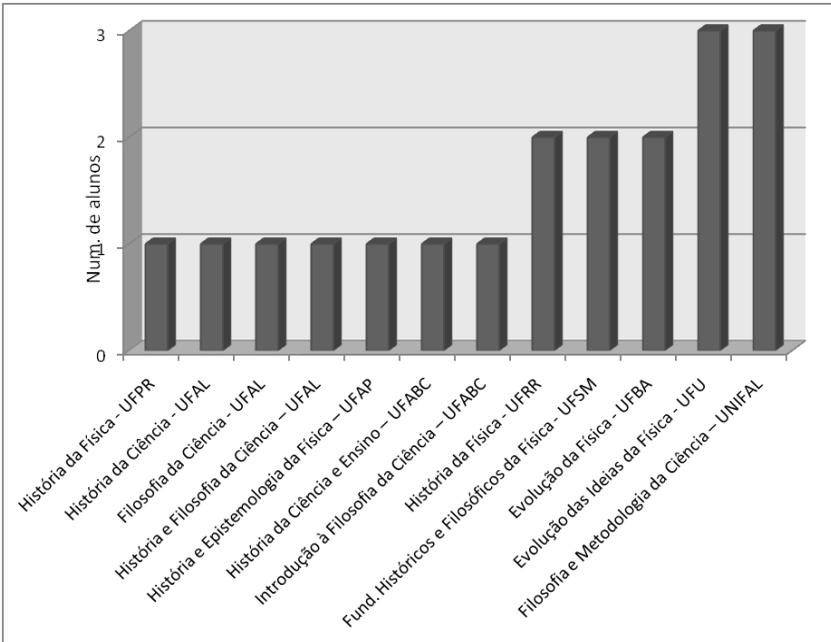


Fig. 2: Ementas menos apreciadas pelos estudantes envolvidos.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos documentos selecionados para este estudo, constata-se que as propostas de disciplinas específicas sobre a história e filosofia da ciência, nos cursos de física, são bastante variadas. Essa diversidade é inferida, em uma primeira aproximação, através dos conteúdos, dos enfoques evidenciados pela classificação e pela inclusão de temas pouco usuais em certas ementas. A amplitude e ambigüidade dos conteúdos propostos, de um lado, e a informação insuficiente, de outro, dificultam o enquadramento inequívoco das disciplinas em categorias, bem como uma avaliação mais precisa. Porém não impedem que algumas importantes constatações sejam feitas.

Muitas instituições promovem a inclusão de disciplinas que abordam a história da ciência, e da física, em particular, sem vínculos com a epistemologia. Dessa forma, perde-se a oportunidade propiciar ao estudante uma visão muito mais ampla a respeito de como é construído o conhecimento científico e de como ele se relaciona com os aspectos sociais. Uma história meramente cronológica, de viés positivista, e muitas vezes vista como um repositório de curiosidades, é uma história pobre; em termos educacionais, é incomparavelmente inferior a uma história que se articula à filosofia da ciência, que suscita a reflexão e a argumentação fundamentada.

Em alguns cursos de física, observa-se que disciplinas de história e filosofia da ciência/física são obrigatórias para os cursos de licenciatura, porém optativas para os de bacharelado. Essa distinção sugere que o tema é, na prática, mais valorizado na formação de professores do que de cientistas. Discriminação essa que pode ser questionada sob vários aspectos, entre eles o de que a maioria dos professores dos cursos de licenciatura em física são (e continuarão sendo) bacharéis, formadores de novos professores. Com lacunas de cunho epistemológico em sua formação, não é de surpreender que esses profissionais propaguem em seu ensino visões de ciência incompatíveis com a filosofia da ciência contemporânea.

É possível, e desejável, que em certas instituições a história da física seja discutida junto a disciplinas do currículo, como em físicas básicas, estrutura da matéria etc. Essa variável, efetivamente, não foi considerada no presente estudo. No entanto, a se julgar pela formação dos professores, em geral, e pela forma com que os livros-textos são concebidos, conjectura-se que essa não deve ser uma praxe corrente.

A clara especificidade de determinadas ementas em alguns assuntos e o amplo espectro dos conteúdos propostos, conjugados a articulações com a filosofia e a sociologia da ciência, e mesmo com questões e problemas do ensino de física, exige do professor responsável por essas disciplinas de caráter histórico, conhecimentos que ele não tem, ou que precisaria de muito tempo para dispor. A questão que se coloca, portanto, é a de como compatibilizar o que está previsto para ser feito e o que, efetivamente, se faz nessas disciplinas. Talvez uma conjugação de esforços, com o envolvimento de vários professores, fosse uma possível resposta.

O excesso de conteúdos previstos para serem abordados nessas disciplinas, com cargas horárias típicas de 60 h ou 72 h, é outro ponto a ser pensado, assim como o de seus pré-requisitos, que, à luz do projeto político-pedagógico do curso em que se situa, vai estabelecer o seu lugar no currículo.

Devido a grande quantidade de informações coletadas, necessárias para o desenvolvimento do presente estudo, optou-se por restringir a amostra às universidades e fundações federais. Assim, nada se pode inferir sobre a situação da presença ou ausência de disciplinas específicas voltadas para a história e filosofia da ciência/física nas instituições estaduais, bem como nos institutos e centros federais de educação, ou instituições particulares. Compreende-se que essas instituições são igualmente importantes no cenário nacional, e que portanto um panorama mais geral, completo e mais conclusivo, sobre esse tema, demandaria a inclusão dessas instituições em uma nova pesquisa.

Os argumentos aqui expostos, bem como os comentários críticos dos estudantes de pós-graduação, mostram que os limites para as pesquisas nessa área ainda estão longe de serem alcançados. De fato, são muitas as variáveis envolvidas na abordagem do tema, e a importância de cada uma está diretamente ligada aos objetivos do que, afinal, se pretende ao se ter como meta tornar mais transparente o papel da história e da filosofia da ciência na formação do estudante. A presente pesquisa dá um primeiro passo nessa direção – um pouco tímido, talvez, mas necessário.

2.7 REFERÊNCIAS

BARRA, E. S. O. A realidade do mundo da ciência: um desafio para a história, a filosofia e a educação científica. **Ciência & Educação**, n. 5, v. 1, p. 15-26, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. MEC/ SENTEC, Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Sistema e-MEC**. Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>> Acesso em 08 nov 2010.

CARVALHO, A. M. P. ; VANNUCCHI, A. I. O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n.1, p. 3-19, 1996.

CASTRO, R. S. História da ciência: investigando como usá-la em um curso de segundo grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 225-237, dez 1992.

CLOUGH, M. P. The story behind the science: bringing science and scientists to life in post-secondary science education. **Science & Education**, set 2010. Disponível em: <www.springerlink.com/index/64PHH4NX41754151.pdf> Acesso em: 27/02/2011

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. A história da ciência na formação do professor de física: subsídios para um curso sobre o tema atração gravitacional visando às mudanças de postura na ação docente. **Ciência & Educação**, v.10, n.3, p. 491-500, 2004.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOBARA, S. T.; GARCIA, J. R. B. As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 519-525, 2007.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. **Science & Education**, v. 20, n. 2 e 3, p. 293-316, mar 2011.

KUHN, T. S. The structure of scientific revolutions. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. **A estrutura das revoluções científicas**. 9ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2007, 260 p.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, set 2007.

MARTINS, R. A. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. p. xxi-xxxiv. In: SILVA, C. C. (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de história e epistemologia da física para futuros professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 7-54, 2007.

MASSONI, N. T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física: a questão da**

mudança epistemológica. 2010. 412f. Tese (Doutorado). Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia, e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez 1995.

McCLELLAND, G. The limits to a physics teacher's responsibility. **Physics Education**, vol. 18, no 3, p. 114-116, 1983.

NEVES, M. C. D. O resgate de uma história para o ensino de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 215-224, dez 1992.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da História e Filosofia da Ciência presente em livros didáticos de Física para o Ensino Médio**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PONCZEK, R. L. Pode a física ser um bom árbitro para questões epistemológicas? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 295-313, ago. 2009.

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

ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto: da relevância da história da ciência no ensino da física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n. especial, p. 7-22, jun 1988.

SEREGLOU, F.; KOUMARAS, P. The contribution of the history of physics in physics education: a review. **Science & Education**, v. 10, n.

2, p. 153-172, jan 2001.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Against a negative image of science: history of science and the teaching of physics and chemistry. **Science & Education**, v. 12, n. 7, p. 703-717, out 2003.

STAUB, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. **Diálogo entre história e filosofia da ciência em uma disciplina de evolução dos conceitos da física**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Porto Alegre: s. n., 2004.

TEIXEIRA, E. S. **A influência de uma abordagem contextual nas concepções sobre a natureza da ciência**: um estudo de caso com estudantes de física da UEFS. 2003. 132f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal de Bahia, Bahia, 2003.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, v.15, n. 3, p. 529-556, 2009.

VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 169-181, 2001.

VANNUCCHI, A. I. **História e filosofia da ciência**: da teoria para a sala de aula. 1996. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

Páginas eletrônicas dos cursos, institutos e departamentos de física das IES descritas no artigo:

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **Graduação em Física.** Disponível em:

< <http://www.fis.unb.br/cgrad/cg/grad.htm> >. Acesso em 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC. **Pró-Reitoria de Graduação.**

Disponível em: <<http://prograd.ufabc.edu.br/cursos>>. Acesso em: 17 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. **Instituto de Física.**

Disponível em: < <http://www.fis.ufal.br/Graduacao.php> >. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS. **Graduação:**

Universidade Federal de Alfenas. Disponível em: < <http://www.unifal-mg.edu.br/graduacao/?q=fislic> >. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ. **Física.** Disponível em:

<<http://www2.unifap.br/fisica/graduacao/documentos/>>. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Instituto de Física.**

Disponível em:

< <http://www.fis.ufba.br/graduacao.htm> >. Acesso em 18 nov. 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ. **Instituto de Ciências**

Exatas. Disponível em: < <http://www.unifei.edu.br/ice/ice-departamentos>>. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. **Departamento de Física**. Disponível em: < <http://www.ufjf.br/fisica/disciplinas/>>. Acesso em: 1 jun 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Departamento de Física**. Disponível em: < <http://www.fisica.ufmg.br/graduac/>>. Acesso em: 17 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Departamento de Física**. Disponível em:
< <http://fisica.ufpr.br/grad/>>. Acesso em: 17 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Disciplinas**. Disponível em:
< <http://www.ufpi.br/df/index/pagina/id/1620>>. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.
Informações acadêmicas da graduação. Disponível em:
<<http://www1.ufrgs.br/graduacao/xInformacoesAcademicas/habilitacoes.php?CodCurso=330>>. Acesso em: 1 jun 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **Instituto de Física**. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/>>. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA. **Departamento de Física**. Disponível em: <<http://www.dfis.ufr.br/>>. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Departamento de Física. Disponível em <<http://www.fsc.ufsc.br/ensino/index.html>>. Acesso em: 1 jun 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Pró-reitoria de Graduação**. Disponível em: <
<http://w3.ufsm.br/prograd/not.php?id=906>>. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI. Universidade Federal de São João del Rei. **Curso de Física**. Disponível em: <
http://www.ufsj.edu.br/cofis/unidades_curriculares.php>. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Cursos Presenciais**. Disponível em:
< <http://www.ufu.br/pagina/cursos-presenciais> >. Acesso em: 18 nov 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. **Instituto de Física**. Disponível em:
< <http://www.if.uff.br/pt/graduacao>>. Acesso em: 1 jun 2010.

2.8 APÊNDICE 1

Disciplinas – Evolução dos Conceitos da Física I e II
Carga horária: 136h

Ementas

De acordo com o dicionário Aurélio, ementa é um “apontamento, lembrete, sumário”. Com a finalidade de que se produza um documento escrito, com uma descrição resumida das matérias e suas cargas horárias. Uma ementa universitária em geral apresenta muito sucintamente as ideias que serão abordadas ao longo da disciplina, na forma de um fichamento. De acordo com essa definição, elaboramos as ementas nos seguintes termos:

Discussão dos conceitos e teorias da física, de forma integrada com a história e filosofia das ciências, abordando os processos do fazer científico, seja na perspectiva internalista, e/ou externalista, por meio de experimentos históricos, controvérsias, problemas e episódios clássicos, grandes feitos, narrativas históricas e biografias.

Pré-requisito: Estrutura da Matéria.

Evolução dos Conceitos da Física I (68h)

Conteúdos: A física dos gregos. Modelos cosmológicos: de Erasmo a Galileu. Newton e suas diversas contribuições à ciência. As contribuições de Kepler para a Astronomia. Ciência e Técnica na Termodinâmica.

Evolução dos Conceitos da Física II (68h)

Conteúdos: História do Eletromagnetismo. A física do século XX: Relatividade, Mecânica Quântica, Sistemas Complexos. As contribuições dos físicos brasileiros nessas áreas.

Autores: Os dez participantes da disciplina.

CAPÍTULO 3

HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA:
ESTUDOS COM MAPAS CONCEITUAIS E UM
AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM
EM UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA
FÍSICA

3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA: ESTUDOS COM MAPAS CONCEITUAIS E UM AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA

Danielle Nicolodelli Tenfen¹

Luiz O. Q. Peduzzi²

¹UFSC / Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,
dntenfen@gmail.com

²UFSC / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica, peduzzi@fsc.ufsc.br

Resumo: A utilização de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem (AVEA) na educação a distância tem sido objeto de discussão e pesquisa. A aproximação desses ambientes com a sala de aula de cursos presenciais é uma tendência mais recente, mostrando-se um tema bastante promissor à investigação. Nessa perspectiva, esse trabalho discute os limites e as possibilidades da utilização de mapas conceituais, à luz da teoria de David Ausubel, e de um AVEA como ferramentas para favorecer a aprendizagem significativa e a organização do conhecimento em uma disciplina sobre a história da física de um curso de graduação em física de uma universidade federal.

Palavras-chave: história da física; ambiente virtual de ensino e aprendizagem; mapas conceituais; aprendizagem significativa.

Abstract: The use of virtual teaching and learning environments (VTLE) in distance education has been the subject of discussion and research. The approach of these environments with classroom from presential programs is a more recent trend, showing a very promising subject for research. From this perspective, this paper discusses the limits and possibilities of the use of concept maps, in light of the David Ausubel theory, and a VTLE as tools to promote meaningful learning and knowledge organization in a history of physics course from an undergraduate degree in physics from a federal university.

Key-words: physics history; virtual teaching and learning environment; concept maps; meaningful learning.

3.1 A HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA EM CURSOS DE FORMAÇÃO DOCENTE E DE CIENTISTAS

Em cursos de graduação em física, pouco se discute sobre a história e filosofia da ciência. Porém, na literatura, encontra-se registros de pesquisas nas quais se busca uma maior aproximação com aspectos histórico-filosóficos da física, seja em disciplinas específicas para esse fim, ou permeando várias das disciplinas do currículo.

Rosa e Martins (2007) investigaram a presença do tema ao longo das disciplinas do curso de licenciatura em física, da Universidade Federal da Bahia. Através de gravações e entrevistas padronizadas, constataram que os docentes da insituição procuram fazer inserções histórico-filosóficas em suas aulas. Porém, esses mesmos docentes manifestaram ter dificuldades, justificadas em função de suas formações tradicionais, dentre outros aspectos.

Silveira et al. (2010) apresentam uma proposta de trabalho de tópicos da história e filosofia da ciência no curso de licenciatura em física, da Universidade Federal da Paraíba. Em quatro encontros, totalizando 8 h, os autores relatam que foi colocada em prática uma sequencia didática centrada no episódio histórico que envolve o movimento relativo, escolhido por proporcionar “a compreensão tanto de um conceito que os alunos apresentam dificuldade, que é o de referencial em movimento, quanto de concepções de mundo envolvidas nas ideias de Aristóteles e Galileu” (SILVEIRA et al., 2010). O público-alvo, alunos ingressantes do curso no primeiro semestre de 2008, mostrou-se satisfeito com a abordagem histórica. Ainda, segundo os autores, “a sequencia didática empregada permitiu explorar os parâmetros sobre a NDC [natureza da ciência] através do episódio histórico sobre movimento relativo, contribuindo para o enriquecimento do assunto”. Os parâmetros mencionados pelos autores são:

- i) a relação entre evidências experimentais e elaboração de teorias, rejeitando a visão empirista-indutivista e concordando que as observações são dependentes das teorias; ii) leis e teorias não são verdades absolutas, são submetidas a testes e críticas de evidências, replicação de estudos, e estão inseridas num contexto social; iii) a construção da ciência é uma contribuição coletiva,

que depende de criatividade, tradições sociais, culturais, e que se dá por processos evolutivos e revolucionários, sem um método científico único (SILVEIRA et al., 2010, p. 58-59).

Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, “História e Epistemologia da Física” é uma disciplina que integra o currículo de formação de professores da área. Dentre seus objetivos, destaca-se “proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico através do estudo da história e da filosofia da física e buscar as implicações destas idéias para o ensino da física” (MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007). Em 2007, dois estudos foram publicados envolvendo essa disciplina, sendo um deles o supracitado, de Moreira, Massoni e Ostermann (2007) e outro de Massoni e Moreira (2007). No primeiro artigo, apresenta-se uma análise quantitativa das mudanças ocorridas nas concepções dos alunos sobre a natureza da ciência, após contato com a disciplina. No segundo, resultante de um estudo qualitativo etnográfico, os autores objetivam “chegar a uma compreensão descritiva contextualizada do cotidiano da sala de aula dessa disciplina”.

Na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a disciplina “Evolução dos Conceitos da Física” tem como objetivo central analisar histórica e epistemologicamente os desenvolvimentos conceituais das teorias físicas, desde os gregos até o presente. Cursos tanto por licenciandos quanto por bacharelados, é compulsória na modalidade presencial, e tem como pré-requisito Estrutura da Matéria I.

Essa disciplina tem servido de cenário para a realização de diversas pesquisas, como a que envolve a história e epistemologia da radioatividade na formação científica (CORDEIRO, 2011), a que versa sobre o conceito de simultaneidade e seu desenvolvimento, desde a antiguidade até a relatividade, (PRÁ, 2011), e a exposta no presente artigo.

Pode-se inferir que, estudos sobre a forma com que a história e a filosofia da ciência são efetivamente trabalhadas nos cursos de formação em física, permitem uma apreciação crítica dessa situação e contribuem para evidenciar como os docentes se sentem diante da inserção do tema em sala de aula. Além disso, fornecem dados que permitem aos pesquisadores da área inteirar-se das dificuldades enfrentadas nesse processo. O relato dos efeitos das discussões centradas no tema, tanto ao longo dos currículos quanto em disciplinas específicas de cunho histórico-epistemológico, traz resultados bastante satisfatórios para

entender-se de forma mais efetiva as influências da história e filosofia da ciência na formação do professor e do cientista.

Nesse sentido, o presente artigo refere-se a dois estudos realizados na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física” da UFSC: um deles no segundo semestre de 2009, e outro no primeiro semestre de 2010. Como parte de uma pesquisa mais ampla, que visa compreender a organização do conhecimento nessa disciplina, cabe discutir: quais os limites e as possibilidades encontrados na utilização de mapas conceituais e de um AVEA, como ferramentas para favorecer a aprendizagem, em uma disciplina sobre a história da física?

O objetivo subjacente a questão proposta está em investigar em que medida as ferramentas mencionadas podem ser articuladas à disciplina “Evolução dos Conceitos da Física” e, por extensão e com a devida cautela, a disciplinas de caráter semelhante em outras insituições de ensino superior. Para isso, nas seções seguintes, mostra-se a fundamentação da proposta no referencial da teoria da aprendizagem significativa (TAS) e descreve-se o desenvolvimento da pesquisa, destacando os resultados obtidos.

3.2 PODEM OS AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM SER CONSIDERADOS POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS?

Os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem são espaços onde é possível disponibilizar materiais e organizar diversas propostas interativas. Conforme Almeida (2003, p. 331), esses espaços possibilitam

integrar múltiplas mídias, linguagens e recursos, apresentar informações de maneira organizada, desenvolver interações entre pessoas e objetos de conhecimento, elaborar e socializar produções tendo em vista atingir determinados objetivos.

O suporte oferecido pelos ambientes virtuais permite a ampliação do tempo didático para além da sala de aula, “[...] facilitando o acesso à informação e à comunicação em tempos diferenciados e sem a necessidade de professores e alunos partilharem os mesmos espaços geográficos” (NEVADO, 2005).

Rodrigues et al. (2008) apontam como uma das críticas à utilização dos AVEA, a ausência de interação face-a-face. A recente adequação dessas ferramentas no ensino presencial pode atenuar essa crítica, tendo em vista que, nesse caso, servem como complemento para o processo de ensino e aprendizagem que se inicia e se mantém constante em sala de aula.

Diante da opção pelos ambientes como recurso para a aprendizagem, Almeida et al. (2007) afirmam que é importante “resignificar as nossas práticas [como professores], investindo naquelas que privilegiem a troca, o envolvimento dos participantes, a investigação, a negociação de sentidos e a (re)produção de conhecimento”. No que se refere ao aprender diante de computadores, Jonassen (2007, p. 20) sustenta que “os alunos não aprendem a partir das tecnologias, mas que as tecnologias podem apoiar a construção de significados por parte dos alunos”.

Tendo em vista que a aquisição de significados é fundamental na TAS, questiona-se: os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem podem ser considerados ferramentas potencialmente significativas, nos termos ausubelianos?

Segundo Ausubel (2003, p. 1), para que a aprendizagem se caracterize como significativa, novos significados devem ser adquiridos a partir de um material de aprendizagem. É preciso que “a estrutura cognitiva *particular* do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material” (Ausubel, 2003, p.1). Além disso, é de fundamental importância que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo, quer dizer, “que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma *não arbitrária* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* com *qualquer* estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado ‘lógico’)” (AUSUBEL, 2003, p. 1).

Jonassen (2007, p. 21-23) fornece diferentes definições para o que se entende por ferramentas cognitivas, das quais destaca-se que elas são “ferramentas informáticas adaptadas ou desenvolvidas para funcionarem como parceiros intelectuais do aluno, de modo a estimular e facilitar o pensamento crítico e a aprendizagem de ordem superior” (Jonassen, 2007, p.21). Ainda segundo o autor, exemplos de ferramentas cognitivas seriam bases de dados, mapas conceituais, ferramentas de representação visual e ambientes de conversação em tempo real, dentre outros. Complementando a caracterização de ferramenta cognitiva, Jonassen (2007, p. 22) diz que elas “não reduzem necessariamente o processamento de informação (isto é, não facilitam uma tarefa);

contrariamente, o seu objectivo é fazer um uso mais efectivo dos esforços mentais dos alunos”.

Portanto, um AVEA que contemple a funcionalidade de um banco de dados; um espaço para conversação em tempo real, como um *chat*; uma rede semântica, da qual os mapas conceituais são um bom exemplar; dentre outros recursos de acesso e de discussão sobre determinado corpo de conhecimento, objetivando a reflexão crítica e a aprendizagem, pode ser considerado um bom exemplo de ferramenta cognitiva. Sendo ele bem desenvolvido, utilizado de forma que favoreça o estabelecimento de relações entre conhecimento prévio e novo, de forma não arbitrária e não literal, ou seja, como uma ferramenta cognitiva facilitadora da aprendizagem significativa, então esse ambiente pode ser considerado potencialmente significativo. Porém, de que forma poderia estar disposto o conteúdo em um AVEA, em princípio, potencialmente significativo?

Bolacha e Amador (2003) apresentam um estudo exploratório onde buscam averiguar se existe “alguma relação entre o modo como a informação se encontra organizada num documento hipertextual e o tipo de aprendizagem/raciocínio resultante da sua exploração”. Para tal, as autoras empregam hipertextos estruturados hierarquicamente, conforme sugere a teoria da aprendizagem significativa, e também organizados em redes, fundamentados na teoria da flexibilidade cognitiva. Nesses termos, elas constataram que a organização hierárquica facilita a coleta de informações, a classificação dos conceitos, bem como a aprendizagem significativa subordinada e superordenada, e ao mesmo tempo evita a desorientação do aluno. No entanto, essa estrutura dificulta “os raciocínios de tipo explicativo que obriguem a relacionar diversos conceitos pertencentes a ramos/categorias ontológicas diferentes”.

Rodrigues et al. (2008) apontam quatro critérios fundamentais para um ambiente virtual de ensino e aprendizagem eficiente. Resumidamente, tais critérios são *conteúdo*, no que se refere a abordagem dos temas de interesse do estudante e à forma de representação do conhecimento no ambiente; *formato*, no que se refere aos parâmetros curriculares determinados pelo contexto institucional e os recursos humanos; *infra-estrutura*, relacionado aos recursos computacionais empregados, o que inclui os programas e os equipamentos computacionais disponíveis e por fim, *pedagogia*, critério que “corresponde ao planejamento da abordagem didática a partir dos tópicos do conteúdo programático, visando determinar a metodologia de ensino mais adequada para ministrar um determinado curso”.

Sabe-se que a aprendizagem significativa faz parte de um processo que pode ser caracterizado como progressivo, idiossincrático, intencional, dinâmico, recursivo e interativo. A interatividade se dá entre conhecimento novo e prévio na estrutura cognitiva de um aprendiz; e entre indivíduos, uma vez que é na relação com outros alunos, com professores, livros didáticos (e por consequência com seus autores), construtores de AVEA, que ocorre, por sua vez, a negociação de significados e se amplia a compreensão dos conteúdos. Em um suposto ambiente virtual eficiente e potencialmente significativo, o conteúdo não necessariamente precisaria estar representado de forma hierarquizada, mas sim de maneira condizente com outros desses aspectos do processo de aprender significativamente.

Dessa forma, um ambiente embasado, por exemplo, na recursividade, poderia ser considerado potencialmente significativo, por permitir ao estudante ir e vir no conteúdo através de animações, capítulos de livros, artigos de periódicos, *sites* externos ao ambiente, encontrados em diferentes páginas web. A busca por respostas à questões propostas em fóruns de discussão, igualmente leva o aluno a investigar o material didático disponível, atrás de suporte teórico para seus argumentos.

Quanto a interação entre sujeitos, cabe ressaltar que:

A aprendizagem é uma actividade que não pode ser compartilhada; é, sim, uma questão de responsabilidade individual. Pelo contrário, os significados podem ser compartilhados, discutidos, negociados e sujeitos a consenso. (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 36)

Ao considerar que os estudantes, professores e também os autores de artigos, livros, páginas eletrônicas, animações, simulações dentre outros materiais didáticos que podem estar contidos em um AVEA, são todos sujeitos presentes no processo de negociação de significados, assim como o é o construtor do ambiente virtual de ensino e aprendizagem, então as discussões, o compartilhamento de significados e as possibilidades de consenso são ampliadas com a utilização desse espaço como ferramenta potencialmente significativa. Jonassen (2007, p. 312), tratando da eficácia do uso colaborativo das ferramentas cognitivas afirma que “os alunos que trabalham juntos para negociar a sua compreensão não só irão produzir melhores bases de conhecimento

com as ferramentas cognitivas como também irão aprender mais durante o processo”.

Os AVEA podem fornecer acesso a grandes quantidades de informações, de inúmeras maneiras. Quanto mais informações referentes ao objeto de estudo estiverem à disposição do estudante, e quanto mais diversificadas forem as formas de acesso a tal informação, maiores também são as possibilidades de ampliação do conhecimento. Entretanto, cabe ressaltar a importância de um bom planejamento da abordagem didática, pelo docente, garantindo que os instrumentos que contém a informação sejam explorados com propósitos bem definidos, enfocando a matéria de ensino, para minimizar dessa forma o acesso mecânico às informações, o que não é produtivo. Quando informações contidas, por exemplo, em um AVEA, são selecionadas pelo docente, elas carregam uma intencionalidade condizente com a proposta da disciplina, evitando um acesso desordenado à inúmeras páginas eletrônicas por parte do aluno, uma vez que “[...] pesquisar informação sem uma finalidade intencional não levará necessariamente à aprendizagem significativa” (JONASSEN, 2007, p. 31).

Assim sendo, desde que diante de uma postura docente construtivista, que garanta uma mediação adequada do acesso ao conhecimento, visando sempre uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes, os AVEA mostram-se como ferramentas cognitivas potencialmente significativas, possivelmente incorporáveis às disciplinas de qualquer natureza, tanto na modalidade de educação a distância quanto presencial.

3.3 O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM DE “EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA” DA UFSC

Desde o primeiro semestre de dois mil e nove, a Universidade Federal de Santa Catarina, juntamente com o plano de bolsas de pós-graduação do REUNI, vem incentivando o uso de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem como complemento às disciplinas de seus cursos presenciais. Para isso a instituição disponibiliza o Moodle UFSC, já empregado nos cursos na modalidade de educação à distância.

Segundo a própria página do Moodle UFSC¹⁰, essa plataforma serve como um sistema para gerenciamento de cursos e como um

¹⁰www.moodle.ufsc.br – acesso em 17/05/2010

ambiente virtual de ensino e aprendizagem. É objetivo de sua utilização, de acordo com a mesma fonte:

gerenciamento de conteúdos: organização de conteúdos a serem disponibilizados aos estudantes no contexto de disciplinas/turmas; interação entre os usuários: diversas ferramentas para interação com e entre estudantes e professores: fórum, bate papo, mensagem instantânea, etc.; acompanhamento e avaliação: definição, recepção e avaliação de tarefas, questionários e enquetes, com possível atribuição de notas, cálculo de médias, etc.

Diante deste incentivo, implementou-se, a partir do segundo semestre de 2009, um AVEA para a disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”. Em uma perspectiva que prioriza a construção do conhecimento, o ambiente proposto visa expor posicionamentos, estimular diálogos, explicitar dúvidas e suscitar a discussão de temas polêmicos, procurando envolver o aluno em uma situação de aprendizagem ainda mais contextualizada, reflexiva e colaborativa, nos termos de Almeida e colaboradores (2007). Para tal, além de um banco de dados constantemente atualizado, o AVEA conta com fóruns de discussão específicos para cada uma das unidades didáticas da disciplina, ferramentas para envio de tarefas, e um glossário principal, adaptado para suportar o compartilhamento e discussão de mapas conceituais, construídos pelos estudantes ao longo da primeira unidade de ensino.

Pinho (2008, p. 26) propõe que as funcionalidades disponíveis nos ambientes virtuais, usualmente apresentam-se distribuídas em quatro grupos os quais baseiam-se na natureza das ferramentas, que, por sua vez, podem ser de comunicação, avaliação, apoio ao aluno, ou então relativas ao conteúdo.

No AVEA de Evolução, as ferramentas relativas ao conteúdo constituem-se de páginas web destinadas aos textos principais de cada unidade, a um texto sobre a estruturação de mapas conceituais e às animações e vídeos, neste caso, restritas à primeira unidade de ensino. Inclui-se também nessa categoria, as páginas web contendo artigos complementares e capítulos de livros.

No grupo referente às ferramentas de comunicação, situam-se os fóruns reservados a cada unidade, as mensagens instantâneas e o glossário. Os fóruns são de grande importância, pois neles os alunos

podem expor dúvidas e questões que surgem, por exemplo, no momento em que estão realizando a leitura dos textos; responder questões formuladas previamente pelo professor, entre outras possibilidades. Sendo assim, antes mesmo de entrar em sala de aula, os estudantes têm a oportunidade de refletir sobre os temas a serem debatidos, o que, teoricamente, gera posicionamentos mais bem fundamentados e o enriquecimento das discussões presenciais. Como um subproduto importante desse processo está o exercício da escrita, pelo aluno, que exige correção gramatical e clareza lógica e conceitual.

As ferramentas de avaliação englobam as tarefas e também o glossário, através dos quais os mapas conceituais foram compartilhados. Cabe ressaltar que fóruns de discussão são primeiramente ferramentas de interação, contudo a participação dos alunos nesses espaços é igualmente objeto de avaliação na disciplina. No que se refere às ferramentas de apoio ao aluno, destaca-se o mural de avisos, a agenda da disciplina, o plano de ensino, e duas páginas web: uma voltada para os objetivos da aprendizagem de cada capítulo dos textos principais, e outra contendo um tutorial para utilização do programa *CmapTools*.

O perfil pessoal dos docentes e, especialmente, dos estudantes no AVEA, não necessariamente enquadra-se em um dos quatro grupos mencionados por Pinho. Pode-se entender o estabelecimento desses perfis como parte do processo de criação de uma identidade on-line.

Salmon (2002, p. 11) apresenta um modelo de ensino e aprendizagem on-line, que envolve cinco estágios. O modelo prescreve o nível de suporte técnico e de moderação adequados para cada um deles, como lances diferentes de uma escada. Segundo a autora:

O acesso individual e a indução dos participantes para a aprendizagem online são pré-requisitos essenciais para participação na conferência online (1º passo, na base dos lances da escada). O passo 2 envolve os participantes individuais estabelecendo sua identidade online e, em seguida, encontrando outros com quem interagir. No passo 3, os participantes engajam-se no intercâmbio recíproco de informações. Até o passo 3 e incluindo este, uma forma de co-operação ocorre à medida que cada pessoa dê suporte às metas dos outros participantes. No passo 4, discussões em grupo relacionadas à disciplina se desenvolvem, e a interação se torna mais colaborativa. No passo 5, os participantes

procuram por mais benefícios do sistema para ajudá-los a alcançar seus objetivos pessoais e refletir sobre os processos de aprendizagem (SALMON, 2004, p. 11).

O ambiente utilizado em “Evolução dos Conceitos da Física” foi apresentado aos estudantes, em aulas ministradas no laboratório de informática do Departamento de Física. Nelas, os alunos tiveram o primeiro contato com a ferramenta, em uma instrução direcionada para o reconhecimento do espaço virtual. Cabe ressaltar que no segundo semestre de 2010, a medida que os alunos visualizavam o ambiente, em sala de aula, optou-se por apresentar a eles a fundamentação teórica que justificou a implementação desse espaço na disciplina. Para incentivar o estabelecimento de uma identidade on-line, em ambos os semestres, os estudantes foram instruídos na elaboração de seu perfil pessoal. É interessante observar que, diferentemente da modalidade de Ensino à Distância, a constância das aulas presenciais é facilitadora na interlocução do aluno com o ambiente, uma vez que as dúvidas podem ser discutidas e esclarecidas nas aulas da disciplina.

Por ser um espaço novo para “Evolução dos Conceitos da Física”, exigindo o reconhecimento de suas ferramentas e possibilidades, inclusive por parte docente, com a proposição de discussões nos fóruns e de compartilhamento de tarefas, esperou-se que os estudantes alcançassem, pelo menos, o passo três dos cinco propostos por Salmon.

No que toca à representação do conhecimento no ambiente, optou-se pela divisão em tópicos. O tópico 0 contemplou as principais ferramentas de apoio, destinando-se à apresentação da disciplina (fig. 1). Nele é possível acessar diretamente o perfil pessoal do professor e da pesquisadora, respectivamente, segundo e primeiro autores desse trabalho. Através do perfil, existe a possibilidade de troca de mensagens instantâneas. Essas mensagens são pessoais, apenas aqueles que as trocam têm acesso ao seu conteúdo.

Nesse mesmo tópico se encontra um *link* mais informal, onde o aluno pode acessar informações básicas sobre o ambiente, como um guia para utilização. Destaca-se ainda o plano de ensino e um mural de avisos, no qual são dispostas as informações a respeito da atualização de algum dos demais tópicos, da inclusão de novas questões para discussão, e avisos informados em sala de aula. Assim, permite-se ao aluno, mesmo que não tenha comparecido a aula, ficar a par das novidades, como períodos de entrega de atividades, possíveis alterações no cronograma, etc.

The screenshot shows the AVEA (Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem) interface for the course "Evolução dos Conceitos da Física". The header includes the logo of the Universidade Federal de Santa Catarina and the text "Sistema de Apoio aos CURSOS PRESENCIAIS". The main content area is titled "Evolução dos Conceitos da Física" and features a "Mural de Avisos" (Notice Board) section. The notice board contains a message from Prof. Luiz O. Peduzzi and Danielle Nicolodelli, dated 01/12, stating that final average calculations will be available soon. The interface also displays user information, navigation menus, and a list of participants.

Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Sistema de Apoio aos
CURSOS PRESENCIAIS

FSC5602-0834 (20092) - Evolução dos Conceitos da Física
Você acessou como Danielle Nicolodelli (200907794); Estudante (Retornar a minha função normal)

Retornar a minha função normal

Usuários Online
(Últimos 5 minutos)
Danielle Nicolodelli (200907794)

Links para Seções
1 2 3 4 5 6 7

Próximos Eventos
Não há nenhum evento próximo
Calendário...
Novo evento...

Programação

Evolução dos Conceitos da Física

Bem vindos ao ambiente de apoio à disciplina FSC5602:
Evolução dos Conceitos da Física

Tutora
Danielle Nicolodelli

Professor
Luiz Peduzzi

Um bom semestre a todos,
Prof. Luiz O. Peduzzi
Danielle Nicolodelli

Plano de Ensino

Mural de Avisos

01/12 - Em breve estarão disponíveis as médias finais da disciplina.

Mural de Avisos

Participantes

Atividades
Chats
Escritas
Fóruns
Glossários
Recursos
Tarefas

Administração
Notas
Perfil

Modelo UFSC > FSC5602-0834 (20092)

Fig. 1: Tópico 0 do AVEA de “Evolução dos Conceitos da Física”.

Esse mural é seguido pelo tópico 1, referente a mapas conceituais (fig. 2), no qual encontra-se:

- a) A aprendizagem significativa e a elaboração de mapas

- conceituais: link para um texto que serviu como complemento às aulas de discussão sobre o tema;
- b) Capítulos de livros: página web onde são disponibilizados livros, cujos direitos autorais estão liberados, que tratam de mapas conceituais e sua utilização em diferentes situações de ensino e aprendizagem;
- c) Programa CmapTools: link para o site do IHMC, onde encontra-se o programa para download, de acordo com o sistema operacional utilizado pelo aluno (windows, linux, etc).
- d) Tutorial CmapTools – um tutorial para auxiliar o uso do programa, pelos estudantes.

1

Mapas Conceituais

Neste espaço você encontra um texto que trata da elaboração de Mapas Conceituais com base na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O texto faz uma breve introdução a esta teoria e trás exemplos de mapas conceituais extraídos da literatura. Para construir o seu, utilize o programa *CmapTools* cujo link para download se encontra abaixo.

Mapa Conceitual - estrutura básica

- A aprendizagem significativa e a elaboração de mapas conceituais
- Capítulos de livros
- Programa CmapTools
- Tutorial - CmapTools

2

Unidade I

Força e Movimento: de Thales a Galileu

Galileu Galilei - Teta de Domenico Robus

- Texto completo em pdf
- Capítulos do texto
- Objetivos da aprendizagem
- Capítulos de livros
- Artigos relacionados
- Videos e animações
- Fórum I

Fig. 2: Tópicos 1 e 2 do AVEA de “Evolução dos Conceitos da Física”. O tópico 1 destina-se aos mapas conceituais. O tópico 2 ilustra, pela unidade I, a organização dos conteúdos históricos da disciplina.

Os demais conteúdos de “Evolução dos Conceitos da Física”, foram distribuídos no AVEA em conformidade com o plano de ensino. Os tópicos que seguem referem-se aos textos “Força e Movimento: de Thales a Galileu”, “Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana”, “Do átomo grego ao átomo de Bohr”, “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica”¹¹. Cada tópico é constituído por fóruns e páginas web dispostos na sequência abaixo:

- a) Texto completo em pdf – página web que contém o texto base da disciplina em sua forma completa;
- b) Capítulos do texto – página web que comporta os capítulos do texto de maneira individual, mais adequado para computadores de baixo desempenho;
- c) Objetivos da aprendizagem – link no qual o aluno encontra descritos, por capítulos, os objetivos do estudo;
- d) Capítulos de livros – página web que apresenta capítulos de livros e livros completos que são disponibilizados na rede. Não são colocados neste espaço livros protegidos por direitos autorais.
- e) Artigos relacionados – página web que relaciona diversos artigos referentes ao conteúdo da unidade.
- f) Vídeos e animações¹² – página web na qual estão inseridas animações e vídeos que possibilitam contrastes com as ideias do texto.
- g) Fórum – espaço dedicado para discussão de questões relativas ao texto e aos artigos e demais materiais disponíveis no ambiente.

O último tópico do ambiente contém materiais complementares, oferecendo aos alunos acesso a diversos *sites*, como os de alguns dos periódicos da área de ensino de ciências; simulações que ilustram determinados aspectos dos textos; um pequeno banco de teses e dissertações sobre a história e a filosofia da ciência no ensino de ciências; dois números do Caderno Brasileiro de Ensino de Física

¹¹ No primeiro semestre de 2010, acrescentou-se ao AVEA um tópico relativo ao texto “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu”. Esse tópico tem uma estrutura análoga aos demais.

¹² Essa página foi disponibilizada apenas para a primeira unidade de ensino, “Força e Movimento: de Thales a Galileu”.

referentes à epistemologia¹³.

Nas próximas seções, detalha-se individualmente os dois estudos realizados na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, enfatizando a utilização de mapas conceituais. Após a apresentação do ambiente e dessas duas propostas, torna-se possível discutir os limites e as possibilidades na articulação dos AVEA e dos mapas ao cotidiano da disciplina.

3.4 HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA: OS ESTUDOS EM “EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA”

A dinâmica que orienta a condução dos trabalhos na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física” assume a leitura prévia, pelo aluno, de capítulos de um conjunto de textos e a subsequente discussão de seus conteúdos em sala de aula, tanto em uma situação mais informal, em grande grupo; como na forma de seminários, ministrados pelo professor e pelos próprios alunos. A figura 3 destaca as características gerais da disciplina, cuja carga horária é de 72h/semestre.

O primeiro texto, intitulado “Força e Movimento: de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2008), estrutura-se em sete capítulos, e seus conteúdos serviram de base para a elaboração de mapas conceituais pelos estudantes que cursaram a disciplina tanto no segundo semestre de 2009 quanto no primeiro semestre de 2010. No capítulo 1, “De Thales a Ptolomeu”, discute-se a constituição da matéria, segundo alguns filósofos gregos, e algumas ideias no campo da astronomia que acabam colocando a Terra como corpo central no universo e elegendo o movimento circular uniforme como um movimento ‘perfeito’. Os capítulos 2 e 3 abordam, respectivamente, “A física aristotélica” e “A física da força impressa e do impetus”. No capítulo 4, “As novas concepções do mundo”, apresenta-se a) o pensamento de Nicolau de Cusa sobre a relatividade dos movimentos e a sua ideia de um universo sem limites; b) o heliocentrismo de Nicolau Copérnico e os problemas de ordem física que os aristotélicos levantavam para a sua rejeição; c) a argumentação de Giordano Bruno em favor de um universo infinito; d) a prática da observação sistemática do céu por Tycho Brahe e o espírito de

¹³ CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, v. 13, n.3, 1996, 95 p. e CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, v. 9, n. 1992, 156 p.

precisão que sempre norteou o seu trabalho. Já as descobertas astronômicas de Galileu com o telescópio, a sua adesão ao sistema copernicano e a defesa que ele faz à liberdade científica, à autonomia da ciência em relação à teologia, são assuntos tratados no capítulo 5, em “Galileu e a teoria copernicana”. “A física de Galileu”, abordada no capítulo 6, apresenta a) as primeiras ideias deste sábio italiano sobre força e movimento e a influência de Arquimedes em seu trabalho; b) a obtenção da lei da queda dos corpos, através da qual Galileu introduz uma física quantitativa, inteiramente diferente da física das qualidades de Aristóteles e de seus seguidores, e da física do impetus, bastante confusa e vaga; c) o movimento de projéteis e a inércia galileana, chamando a atenção que esta última seria, no limite, uma inércia circular. “As leis de Kepler do movimento planetário” são abordadas no capítulo 7, que realça o fim do divórcio entre a física e a astronomia e faz ruir o mito do movimento circular.

Ao longo desses dois semestres situam-se, respectivamente, os estudos identificados como 1 e 2, envolvendo a vinculação entre o referencial da teoria da aprendizagem significativa, através dos mapas conceituais, e um ambiente virtual de ensino e aprendizagem à disciplina. Em ambos os casos, as aulas ministradas pelo segundo autor desse artigo foram acompanhadas, em sua totalidade, pela primeira autora – a pesquisadora. Essa, por sua vez, dedicou-se à instrução, avaliação e suporte aos estudantes na construção dos mapas e na utilização do AVEA.

A relação direta da pesquisadora com os alunos, ensejou a observação do tipo participante. Vianna (2007, p. 10) diz que para minimizar a influência do(a) pesquisador(a) sobre as atitudes daqueles que estão sendo observados, um artifício interessante é “a presença do mesmo em sala várias vezes, mas sem coletar dados, a fim de que professor e alunos [no caso dessa pesquisa, somente alunos], a serem observados, se acostumem com a sua presença e possam agir com maior naturalidade durante o processo efetivo de realização da observação”.

Ainda segundo o autor, “o observador, ao realizar uma observação, precisa, inicialmente, indagar a si mesmo quando deve registrar seus dados e como proceder para efetivar esses registros” (VIANNA, 2007, p. 58). Ao longo de todo o semestre, nos dois casos, anotações foram realizadas pela pesquisadora sempre que as discussões, em sala de aula, voltavam-se aos mapas conceituais. Porém, centrou-se a coleta detalhada de dados nas aulas destinadas, em cada semestre, para apresentação e discussão dos mapas. Uma ficha de observação foi concebida pela pesquisadora, contemplando os seguintes aspectos:

- a) Quais os capítulos do texto referentes ao conteúdo englobado no mapa;
- b) Qual o conceito superordenado;
- c) Quais se presentes, os aspectos que indicam diferenciação progressiva/ reconciliação integrativa;
- d) Consistência das palavras de ligação e, conseqüentemente, das proposições;
- e) Presença de erros conceituais;
- f) Apresentação (posicionamento dos alunos – se conseguiram ou não responder a questões propostas por seus colegas, explicar as relações conceituais propostas em seus mapas, etc.).

Assim, o registro dos dados foi realizado através da ficha de observação e, no segundo semestre de 2010, complementado por gravação de voz.

Os estudos 1 e 2 serão apresentados, com maiores detalhes, nas seções seguintes. Por ser uma disciplina de última fase, é comum que “Evolução dos Conceitos da Física” seja ministrada para pequenos grupos de estudantes. A amostra de mapas selecionados para apresentação nesse artigo foi determinada de forma não probabilística. Carmo e Ferreira (1998, p. 198) destacam que dentre as diversas possibilidades de estabelecimento de amostras não probabilísticas, enquadra-se a “amostragem de casos muito semelhantes” (CARMO; FERREIRA 1998, p. 198) como base da investigação. Esse tipo de amostragem é consistente, segundo os autores, quando o estudo se desenvolve em torno de um pequeno número de elementos, no caso, em torno de um número relativamente pequeno de mapas conceituais, “e portanto os recursos necessários para fazer o estudo são limitados, mas é evidente que se levanta o problema querendo generalizar os resultados para além dos casos estudados”, a partir da seleção e apresentação dos melhores resultados.

3.5 ESTUDO 1: MAPAS CONCEITUAIS EM UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM EM UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA.

O estudo 1 foi realizado na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, no segundo semestre de 2009. Na ocasião, estavam

matriculados vinte e um alunos (que serão denominados A1-A21) – nove licenciandos e doze bacharelados.

Esse estudo caracterizou-se como exploratório, permitindo avaliar, diante do reconhecimento da dinâmica da disciplina, e de características gerais dos seus participantes, qual seria a melhor forma, e em que situação seria mais conveniente, a proposição da tarefa com os mapas conceituais, e o direcionamento dos estudantes na utilização do AVEA. Segundo Seltiz et al. (1967 apud CARMO; FERREIRA, 1998, p. 47) os estudos exploratórios têm por objetivo “proceder ao reconhecimento de uma dada realidade pouco ou deficientemente estudada e levantar hipóteses de entendimento dessa realidade”.

No que se refere aos mapas conceituais, pode-se afirmar que estes consistem em ferramentas relevantes para a organização do conhecimento. Conforme Novak e Gowin (1984, p. 35), eles “constituem uma representação explícita e manifesta dos conceitos e das proposições que uma pessoa possui”.

Os mapas podem ser utilizados tanto como instrumentos didáticos, quanto como ferramentas de avaliação, quando construídos por estudantes. Como instrumentos didáticos, os mapas “podem ser usados para mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados em uma aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro” (MOREIRA, 2006, p. 16). No que se refere à avaliação através dos mapas, “a principal ideia é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra, conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc.” (MOREIRA, 2006, p. 19).

Tendo em vista os mapas conceituais como ferramentas de avaliação da aprendizagem, ao se propor a sua construção, pelos estudantes, faz-se necessário instruí-los a respeito do que se pretende com a tarefa, uma vez que, com ela, o professor tem uma intencionalidade predefinida, sustentada por um corpo teórico. Essa instrução é de grande importância, especialmente porque é muito mais comum encontrar um estudante disposto à aprendizagem mecânica, vinculada ao estabelecimento de ligações simples entre novas e antigas informações; do que a uma aprendizagem significativa, através da qual o “mesmo processo de aquisição de informações resulta numa alteração quer das informações recentemente adquiridas, quer do aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva, à qual estão ligadas as novas informações” (AUSUBEL, 2003, p. 3) . Novak e Canãs (2008, tradução nossa) afirmam que embora os mapas conceituais possam ajudar na mudança entre práticas de aprendizagem mecânica para

práticas de aprendizagem significativa, “os estudantes também precisam conhecer algo sobre os mecanismos do cérebro e a organização do conhecimento.

Nesse sentido, previamente ao início do semestre, desenvolveu-se um texto abordando os principais aspectos da teoria da aprendizagem significativa e da elaboração de mapas conceituais, para os estudantes. Em linhas gerais, esse material conteve uma breve instrução quanto à utilização do programa *CmapTools*, escolhido para a realização da tarefa com os mapas; abordou as diferenças entre aprendizagem mecânica e significativa; e forneceu informações a respeito de como o conhecimento se organiza na estrutura cognitiva de um indivíduo. Por fim, destacou um conjunto de critérios apontados por Moreira (2006, p. 90) como norteadores da construção de mapas conceituais. O texto serviu de base para uma aula sobre o tema.

A confecção dos mapas foi proposta como um problema aberto para os alunos, após a leitura e a discussão do conteúdo da primeira unidade. Assim, não foi compulsória a construção de mapas a partir de um capítulo específico, ou do texto como um todo. Essa estratégia permite avaliar que conceitos e ideias são considerados relevantes pelo aluno, e de que forma ele os estrutura.

Durante o período em que os conteúdos da primeira unidade de ensino eram discutidos em sala, abordava-se também, sempre que preciso, a elaboração dos mapas conceituais. Por fim, os alunos compartilharam os mapas conceituais através do ambiente virtual de aprendizagem. Adaptou-se a ferramenta glossário, através da qual os estudantes disponibilizaram seus mapas, antes de apresentá-los e discutí-los em sala de aula.

Na aula destinada às apresentações, os autores dos mapas esclareceram a intencionalidade na distribuição dos conceitos chave e das palavras de ligação empregadas. Os alunos compartilharam suas dúvidas, ouviram sugestões e receberam críticas tanto da parte dos colegas como do professor e da pesquisadora, demonstrando, em geral, uma boa receptividade à ferramenta. Após as discussões, foi feita uma análise individual do mapa desenvolvido por cada aluno e pareceres foram emitidos através do AVEA. Esses pareceres contavam com uma síntese do que havia sido discutido em sala, e também com questionamentos mais específicos da pesquisadora sobre a estrutura do mapa, a escolha de certas palavras de ligação, a ausência de determinados conceitos, etc.

Mais adiante, apresenta-se alguns dos mapas desenvolvidos pelos estudantes, com o intuito de ressaltar a potencialidade didática do uso

desse instrumento em uma disciplina sobre a história da física. Procura-se destacar a diferenciação progressiva e, quando possível, a reconciliação integrativa dos conceitos chave. No total, dezessete mapas foram elaborados na primeira unidade de ensino da disciplina.

Nesse semestre, além dos capítulos do texto “Força e Movimento: de Thales a Galileu”, foram objetos de discussão, em sala de aula, os seguintes artigos: “Galileu – um cientista e várias versões” (ZYLBERSZTAJN, 1988), “Entrevista com Kepler: do seu nascimento à descoberta das duas primeiras leis” (MEDEIROS, 2002) e “Entrevista com Tycho Brahe” (MEDEIROS, 2001). O mapa da figura 4, confeccionado pelo aluno A19, refere-se ao primeiro desses artigos, discutido em aula após o capítulo 6. Com as categorias empirista, herdeiro medieval, manipulador de ideias e platônico bem ressaltadas, fica visível o interesse desse aluno por aspectos relativos a natureza da ciência e do trabalho científico. O mapa é uma boa representação das ideias do artigo; cada versão de Galileu é diferenciada em um ramo. As palavras de ligação propiciam, em sua maioria, a formulação de proposições claras. A hierarquia do mapa é evidente, com o elemento mais inclusivo (“Galileu Galilei”) no topo, e os mais específicos (“leis científicas”, “MRU”, “Regra da velocidade média”, “MRUV”, “leis matemáticas” e “induzir a aceitação de novas ideias”) na base.

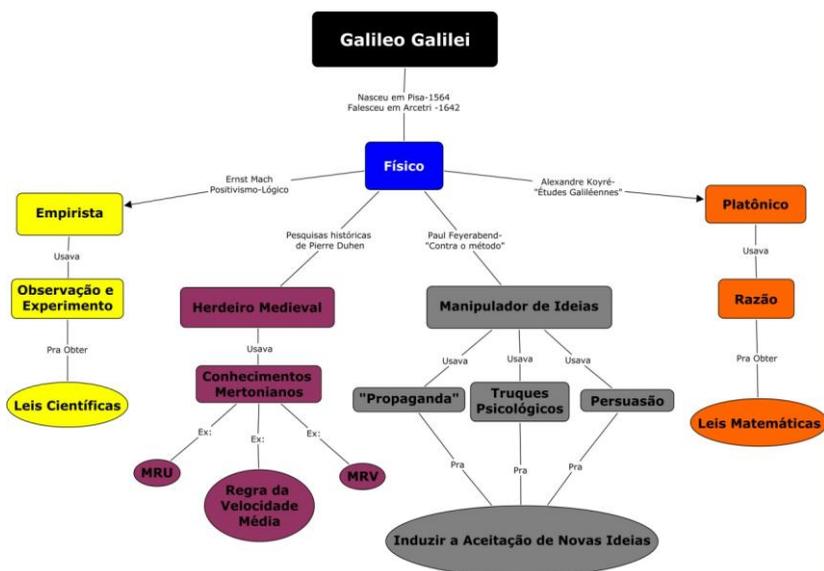


Fig. 4: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A19.

No mapa conceitual desenvolvido pelo aluno A2 (fig. 5), a ideia central é o *“Estudo da natureza através da razão”*. No topo do mapa encontra-se a *“Grécia antiga”*, da qual emergem a filosofia aristotélica e o sistema ptolomaico, predominantes até o renascimento. Nesta época tem início uma nova era científica com Copérnico, Tycho Brahe, Galileu e Kepler. No caso de Galileu, verifica-se um menor grau de diferenciação.

O aluno utilizou cores para ilustrar distintos segmentos do mapa (Copérnico, Galileu, Kepler, Tycho Brahe). Algumas palavras de ligação poderiam ser aprimoradas, mas, de maneira geral, elas permitem a formulação de proposições lógicas entre os termos que relacionam.

No mapa conceitual da figura 6, construído pelo aluno A9, a ideia central é a mecânica pré-newtoniana. Os dois conceitos mais amplos derivados do movimento (*“movimento dos corpos”* e *“movimento dos astros”*) ilustram uma primeira síntese organizacional das ideias do texto. Na base encontram-se os elementos mais específicos. Os elementos chave e as palavras de ligação são em geral adequados, pois permitem uma boa leitura do mapa. É possível observar algumas ligações cruzadas, que trazem evidências de uma reconciliação integrativa. Não obstante, algumas ligações precisariam ser revistas. A existente entre *“Buridan”* e *“Impetus”* poderia ser mais sucinta, uma vez que a *“força impressa”* já é citada anteriormente no mapa como um conceito chave.

Através dos mapas conceituais podem ser identificados problemas no entendimento do conteúdo, pelos estudantes. Novak e Gowin (1984, p. 36) relatam ter verificado frequentemente que

os mapas conceituais são instrumentos extraordinariamente eficazes para revelar a existência de concepções alternativas, dado que esses mapas exteriorizam proposições. As concepções alternativas são normalmente caracterizadas ou por uma ligação entre dois conceitos que formam uma proposição claramente falsa, ou por uma ligação onde falta a ideia chave que relaciona dois ou mais conceitos.

Por exemplo, no mapa da figura 7, nota-se que o aluno compreende a diferenciação dos mundos sublunar e supralunar dentro da filosofia natural aristotélica. Porém, é no domínio terrestre que os corpos buscam o lugar natural, e não no domínio celeste, conforme descrito pelo aluno.

Analisou-se, também, o papel dos conceitos que, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 72), “consistem nas abstrações de atributos essenciais que são comuns a uma determinada categoria de objetos, eventos ou fenômenos [...]”.

Dentre os exemplos de mapas discutidos, destaca-se o mapa sobre forças, elaborado por Moreira (2006, p. 51), um mapa conceitual sobre termodinâmica, apresentado na pesquisa de Valadares, Fonseca e Soares (2004) e um mapa envolvendo quatro ‘versões’ de Galileu, elaborado a partir do artigo de Zylbersztajn (1988) (apresentado na descrição do estudo 1).

Nesse estudo, também se disponibilizou aos estudantes, no ambiente virtual de ensino e aprendizagem da disciplina, um texto, intitulado “Aprendizagem significativa e a elaboração de mapas conceituais”, escrito pela pesquisadora para subsidiar os estudos dos alunos.

A segunda etapa da estratégia iniciou-se após a discussão, em sala de aula, dos dois capítulos iniciais do texto relativo à primeira unidade de ensino, propondo-se aos alunos a elaboração de mapas conceituais preliminares. Entende-se aqui por mapas preliminares aqueles elaborados a partir de uma (ou mais) seção de um dos capítulos do texto. Essa tarefa teve por objetivo o destaque de uma seleção de ideias significativas consistente com o recorte do texto escolhido, bem como o exercício de uma primeira organização conceitual, em termos hierárquicos. Essa etapa visou também familiarizar os alunos com o programa *CmapTools*, e solucionar eventuais dúvidas surgidas na utilização do *software*. Com esse procedimento, procurou-se fazer com que os alunos dialogassem com o texto instrucional, transitando entre seus mapas preliminares e o material de ensino, dada a importância desse processo. Conforme Tavares (2007, p. 74):

Um aprendiz não tem muita clareza sobre quais são os conceitos relevantes de determinado tema, e ainda mais, quais as relações sobre esses conceitos. Ao perceber com clareza e especificidade essas lacunas, ele poderá voltar a procurar subsídios (livro ou outro material instrucional) sobre suas dúvidas, e daí voltar para a construção de seu mapa. Esse ir e vir entre a construção do mapa e a procura de respostas para suas dúvidas irá facilitar a construção de significados sobre o conteúdo que está sendo estudado.

A terceira etapa implicou na elaboração, por parte dos alunos e individualmente, de um mapa conceitual relativo a um dos capítulos da unidade. Os capítulos foram sorteados entre os alunos, por opção deles, e os mapas compartilhados através do AVEA. Essa tarefa teve como principal objetivo explicitar a organização conceitual e de ideias de cada aluno, evidenciando a forma e a seleção das palavras de ligação, as relações conceituais, a capacidade de extrair os conceitos mais inclusivos do texto e de os diferenciar.

Na quarta e última etapa, os alunos se reuniram em duplas ou trios, e apresentaram em sala de aula um único mapa conceitual, sobre as ideias principais de três dos capítulos do texto.

Por ser o cronograma da disciplina bastante denso, em termos de conteúdo, não se disponibilizou tempo para o trabalho com os mapas conceituais em sala de aula. Porém, ficou claro que a atividade proposta demandava constantes esclarecimentos por parte do professor e da pesquisadora. Assim, além das dúvidas solucionadas ao final de cada aula, o ambiente virtual da disciplina possibilitou um acompanhamento constante dessa atividade, através de mensagens instantâneas trocadas entre os alunos e a pesquisadora. O subsídio fornecido pelas ferramentas de comunicação disponíveis no ambiente virtual foi essencial para a realização de muitos mapas.

Em todas as etapas dessa experiência, permeia a análise de como se dá a organização do conhecimento por parte dos alunos, em termos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Para tal, estimulou-se, constantemente, a troca de significados, entendendo-se que “aprender o significado de um dado conhecimento implica dialogar, trocar, compartilhar, e por vezes estabelecer compromissos” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 36). Tanto as discussões feitas em classe, quanto toda a assistência oferecida aos alunos e a possibilidade de trabalharem em grupos, especialmente na quarta etapa, tiveram essa finalidade, uma vez que “quando os mapas conceituais são feitos em grupos de dois ou três estudantes, podem desempenhar uma função social útil e conduzir a animadas discussões na aula” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 36).

Os critérios avaliativos dos mapas conceituais basearam-se nas seguintes questões: a) os mapas apresentam conceitos progressivamente diferenciados? Em que medida ocorre esta diferenciação? b) através dos mapas e do discurso de seus autores, compreende-se a relação da organização hierárquica com a diferenciação progressiva? c) existem indícios de reconciliação integrativa? d) as palavras de ligação são adequadas, permitem a estruturação de proposições claras entre os

conceitos elencados no mapa? e) aparecem nos mapas nomes de personagens importantes da história, que não se associam necessariamente a conceitos, mas que refletem momentos históricos relevantes, e muitas vezes servem como sintetizadores de um conjunto de conhecimentos?

Embora não se tenha procurado responder especificamente a essas questões, buscou-se avaliar a essência do que elas representam. Assim, a partir da análise dos mapas preliminares, encaminhou-se parecer individual aos alunos (segunda etapa). Um novo parecer foi enviado após a apresentação dos mapas dos grupos em sala de aula (quarta etapa). Quanto à terceira etapa, que envolveu a elaboração dos mapas individuais, poucos alunos solicitaram retorno. Entretanto, esses mapas foram importantes para mostrar a organização conceitual de cada um.

Sendo uma das condições básicas para a ocorrência da aprendizagem significativa, a disposição dos estudantes para aprender serviu de critério para a seleção dos mapas expostos a seguir, tanto preliminares como de grupo. De forma geral, os alunos demonstraram empenho na realização da atividade, porém B10, B9 e B14 destacaram-se por sua maior interação com o professor e a pesquisadora, tanto em sala de aula quanto através do ambiente virtual.

Nesses termos, apresentam-se a seguir os dois mapas preliminares elaborados pelo aluno B10 (requisito da etapa 2) e um dos mapas preliminares do aluno B9, uma vez que não foram constatadas diferenças essenciais entre os dois que ele produziu. Inclui-se, também, um dos mapas elaborados conjuntamente por B9 e B14 na quarta etapa.

A figura 8 mostra o primeiro mapa preliminar do aluno B10, sobre o capítulo um. Constata-se, na verdade, que ele estrutura um resumo do texto. Existe certa organização de ideias, porém não em termos de diferenciação progressiva ou reconciliação integrativa. O emprego de pontos de interrogação na conexão entre os dois conceitos finais do mapa parece indicar que o aluno não sabe que palavra de ligação seria apropriada.

No segundo mapa preliminar do aluno B10, relativo ao conteúdo do capítulo três (figura 9), constata-se uma evolução em termos de organização conceitual e destreza com o programa *CmapTools*. Assim, pode-se identificar indícios de três níveis de diferenciação do conceito de “movimentos forçados”. O primeiro nível destaca quatro filósofos: Aristóteles, Hiparco, Filoponos e Buridan. A partir deles, diferenciam-se três conceitos distintos empregados na descrição dos movimentos forçados: a *antiperistasis*, a força impressa, que aparece nas concepções

de Hiparco e Filoponos e, por fim, o *impetus*. Um último nível de hierarquia caracteriza de forma mais específica cada um desses conceitos. O modo como o aluno dispõe algumas informações sobre Buridan quebram um pouco a simetria do mapa, porém evidenciam considerações relevantes a esse respeito.



Fig. 8: Primeiro mapa preliminar elaborado pelo aluno B10.

O aluno B9 elaborou seu mapa preliminar englobando conceitos do capítulo dois (figura 10). Sendo assim, o foco do mapa está em Aristóteles. Em termos de conteúdo, cabe observar que os quatro elementos (terra, água, ar e fogo) são inicialmente dispostos em camadas concêntricas no mundo sublunar, porém, segundo Aristóteles, essa ordenação por camadas ‘de elementos puros’ cai por terra, devido ao movimento da Lua, que não é o que provoca a divisão de mundos como sugere o mapa do aluno. O segundo mapa preliminar desse aluno apresenta igualmente uma grande quantidade de informações em um mesmo quadro, assemelhando-se a um resumo esquematizado, ou seja, um diagrama informativo a respeito das ideias do texto, porém sem indícios de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora.

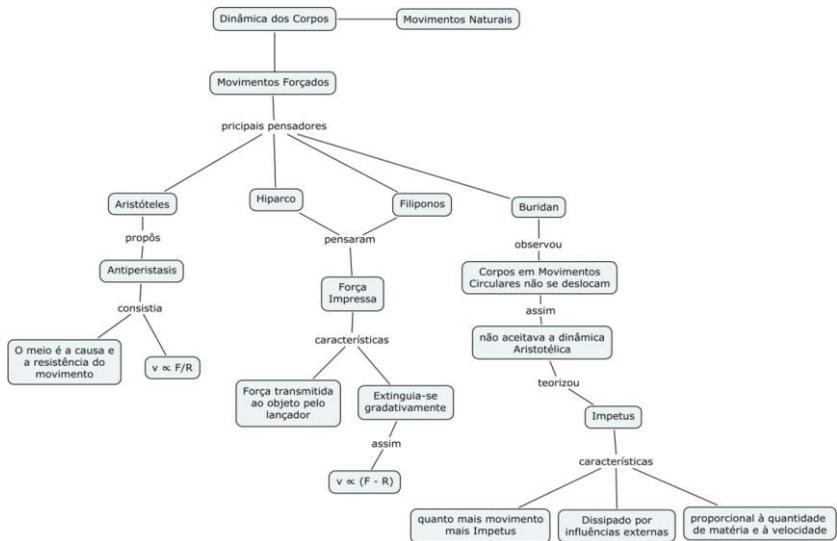


Fig. 9: Segundo mapa preliminar elaborado pelo aluno B10.

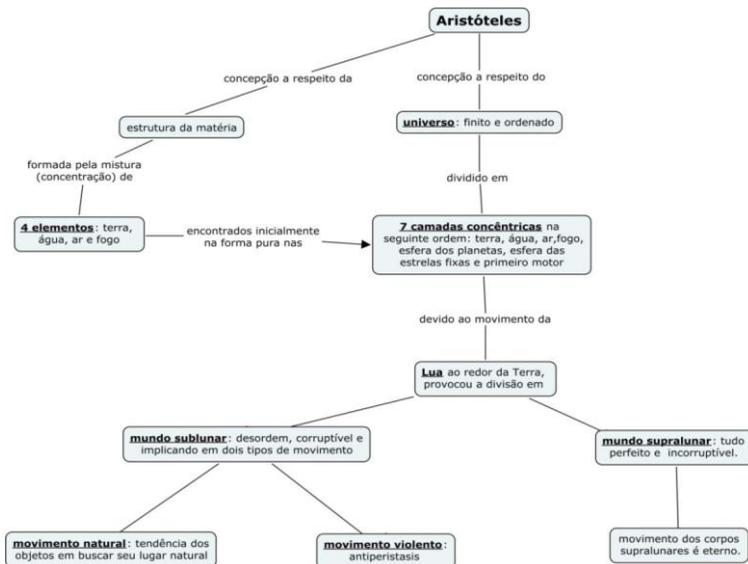


Fig. 10: Mapa preliminar elaborado pelo aluno B9.

A etapa 3 representou mais um exercício preparatório para a elaboração dos mapas da etapa seguinte da estratégia. O mapa da figura 11, relativo aos conteúdos dos capítulos dois, três e quatro, é resultado do trabalho conjunto dos alunos B9 e B14, durante a quarta etapa metodológica.

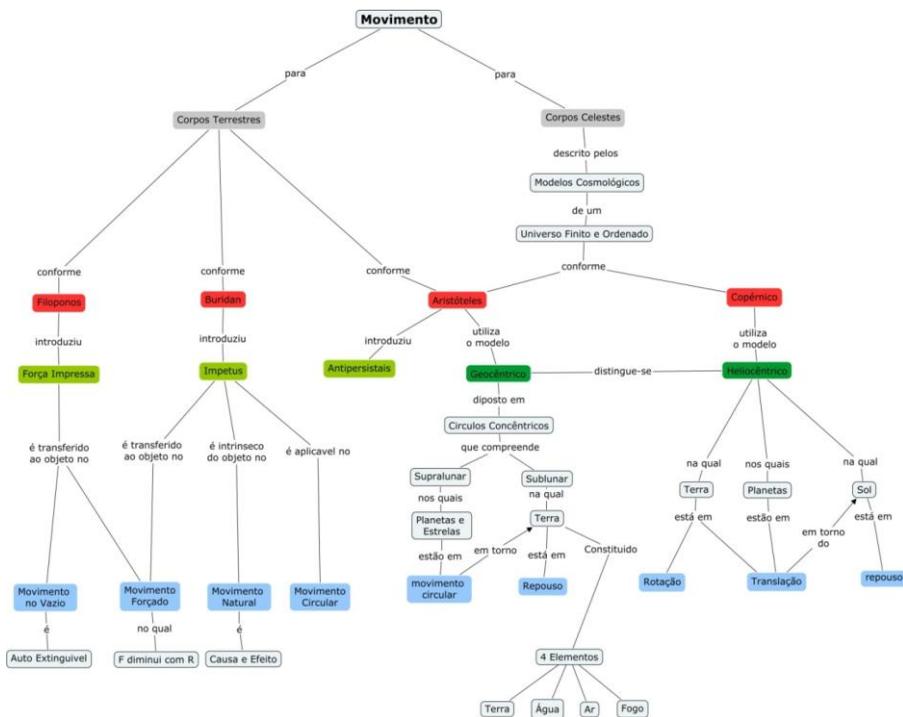


Fig. 11: Mapa conceitual elaborado em conjunto pelos alunos B9 e B14.

Centrado no conceito de movimento, sob a ótica dos corpos terrestres e celestes, destacam-se diferentes conceituações, nas visões de Filoponos, Buridan, Aristóteles e Copérnico. Distingue-se o modelo cosmológico aristotélico, com ênfase na dicotomia entre os mundos; e o modelo copernicano, articulando o movimento da Terra e dos demais planetas com o posicionamento do Sol. Na base do mapa, são apontadas características específicas do movimento, em função das concepções de força impressa e *impetus*, e dos modelos cosmológicos em questão. Dessa forma, é possível inferir que nesse mapa o conceito de movimento é progressivamente diferenciado. Considerando o conteúdo da disciplina, que é de caráter histórico, observa-se uma progressiva

especificação em termos de conceitos surgidos de diferentes visões filosóficas, o que não seria comum em disciplinas específicas de física básica. Há evidências de uma compreensão bastante satisfatória da evolução do conceito de movimento durante o período da história da física estudado.

3.7 LIMITES E POSSIBILIDADES NA VINCULAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS E UM AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM A UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA

Nas seções iniciais desse artigo, evidenciou-se alguns aspectos capazes de caracterizar um ambiente virtual de ensino e aprendizagem como uma ferramenta cognitiva e potencialmente significativa. Em seguida, detalhou-se o ambiente desenvolvido para a disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, com destaque para suas ferramentas interativas, avaliativas, de conteúdo e de apoio. Em função disso torna-se possível ponderar em que medida esse AVEA pode ser considerado potencialmente significativo.

Uma das características apontadas como determinantes para definir um ambiente nesses termos, é a recursividade. No AVEA proposto para Evolução, os conteúdos encontravam-se dispostos em diferentes páginas web. Ou seja, o estudante pôde acessar a informação de maneira recursiva, utilizando-se de páginas que continham os textos em suas versões completas, ou por capítulos, vinculadas às páginas com animações, mapas conceituais seus e de seus colegas e artigos de periódicos.

Outro importante quesito para um ambiente ser considerado potencialmente significativo, é a interatividade entre sujeitos, que, no caso, foi aquele do esperado. O contato constante entre os estudantes, em diversas disciplinas, bem como as ricas discussões presenciais em Evolução, minimizaram a necessidade da interação virtual. Portanto, sob esse aspecto cabe ressaltar que o compartilhamento, a discussão e a negociação de significados foi intensa presencialmente, o que é favorável para o processo de aprendizagem, mesmo que a interação virtual tenha sido relegada a um segundo plano. Pode-se afirmar, a partir dessa experiência, que mais investimento na mediação docente do uso do AVEA pelos estudantes, é necessário para que esse ambiente se aproxime, de forma mais efetiva, do que se definiu por ambiente

potencialmente significativo.

Contudo, de forma positiva, constatou-se que no AVEA a organização dos conteúdos foi adequada, facilitando o acesso à informação pelos estudantes. Ele também permitiu a socialização dos mapas conceituais produzidos ao longo da primeira unidade de ensino. Como espaço para avaliação, a possibilidade de envio de pareceres individuais aos alunos mostrou-se relevante, uma vez que se torna desnecessária a exposição de detalhes específicos do trabalho de cada um ao grande grupo. O banco de dados disposto no AVEA também se mostra útil para utilizações futuras, pelos estudantes, conforme seus interesses.

Sinteticamente, a interação através dos AVEA na modalidade presencial aparenta, pelos resultados desse estudo, que será sempre limitada pela riqueza do contato direto entre indivíduos. Porém, as possibilidades oferecidas pelos ambientes em termos de: ferramentas de compartilhamento de tarefas; inúmeras maneiras para a disposição de conteúdos; acessibilidade à artigos, livros e textos em geral, de diferentes autores, fornecendo diferentes pontos de vista sobre um mesmo assunto; são ricas e extrapolam favoravelmente os limites de sala de aula.

No que se refere a vinculação dos mapas conceituais à disciplina, cabe ressaltar, especificamente sobre o estudo 1, que os mapas apresentados consistem em uma primeira versão elaborada pelos estudantes. Sendo esse estudo exploratório, sua principal função foi o reconhecimento de fatores como a aceitação da ferramenta pelos estudantes, características específicas advindas da representação de aspectos históricos através dos mapas. Dessa forma, não se direcionou os alunos a construir novas versões de seus mapas. Entretanto, a exemplo do que foi feito no estudo 2, é interessante que sejam elaboradas mais versões. Segundo Novak e Gowin (1984, p. 51):

Os mapas conceptuais devem ser desenhados várias vezes. O primeiro mapa conceptual que uma pessoa elabora tem quase sempre falhas: pode ter sido difícil mostrar relações hierárquicas importantes entre conceitos, ou podem ter sido colocados alguns conceitos, cujos significados estão intimamente ligados entre si, em lados opostos do mapa, fazendo com que as linhas que os ligam atravessem todo o mapa. Descobrimos que um segundo mapa mostra-nos normalmente as relações chave de uma forma mais explícita.

No estudo 2, observou-se que os mapas preliminares, concebidos a partir dos critérios propostos por Moreira (2006, p. 90) e por Novak e Gowin (1984, p. 49-50), foram úteis para proporcionar uma melhor compreensão a respeito da ferramenta e suas características, por parte dos alunos.

Em termos gerais, porém, percebe-se que os exemplares apresentados, cada um dentro de seus limites, ilustram uma clareza e coerência lógica na estruturação de conteúdos, pelos estudantes. Em ambos os casos, os alunos demonstraram interesse e disposição para a realização da tarefa, e isso, sem dúvida, satisfaz um dos importantes requisitos para uma aprendizagem significativa. A apresentação dos mapas em sala de aula e sua discussão, propiciou um importante elemento de reflexão sobre os conteúdos abordados na unidade. Naturalmente, era de se esperar algumas dificuldades na implementação da proposta de ensino, tendo em vista a não familiaridade dos alunos com o ambiente virtual e com mapas conceituais.

Nos dois estudos, constatou-se que alguns alunos tiveram dificuldades com a utilização do programa *CmapTools* e que parte deles não fez a leitura prévia do material instrucional sobre mapas conceituais disponibilizado no ambiente. Em função disso, foram constantemente alertados para a importância da base teórica dos mapas, da hierarquia conceitual, da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e das palavras de ligação, uma vez que, com a inclusão delas, o mapa passa a ser visto como uma técnica para exteriorizar o entendimento conceitual e proposicional que uma pessoa tem sobre certo conhecimento (MOREIRA, 2006, p. 69).

Diante das dificuldades, o acompanhamento constante dos alunos, pelo professor e a pesquisadora, tanto em sala de aula como de forma virtual, foi essencial para que eles entendessem a dinâmica dos mapas. Os pareceres emitidos ao longo do processo, bem como as discussões através de mensagens instantâneas no AVEA, ensejaram o devido retorno aos trabalhos desenvolvidos pelos alunos.

Cabe mencionar que a disciplina conta com uma grande quantidade de conteúdos, o que, de certa forma, exige um acompanhamento rápido e constante pelos alunos, e um tempo relativamente curto para refazer os mapas conceituais. Entretanto, os resultados mostraram que essas ferramentas, também no contexto de uma disciplina sobre a história da física, são relevantes para a construção e organização do conhecimento. As apresentações dos mapas por seus autores, foram favoráveis para um amplo consenso a respeito

do significado dos conceitos estudados.

Os dois estudos fazem parte de uma pesquisa mais ampla, que visa investigar como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa podem favorecer a organização conceitual, em uma disciplina sobre a história da física, de modo a evitar a compartimentalização do conhecimento, comum às disciplinas específicas dos currículos dos cursos de física. Os resultados encontrados são iniciais, mas promissores.

3.8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. B. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. **Educação e Pesquisa**, v. 29, n. 2, p. 327-340, 2003.

ALMEIDA, M. E. B. et al. Estratégias para ensinar e aprender em ambientes virtuais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, n. 2: p. 1-10, 2007.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view**. Kluwer Academic Publishers, 2000. Tradução Lígia Teopisto. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. 1a ed. Lisboa: Paralelo Editora, jan 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2nd ed. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1978. Tradução Eva Nick et. al., Psicologia Educacional. 1 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 625 p.

BOLACHA, E.; AMADOR, F. Organização do conhecimento, construção de hiperdocumentos e ensino das ciências da Terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 31-52, 2003.

CARMO, H.; FERREIRA, M. M. **Metodologia da Investigação**: Guia para autoaprendizagem. Lisboa: Universidade Aberta, 1998, 353 p.

CORDEIRO, M. D. **Dos Curie a Rutherford**: aspectos históricos e epistemológicos da radioatividade na formação científica. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2011.

Institute for Human and Machine Cognition - IHMC. Cmap Tools, versão 5.03. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us>>. Acesso: 14 de abril de 2010

JONASSEN, D. H. **Computadores, ferramentas cognitivas**. Desenvolver o pensamento crítico nas escolas. Portugal: Porto Editora, 2007.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de história e epistemologia da física para futuros professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 7-54, 2007.

MEDEIROS, A. Entrevista com Tycho Brahe. **Física na Escola**, v.2, n.2, p: 19-30, 2001.

MEDEIROS, A. Entrevista com Kepler: do seu nascimento à descoberta das duas primeiras leis. **Física na Escola**, v.3,n.2: p. 19-33, 2002.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora UnB, 186p. 2006.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. “História e Epistemologia da Física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista**

Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

NEVADO, R. A. Ambientes virtuais que potencializam as relações de ensino-aprendizagem. **Boletim Salto para o Futuro**, agosto de 2005.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC CmapTools. Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008. Disponível em:
<<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em 29 set. 2009.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 1ª edição. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984. 212p.

PEDUZZI, L. O. Q. “Força e movimento: de Thales a Galileu.” Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 160p.

PINHO, D. S. **Material didático em um ambiente virtual de aprendizagem**. 2008, 148 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PRÁ, F. **Conceitos de simultaneidade e seu desenvolvimento**: da antiguidade à relatividade. 2011. Projeto de pesquisa em desenvolvimento. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

RODRIGUES, C. R. et al. Ambiente Virtual: ainda uma proposta para o ensino. **Ciência & Cognição**, v. 13, n.2, p. 71-83, 2008.

ROSA, K.; MARTINS, M. C. A inserção de história e filosofia da ciência no currículo de licenciatura em física da universidade federal da Bahia: uma visão de professores universitários. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3: p. 321-337, 2007.

SALMON, G. E-tivities: the key to active online learning. London: Kogan Page, 2002.

SILVEIRA, A. F. et al. Natureza da ciência numa sequencia didática: Aristóteles, Galileu e o movimento relativo. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 57-66, 2010.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, v.12, p. 72-85, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Moodle**. Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem. Disponível em: <www.moodle.ufsc.br>. Acesso em: 31 de maio de 2010.

VALADARES, J; FONSECA; F. SOARES, M. T. **Using conceptual maps in physics classes**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING, 1., 2004, Pamplona. **Actas...** Espanha, 2004.

VIANNA, H. M. **Pesquisa em educação - a observação**. Série Pesquisa, v. 5. Liber Livros, Brasília 2007. 108p.

ZYLBERSZTAJN, A. Galileu – um cientista e várias versões. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n. especial: p. 36-48, jun 1988.

CAPÍTULO 4

OS CONCEITOS LUZ, ÁTOMO, PARTÍCULA E ÉTER
ATRAVÉS DE MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS
POR ESTUDANTES EM UMA DISCIPLINA SOBRE A
HISTÓRIA DA FÍSICA.

4 OS CONCEITOS LUZ, ÁTOMO, PARTÍCULA E ÉTER ATRAVÉS DE MAPAS CONCEITUAIS ELABORADOS POR ESTUDANTES EM UMA DISCIPLINA SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA.

Danielle Nicolodelli Tenfen¹

Luiz O. Q. Peduzzi²

¹UFSC / Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,
dntenfen@gmail.com

²UFSC / Departamento de Física / Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica, peduzzi@fsc.ufsc.br

Resumo: Através da história da ciência, espera-se proporcionar a futuros professores e cientistas, uma visão global de seus conteúdos. Essa história e sua filosofia são usualmente abordadas em disciplinas específicas para esse fim. A presente pesquisa foi realizada em uma dessas disciplinas, que busca favorecer a compreensão de aspectos tanto conceituais quanto epistemológicos da física. Nela, investigou-se, por meio de mapas conceituais, de que forma a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa da teoria da aprendizagem significativa, podem contribuir para uma organização mais ampla do conhecimento, pelos estudantes. Os mapas foram concebidos com base nos conceitos de luz, átomo, partícula e éter, evidenciando suas diferenciações, diante de momentos históricos distintos.

Palavras-chave: organização do conhecimento; história da física; mapas conceituais; diferenciação progressiva; reconciliação integrativa.

Abstract: Through the history of science, it is expected to provide future teachers and scientists an overview of its contents. This history and its philosophy are usually approached in specific courses for this purpose. This research was conducted in one of these courses, which seeks to foster understanding of both conceptual and epistemological aspects of physics. In it, it was investigated with concept maps, how progressive differentiation and integrative reconciliation, of the meaningful learning theory, can contribute to a broader organization of knowledge by students. The maps were designed based on the concepts

of light, atom, particle and ether, highlighting their differences, up to distinct historical moments.

Keywords: knowledge organization; physics history; concept maps; progressive differentiation; integrative reconciliation.

4.1 A “EVOLUÇÃO HISTÓRICA” DA FÍSICA E OS MAPAS CONCEITUAIS

Fala-se constantemente na evolução histórica da ciência/física, seus conceitos e teorias. Dentre as definições encontradas no dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (FERREIRA, 1993) para a palavra evolução, destaca-se: “desenvolvimento progressivo de um conjunto de coisas, de fatos, de ideias, etc.”. Nesse sentido, a pergunta: “mas enfim, a física consiste em um desenvolvimento **progressivo** de um conjunto de fatos e ideias, conceitos e teorias?”, abre espaço para discutir o que, mais precisamente, se entende por evolução dessa ciência e, conseqüentemente, de seus conceitos.

Ao tratar da evolução da física, não se está falando de um processo linear, cumulativo (como um todo), limitado por visões distorcidas, como as apontadas por Gil-Perez et al. (2001). Está se admitindo que o conhecimento científico é, com o passar do tempo, refinado por mudanças que, de um modo geral, fazem com que as explicações e as predições teóricas sejam ampliadas e aprofundadas.

A história da ciência é utilizada por diversos filósofos para corroborar suas teses sobre o desenvolvimento científico (KUHN, 2007; LAKATOS, 1987; BACHELARD, 1988; LAUDAN, 1977). Já em termos educacionais, Matthews (1994) e Martins (2006), por exemplo, discutem amplamente a respeito da relevância dessa história e sua filosofia, para o ensino de ciências. Em especial, destaca-se que elas permitem um entendimento mais integral da matéria científica, contribuindo “para a superação do ‘mar de falta de significação’ que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (MATTHEWS, 1995).

Para propiciar um entendimento mais integral de conteúdos científicos, dispõe-se de ferramentas como mapas conceituais e diagramas. V. Moreira (2006, p. 98) diz que o processo de pesquisa, segundo Gowin (1981) “tem a ver com a conexão entre eventos, fatos e

conceitos. [...] esta conexão pode ser vista como tendo a forma de um Vê ligando eventos, na ponta do Vê, a conceitos e fatos em cada um dos lados”, daí a origem do diagrama.

No que se refere aos mapas conceituais, Moreira (2006, p. 45) afirma que eles “podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte dela”. Novak e Gowin (1984, p. 31) complementam, dizendo que essas ferramentas “servem para tornar claro, tanto aos professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chave em que eles se devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica”.

Em sua obra, Novak e Gowin (1984, p. 58-59) estabelecem uma analogia: ao preparar uma viagem entre dois estados, muito provavelmente o viajante observaria um mapa nacional, atentando para as rodovias interestaduais; posteriormente, de posse de mapas de cada estado, localizaria os lugares interessantes para visitar, comer, dormir; ainda, com mapas locais, buscaria as rotas mais adequadas para chegar aos locais de interesse. Com essa analogia, os autores pretendem ressaltar que, em um possível roteiro de aprendizagem, pode-se utilizar de mapas conceituais globais, “evidenciando as ideias mais importantes de um semestre ou de um ano”; partir para mapas conceituais referentes a segmentos de uma disciplina e, por fim, a mapas específicos, “para um ou alguns dias de aula”.

Tal como nos mapas das estradas, estes três níveis de grandeza são úteis para ajudar os alunos a adquirir e recordar um agregado rico em impressões detalhadas, em significados e ideias coordenadas, assim como em imagens e sensações vividas. Uma rápida consulta ao ‘mapa grande’ deveria ser suficiente para recordar os detalhes que pudemos observar em todo o trajecto (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 59).

Em síntese, a história da física pode favorecer um entendimento mais integral dessa ciência. Já mapas conceituais globais, admite-se, podem ser utilizados na compreensão das ideias mais importantes de uma disciplina, ao longo de um semestre ou ano. Assim, um suposto roteiro para aprendizagem, envolvendo mapas globais para retratar conceitos chave, vistos no contexto histórico de seu desenvolvimento, em princípio, poderia ser eficiente para uma organização mais geral do

conhecimento, desvinculada da fragmentação típica das disciplinas dos currículos dos cursos de física.

Nesse sentido, vêm sendo realizados diversos estudos na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, componente curricular do curso de física da Universidade Federal de Santa Catarina. Nela investiga-se de que forma a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, da teoria ausubeliana, podem contribuir para a organização do conhecimento dos estudantes, após o contato com a história da ciência. Um primeiro estudo (NICOLODELLI; PEDUZZI, 2009), exploratório, apresenta resultados de uma aproximação inicial entre um ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) e mapas conceituais, à disciplina. A partir dele, concebeu-se um segundo (NICOLODELLI; PEDUZZI, 2010), no qual mantiveram-se os aspectos positivos da estratégia didática criada para o estudo 1, mas reestruturou-se parte da tarefa com os mapas conceituais, diante de algumas dificuldades dos estudantes ao lidar com essas ferramentas. Esses dois estudos forneceram subsídios para a estruturação de um terceiro, uma vez avaliados os limites e possibilidades da inserção do AVEA e dos mapas conceituais na disciplina.

Esse terceiro estudo é detalhado no presente artigo, a começar pela estratégia didática empregada em sala de aula, na qual inicialmente instruiu-se os estudantes a respeito da teoria da aprendizagem significativa e dos mapas conceituais. Uma primeira etapa, permitiu aos alunos adaptarem-se à utilização dessas ferramentas, para organizar suas ideias sobre a física de Galileu, como exercício. Em seguida, propôs-se a eles a elaboração de mapas conceituais globais, no sentido expresso por Novak e Gowin (1984, p. 58), evidenciando alguns conceitos físicos e suas diferenciações, de acordo com momentos históricos distintos. Três versões de mapas foram elaboradas pelos alunos, e também analisadas com base nas apresentações dos seus autores, em sala de aula.

4.2 “EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA”: CARACTERÍSTICAS GERAIS DE UM ESTUDO SOBRE A ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

“Evolução dos Conceitos da Física” é uma disciplina obrigatória para as habilitações licenciatura e bacharelado, do curso de Física da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem como pré-requisito “Estrutura da Matéria I”, situa-se na última fase da grade curricular, e

sua duração é de 72 horas no semestre. Aspectos históricos e filosóficos da física são o foco das discussões da disciplina, que visa lidar com a análise histórica e epistemológica dos desenvolvimentos conceituais e teóricos dessa ciência.

Os conteúdos de Evolução são dispostos em cinco textos, cada um deles correspondendo a uma unidade de ensino. O primeiro, “Força e movimento: de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2008a), divide-se em sete capítulos: 1. De Thales a Ptolomeu; 2. A física aristotélica; 3. A física da força impressa e do impetus; 4. As novas concepções do mundo; 5. Galileu e a teoria copernicana; 6. A física de Galileu; 7. As leis de Kepler do movimento planetário.

“Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI, 2008b), texto 2, divide-se em seis capítulos: 1. Sobre René Descartes; 2. Sobre Isaac Newton; 3. A física e a cosmologia cartesiana; 4. A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física; 5. A gravitação newtoniana; 6. Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação.

O terceiro texto intitula-se “Do átomo grego ao átomo de Bohr” (PEDUZZI, 2008c). Seus cinco capítulos são, respectivamente: 1. Do átomo grego ao átomo de Dalton: um percurso através da história da física e da química; 2. Sobre o atomismo do século XIX; 3. A espectroscopia, o elétron, os raios X e a radioatividade: prelúdio a uma nova física; 4. O quantum de radiação; 5. O átomo de Bohr.

“A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” (PEDUZZI, 2008d), consiste no quarto texto, cujos oito capítulos são: 1. Sobre o referencial absoluto newtoniano; 2. O princípio da relatividade de Galileu; 3. Sobre a luz; 4. Da síntese de Maxwell à experiência de Michelson-Morley; 5. Prelúdio à relatividade: Poincaré e Lorentz; 6. A teoria da relatividade especial; 7. Sobre a relatividade geral; 8. Considerações epistemológicas sobre a relatividade einsteiniana.

Por fim, o texto “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...” (PEDUZZI, 2010), contempla os seguintes capítulos: 1. Da formulação teórica à identificação do pósitron; 2. Da transmutação à fissão nuclear; 3. Novas forças e partículas na física; 4. A proliferação hadrônica e novas leis (regras) de conservação; 5. Sobre os quarks de Gell-Mann, Nambu... . Esses cinco textos são descritos de forma mais detalhada em Peduzzi (2011).

No segundo semestre de 2010, dez alunos participaram de “Evolução dos Conceitos da Física”, sendo cinco licenciandos e cinco

bacharelados. No decorrer do artigo, eles serão identificados pelo código C(1-10).

Para investigar de que forma a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa podem contribuir para a organização do conhecimento na disciplina, elaborou-se uma estratégia didática envolvendo a construção de mapas conceituais, pelos estudantes, ao longo do semestre. Alguns aspectos dessa estratégia inspiraram-se nas estratégias desenvolvidas em semestres anteriores, principalmente no que toca à instrução dos estudantes sobre a teoria da aprendizagem significativa, referencial utilizado para concepção e avaliação dos mapas conceituais.

Cabe ressaltar que, nessa pesquisa, utilizou-se de observação participante. Carmo e Ferreira (1998, p. 107) apontam que nas situações em que o investigador assume explicitamente o seu papel diante da população observada, ou seja, desempenha papéis que de alguma forma o tornam presente na vida dessa população, se está diante de um caso de observação participante. Nessa investigação, o contato da primeira autora do artigo, pesquisadora, e do segundo autor, professor, foi direto e constante com os estudantes, tendo em vista o acompanhamento integral da disciplina.

A coleta de dados foi realizada através de anotações e de gravações em áudio, feitas nas aulas destinadas à apresentação e discussão dos mapas conceituais. Em um ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) estruturado para a disciplina, dados como respostas às avaliações e os mapas conceituais, propriamente ditos, ficaram registrados para análise.

A perspectiva dos estudantes envolvidos, sobre a possibilidade de apreender os conteúdos da disciplina através dos mapas, bem como a respeito de sua funcionalidade e ao trabalho conjunto, foi compreendida a partir de entrevistas semi-estruturadas, realizadas no fim do semestre. Nas entrevistas desse tipo, segundo Laville e Dionne (1999, p. 188)

os pesquisadores permitem-se, muitas vezes, explicitar algumas questões no curso da entrevista, reformulá-las para atender às necessidades do entrevistado. Muitas vezes, eles mudam a ordem das perguntas em função das respostas obtidas, a fim de assegurar mais coerência em suas trocas com o interrogado. Chegam até a acrescentar perguntas para fazer precisar uma resposta ou para fazê-la aprofundar: Por que? Como? Você pode dar-me um exemplo? E outras tantas subperguntas

que trarão frequentemente uma porção de informações significativas.

Nesse sentido, a entrevista contou com um conjunto de perguntas abertas, sendo algumas delas comuns a todos os envolvidos, e outras específicas, voltadas para os mapas conceituais. As perguntas comuns foram:

1 – Você considera que toda a tarefa realizada com os mapas ao longo do semestre ajudou, de alguma forma, na aprendizagem do conteúdo da disciplina?

Objetivo: Identificar em que medida a tarefa de construção dos mapas conceituais, foi eficiente, segundo o aluno, no seu processo de aprendizagem.

2 – O trabalho em conjunto com um colega foi relevante para a construção dos mapas conceituais? De que forma a dupla costumava interagir? Conseguiram elaborar os mapas com antecedência, discutir o conteúdo?

Objetivo: Perceber como e quanto as duplas interagiram para elaborar os mapas conceituais. Identificar se eles trocaram informações, discutiram o conteúdo e se, desse modo, é condizente considerar que negociaram significados.

3 – A entrega de um acompanhamento semanal e o recebimento dos pareceres foi relevante no processo de elaboração dos mapas? Se sim, de que forma?

Objetivo: Verificar sob que aspectos a entrega de acompanhamentos semanais, pelos estudantes, bem como o recebimento de pareceres sobre os mapas elaborados, foi útil para a realização da tarefa.

No enunciado dessas perguntas, há vínculos com aspectos da estratégia didática que será detalhada nas duas seções seguintes. As respostas às entrevistas, bem como o conteúdo das gravações em áudio, subsidiam os argumentos empregados pela pesquisadora na análise dos dados apresentados ao final do artigo.

4.3 ESTRATÉGIA DIDÁTICA – ETAPA 1

Novak e Cañas (2008, p. 9, tradução nossa) afirmam que:

Não é fácil ajudar estudantes habituados a uma aprendizagem mecânica a mudar para práticas de aprendizagem significativa. Os mapas conceituais podem ser úteis, mas os estudantes também precisam conhecer algo sobre os mecanismos do cérebro e a organização do conhecimento, e esta instrução deve acompanhar o uso dos mapas conceituais.

Nesse sentido, reservou-se à primeira etapa da estratégia metodológica, a opção por instruir os alunos a respeito da teoria da aprendizagem significativa (TAS), e a forma com que subsidia diferentes propostas de trabalho com os mapas conceituais.

Essa etapa, de caráter instrucional, contou com três momentos distintos: uma primeira aula (1) logo no início do semestre e segmentos de outras duas aulas, que serão respectivamente identificadas por aula 2 e aula 3. Porém, o conteúdo abordado na aula 2 vincula-se diretamente à segunda etapa da estratégia metodológica e, dessa forma, considerou-se mais adequado detalhá-la na seção seguinte.

A aula 1 teve por objetivo discutir os pressupostos da TAS e a fundamentação, bem como exemplos, dos mapas conceituais. Contudo, o início dessa aula baseou-se em outra anterior, destinada à discussão de aspectos favoráveis e desfavoráveis a inserção da história da ciência no ensino, e que, por ocasião da presente investigação, foi utilizada também para um reconhecimento das concepções dos estudantes sobre aprendizagem. Considerando a relevância de estruturar o ensino naquilo que o aprendiz já sabe, como bem ressalta Ausubel, propôs-se a seguinte pergunta, a ser respondida pelos alunos ainda em sala:

“Alimentado com as letras desde a sua infância, Descartes, ao final da sua formação, diz-se desiludido com a promessa do que julgara que delas deveria resultar, isto é, a aquisição de um conhecimento claro e seguro de tudo o que é útil à vida. Ao contrário, encontrava-se envolto em tantas dúvidas que lhe parecia não ter tirado outro proveito da instrução a não ser o de ter descoberto a sua ignorância.”

O trecho apresentado acima retrata um pouco da preocupação de Descartes com relação ao produto resultante de um longo processo de ensino e aprendizado. De forma semelhante, o que para você deveria resultar de sua formação? O que você entende por aprender? Como você sabe que aprendeu determinado conteúdo?

Sabendo-se que as respostas dos estudantes seriam expostas à debate em sala de aula, considerou-se adequado que, na entrega, nenhum deles se identificasse. Essa decisão foi tomada tendo em vista o número significativo de bacharelados, e considerando que, devido à natureza de sua habilitação, esses alunos tiveram pouca ou nenhuma oportunidade para discutir assuntos referentes ao ensino e aprendizagem de ciências, e que, portanto, poderiam se sentir inibidos diante dos licenciandos.

Oito fragmentos das respostas dadas pelos estudantes foram selecionados para discussão na aula 1:

1 - Aprendizado é um processo de aquisição de conhecimento cujo resultado não é um saber do tipo enciclopédico, mas uma compreensão da área estudada em seus fundamentos e implicações.

2 - Aprender é adquirir ferramental para novas criações. [...] A sensação de ignorância colocada no texto após algum aprendizado vem da necessidade de aperfeiçoar essas ferramentas [...].

3 – Espero [como resultado da formação] estar apto a discutir os fenômenos físicos com clareza e poder transmitir as pessoas o conhecimento de que a ciência é importante e a física essencial para o entendimento do mundo.

Por aprender, entendo como dar sentido e ver sentido em algo. [...] É não se limitar a informações prontas, mas também investigar e expressar o seu ponto de vista sobre determinado objeto.

4 - Deveria resultar de um processo de formação, uma visão geral e um senso crítico sobre o que foi estudado. [...] Sobre o “aprender” acho que é um processo infundável sempre há algum detalhe a ser revisto [...]. Eu me sinto apto a dizer que aprendi um conteúdo, quando consigo construir bons raciocínios baseados nele [...].

5 – [...] Aprendizado é a capacidade de questionarmos o que nos foi obrigado a aprender. [...]

6 - *O resultado de uma formação é conseguir entender e compreender a necessidade de trocar informações, pois, durante a vida percebemos que o conhecimento nada mais é do que um longo banco de dados de grandes discussões.*

7 - [...] *Aprender significa; 1o. ouvir, ver, perceber, etc, 2o. compreender; 3o. manipular, absorver tornar-se parte do conhecimento, 4o. ensinar.[...]*

8 - [...] *O que eu entendo por aprender: confundo essa pergunta com a passada, acho que aprender é assimilar uma idéia nova, um comportamento, mesmo que ele seja errado para a maioria das pessoas. [...]*

Os estudantes participaram de forma ativa do debate, no qual se destacou, especialmente:

- a. A questão da **transmissão** do conhecimento, que aparece no fragmento 3;
- b. A consideração de que, da formação deveria resultar uma visão geral e um senso crítico, e a questão da aprendizagem ser um **processo infundável**, conforme descrito no fragmento 4;
- c. A importância da troca de informações, segundo o exposto no fragmento 6;
- d. O fato de que se aprende **mesmo um comportamento ou ideia considerado errado** pela maioria, conforme explícito no fragmento 8.

Os fragmentos 5 e 7 foram contrastados com os demais, por mostrarem, aparentemente, uma postura passiva do sujeito que aprende. Mais especificamente, no fragmento 5 o estudante considera que se deve questionar aquilo que se é obrigado a aprender, ou seja, que é imposto. O autor do fragmento 7 remete à ideia semelhante de passividade, quando diz que aprender significa ouvir e também absorver o conhecimento, tornar-se parte de algo que lhe é, inicialmente, externo.

Esse contraste serviu para introduzir a concepção de aprendizagem mecânica, automática, relacionada ao “método de decorar” (AUSUBEL; NOVAK, HANESIAN, 1980, p.32) e que se caracteriza como “aquela em que novas informações são aprendidas

praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos” (MOREIRA, 2006, p. 16). Serviu também para destacar que o sujeito não precisa ser encarado como passivo, mas sim como alguém responsável pela sua aprendizagem. Essa ideia, adianta um dos pressupostos da TAS, segundo a qual é necessário que “aprendizes manifestem um mecanismo de aprendizagem significativa (ou seja, uma disposição para relacionarem o novo material a ser apreendido, de forma não arbitrária e não literal, à própria estrutura de conhecimentos)” (AUSUBEL, 2003, p. 72).

Passou-se então à apresentação do conceito de aprendizagem significativa para os estudantes, esclarecendo o que seria uma relação não arbitrária e substantiva entre informações novas e antigas, e introduzindo-se o conceito de subsunçor. Para sintetizar as informações, foram apontadas algumas características essenciais da aprendizagem significativa, dentre as quais, destaca-se: a intencionalidade do sujeito em aprender significativamente; o caráter individual da aprendizagem, que implica em um sujeito ativo no processo; a dinamicidade, que também se reflete nos mapas conceituais, tendo em vista que o conhecimento é por vezes reorganizado na estrutura cognitiva, e os significados são constantemente ampliados; e a interatividade tanto entre conhecimento novo e prévio, quanto entre sujeitos, que negociam significados. Detalhou-se ainda os três tipos de aprendizagem significativa: representacional, conceitual e proposicional.

No que se refere à negociação de significados através de mapas conceituais, Novak e Gowin (1984, p. 38) defendem que esses instrumentos podem ser utilizados “para determinar que rotas seguir para organizar os significados e os negociar com os estudantes, assim como para descobrir as concepções alternativas dos alunos”. Nesse sentido, na sequência da aula apresentou-se as características básicas dos mapas conceituais, e como eles podem refletir a organização do conhecimento. Com o auxílio do programa *CmapTools*, projetou-se, a partir do computador, duas palavras para os estudantes: feijão e arroz. Em um exercício simples, porém eficiente, solicitou-se sugestões de palavras que pudessem ligar esses dois termos. Diante de diferentes propostas, como “feijão – *combina com* – arroz” e “feijão – *torna-se ruim com* – arroz”, facilmente pôde-se explorar a relevância de uma seleção adequada das palavras de ligação em um mapa, com fins de evitar interpretações ambíguas, ou equivocadas. Em seguida, foram discutidos alguns exemplos, dentre os quais um mapa conceitual sobre Galileu, presente no estudo de Nicolodelli e Peduzzi (2009); um mapa

sobre o universo, extraído do trabalho de Novak e Cañas (2008); um mapa sobre partículas elementares, da investigação de Pinheiro e Costa (2009); e, por fim, o fragmento de um mapa elaborado por um estudante da disciplina, em semestre anterior, no qual aparecem equívocos conceituais.

Novak e Gowin (1984, p. 32) afirmam que “os mapas conceituais devem ser hierárquicos; isto é, os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente debaixo deles”. Contudo, não há como deixar de notar que, por exemplo, o conceito atual de átomo pode ser progressivamente diferenciado na estrutura cognitiva de um estudante, em termos do que atualmente se entende por ele, que é o conhecimento representado nos livros didáticos. Entretanto, para compreender o sentido da palavra átomo, que não mais representa o indivisível grego, na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, recorre-se à história da ciência. E ao traçar, por exemplo, o percurso “do átomo grego ao átomo de Bohr”, fica evidente que a palavra manteve-se a mesma, porém os significados a ela atribuídos, são de caráter temporal. Safayeni, Derbentseva e Cañas (2003, tradução nossa) mencionam que “[...] quando um conceito é nomeado, a palavra trás consigo um passado e um futuro de possíveis significados”.

Para garantir que os mapas conceituais construídos pelos estudantes, com base na história da ciência, não propaguem visões deformadas do trabalho científico, em especial a exclusivamente analítica e a acumulativa de crescimento linear (GIL-PEREZ et al., 2001), é importante atentar para as proposições expressas através de relações cruzadas. Ou seja, se um mesmo mapa contempla o conceito de átomo segundo Dalton e também segundo Rutherford, em ramos distintos, é preciso que o estudante evidencie, nas possíveis relações cruzadas, suas diferenças. Assim pode-se perceber se ele não está estabelecendo paralelos equivocados.

Ao tratar dos mapas, em sala, discutiu-se também a definição de conceito, segundo Ausubel. A aula 1 foi complementada por um texto, intitulado “A aprendizagem significativa e a elaboração de mapas conceituais”, escrito pela pesquisadora e disponibilizado aos estudantes através do ambiente virtual de ensino e aprendizagem da disciplina.

Ficou determinado pelo professor e pela pesquisadora, que o conteúdo da aula 1, cuja duração foi de 100 minutos, seria objeto da primeira avaliação da disciplina. Assim, explicou-se aos estudantes a proposta dessa avaliação, que contou com o suporte do AVEA, e estendeu-se por três semanas, a contar pelo dia da aula.

No fórum virtual relativo à primeira unidade de ensino da disciplina, disponibilizou-se aos estudantes três questões correspondentes a referida avaliação, uma a cada semana. Na semana 1 a pergunta foi: *“Considerando o referencial teórico adotado na disciplina (teoria da aprendizagem significativa), em que consiste um mapa conceitual? Quais os cuidados que se deve tomar ao construir um desses mapas (quais seus elementos mais relevantes)? Justifique sua resposta”*.

Conforme o aluno C7, construir um mapa conceitual *“consiste em organizar e estruturar conceitos e idéias, encontrando entre eles relações que os definem de maneiras semelhantes ou não [...]”*. Segundo C9, nesses mapas *“os conceitos se encontram interligados por alguma relação que é explícita por meio de palavras de ligação [...]”*. C10 menciona que *“as relações entre os conceitos devem ser representadas por uma ou mais linhas, cada uma com uma descrição, de preferência verbal, em poucas palavras, e se necessário uma indicação de sentido com uma seta”*. Como C10, C1 também afirma que é interessante que as palavras de ligações envolvam verbos. C8 apresenta posicionamento semelhante a C9 quando esse diz que *“o mapa deve permitir uma leitura de cima para baixo ou de baixo para cima, ou ainda mesmo uma leitura cíclica, explorando relações entre todos os conceitos”*.

Todos os estudantes deram a entender, por suas respostas, que o maior cuidado ao estruturar mapas conceituais deve ser a escolha coerente das palavras de ligação, *“escolher de modo adequado para dar sentido às proposições”*, conforme C3.

Na segunda semana a questão proposta foi *“Elabore um mapa conceitual referente ao conteúdo do capítulo 6 da primeira unidade”*. Alguns dos mapas elaborados como resposta a essa questão, serão apresentados posteriormente.

Por fim, na terceira semana (30/08 a 05/09), pediu-se aos estudantes que avaliassem dois mapas conceituais, através do enunciado: *“Escolha um destes mapas, indique sua escolha (MAPA 1 ou MAPA 2) e, de forma individual, faça uma análise tendo como base os seguintes aspectos: - diferenciação progressiva (relacionada com a hierarquização) e reconciliação integrativa (relacionada com as correlações entre distintos ramos de um mapa); - qualidade das palavras de ligação e das proposições formadas; - conceitos mais relevantes (centrais ou superordenados) do texto presentes/ausentes - quais são?;- possíveis erros conceituais;- aspetos estéticos (utilização de cores, formas). Os critérios acima apontados são fortemente sugeridos, porém outros podem ser acrescentados. Justifique seus*

argumentos”. Os mapas 1 e 2 são representados nas figuras abaixo (1, 2), e foram intencionalmente escolhidos devido à presença de erros conceituais, mistura entre conceitos e palavras de ligação, dentre outros problemas.

Os estudantes C4, C7 e C9 optaram por apreciar criticamente o mapa da figura 1. O que mais incomodou os alunos, foi a distribuição irregular dos conceitos, a hierarquização não explícita e o não detalhamento de quais seriam as três leis de Kepler. C9, por exemplo, diz que “quanto a hierarquização o mapa 1 se encontra bastante precário, não sabemos onde começar a ler o mapa a menos que procuremos o conceito inicial que nesse caso não se trata de um conceito, mas sim de um nome (Kepler) [...]. É difícil perceber correlações entre os ramos distintos do mapa porque o mapa não tem ramos”.

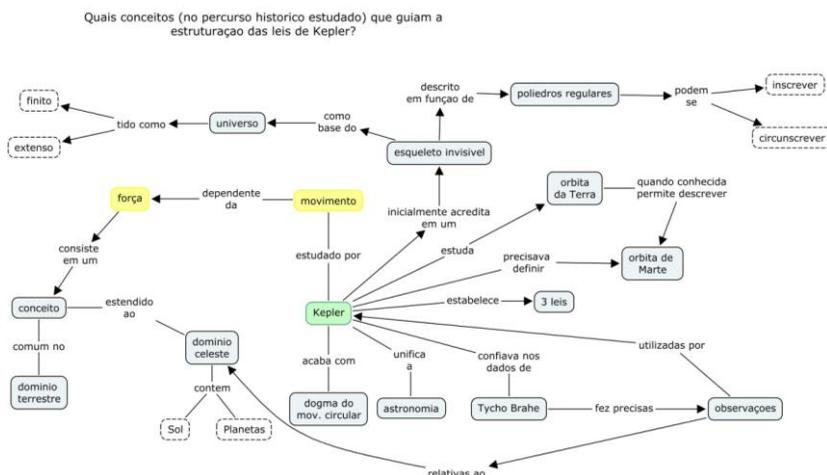


Fig. 1: Mapa conceitual 1 submetido à avaliação dos estudantes.

Os demais optaram por criticar o mapa da figura 2, no qual observaram, como bem destaca o aluno C8, “que faltam várias palavras de ligação, ou que elas aparecem como conceitos, como é o caso de ‘universo’ logo no início do mapa, e abaixo um conceito ‘Finito’¹⁴ que se liga a direita com um ramo que não faz sentido algum”. O aluno C3 aponta um erro conceitual no mapa: “as órbitas planetárias segundo Kepler não eram descritas primeiramente por sólidos geométricos, e

¹⁴ O aluno quis fazer referência ao fato de que universo aparece no mapa como palavra de ligação, enquanto “finito”, logo abaixo, aparece como termo chave.

sim por figuras simétricas de geometria plana”. Esse mesmo aluno diz também o que considera uma omissão conceitual: “*Kepler conclui que as órbitas eram elipses depois de analisar Marte, no mapa parece que Kepler conclui isso diretamente da órbita terrestre. Omitindo a passagem por Marte*”. C1 sugere que “*as melhorias que podem ser feitas no mapa giram em torno de enunciar os conceitos de uma maneira melhor, se os conceitos estivessem mais bem definidos, as palavras de ligação e as ligações entre as proposições seriam melhoradas como consequência, e a hierarquização seria valorizada*”. De forma geral, as respostas dos estudantes permitiram perceber que, no exercício da crítica, buscou-se a teoria estudada na primeira aula. Contudo, diante da análise dos mapas elaborados pelos alunos como resposta à questão 2, julgou-se importante retomar alguns aspectos.

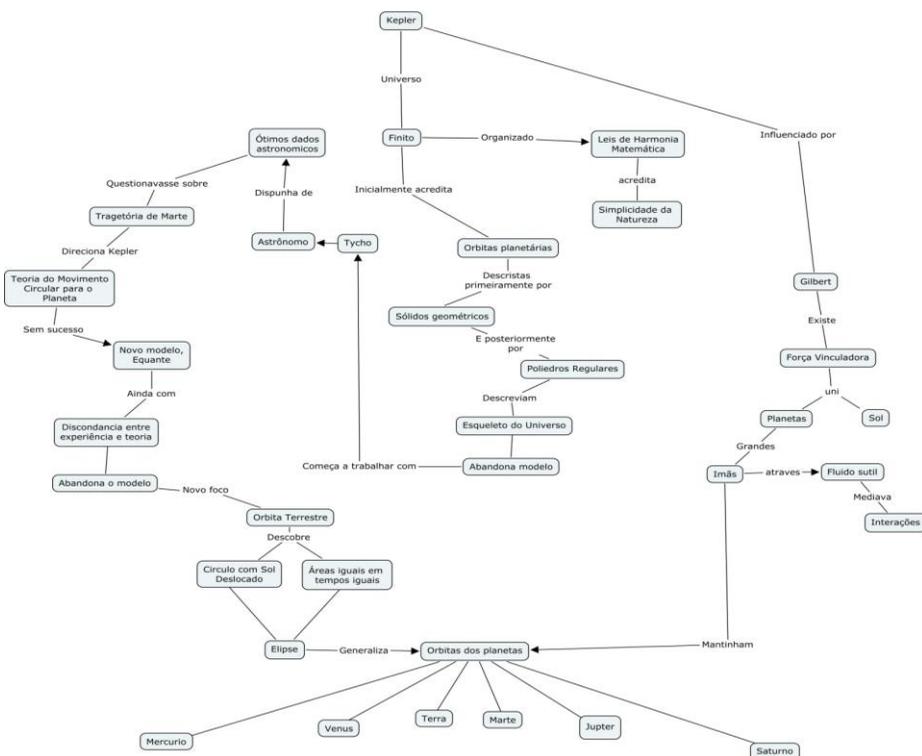


Fig. 2: Mapa conceitual 2 submetido à avaliação dos estudantes.

Nesse sentido, na aula 3, foi preciso chamar a atenção dos estudantes para alguns detalhes da estruturação dos mapas conceituais. Considerando que os mapas relativos ao capítulo 6 do texto “Força e Movimento: de Thales a Galileu” foram compartilhados através do AVEA, e que portanto, os estudantes conheciam os mapas uns dos outros, optou-se por partir de exemplos, com problemas semelhantes, porém advindos dos estudos anteriores. Desse modo, evitou-se que as discussões feitas na aula fossem entendidas como balizadoras, para definir mapas certos e errados. Segundo Moreira (2006, p.46) um ponto importante a ser lembrado “é que um mapa conceitual deve ser sempre visto como ‘um mapa conceitual’, não como ‘o mapa conceitual’ de um determinado conjunto de conceitos”. Nos exemplos, destacou-se a repetição de termos conceituais também como palavras de ligação e a qualidade dessas palavras. Em uma sugestão de como construir mapas, Moreira (2006a, p. 43) propõe que se evite “palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos”, e essa preocupação foi repassada aos estudantes.

Ainda nessa aula, discutiu-se a presença, nos mapas, de termos, como, por exemplo, os nomes dos cientistas. Sabe-se que, em geral, nomes são considerados como termos específicos em mapas conceituais, uma vez que, segundo Novak e Gowin (1984, p. 48) não traduzem regularidades nos acontecimentos ou objetos, mas sim os designam. Não se defende que esses termos passem a ser considerados como conceituais, porém, em um mapa, organizam-se significados adquiridos por um aprendiz, e, segundo Pinker (2007, p. 11), nomes são igualmente significativos. Em um mapa estruturado hierarquicamente, o termo usualmente no topo é considerado o mais amplo, superordenado. Ao estudar a história da física, termos não conceituais podem se mostrar relevantes para um aprendiz, subordinando de forma semelhante uma estrutura de conceitos. Por exemplo, no mapa da figura 1, a partir de Kepler estrutura-se um conjunto de proposições que sintetizam diversas de suas contribuições para a ciência. Contribuições essas ligadas tanto ao entendimento de conceitos, como movimento, força, quanto ao estabelecimento de uma importante etapa no desenvolvimento do conhecimento físico atualmente aceito.

No fim da aula, apresentou-se aos estudantes critérios desenvolvidos para avaliar os mapas conceituais, resultantes da etapa 2, na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, quais sejam:

- 1) Seleção das palavras de ligação (sua relevância e a clareza das proposições por elas formadas);

- 2) Hierarquia entre os conceitos e termos elencados no mapa (o estudante compreende a ideia da hierarquia e sabe explicar, quando solicitado, como ela se caracteriza em seu mapa?);
- 3) Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (através, respectivamente, dos níveis hierárquicos e relações cruzadas nos mapas);
- 4) Estética do mapa (cores, formas, traçado das linhas);

Tais critérios foram elaborados com base em três pontos principais advindos da teoria da aprendizagem significativa. São eles a organização hierárquica da estrutura cognitiva, a diferenciação progressiva a qual seus conceitos são sujeitos e a reconciliação integrativa, que ocorre “quando dois ou mais conceitos são relacionados em termos de novos significados preposicionais e/ou quando se resolvem conflitos de significados entre conceitos” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 113). Esses pontos, permitem avaliar qualitativamente os mapas conceituais desenvolvidos pelos estudantes em Evolução, porém são os mesmos considerados por Novak e Gowin (1984, p. 113 - 124) na proposição de esquemas para pontuação de mapas conceituais.

4.4 ESTRATÉGIA DIDÁTICA – ETAPA 2

Novak e Gowin (1984, p. 39) dizem que “logo que os estudantes tenham aprendido a preparar mapas conceituais, estes podem empregar-se como instrumentos poderosos de avaliação”. Nesse sentido, para avaliar a organização do conhecimento dos alunos na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, em termos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, propôs-se a tarefa elaboração de mapas conceituais retratando alguns conceitos físicos, que aparecem em diferentes momentos da história.

Segundo Novak e Cañas (2008, tradução nossa), “é melhor construir mapas conceituais com referência a alguma questão particular que desejamos responder, a qual nós chamamos de questão focal”. Esse tema foi discutido com os estudantes na aula 2, uma vez que a proposta de elaboração dos mapas conceituais na disciplina, ao longo das unidades de ensino dois, três, quatro e cinco exigiu a proposição de uma dessas questões, pelos estudantes. Esclareceu-se nessa ocasião que a forma com que a questão é proposta, direciona o caráter estático ou dinâmico das relações entre os conceitos de um mapa. Ou seja, mapas

guiados por questões “como?”, podem gerar mais proposições dinâmicas do que mapas concebidos a partir de questões “o que?”, por exemplo. Os ciclicamente estruturados, usualmente refletem respostas à questões do primeiro tipo. Essa constatação é feita no estudo de Derbentseva, Safayeni, Cañas (2006). Por sua vez, relações estáticas são aquelas que “ajudam a descrever, definir e organizar o conhecimento de um dado domínio. Os mapas conceituais, em sua forma atual, são primeiramente concebidos para representar relações estáticas” (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2003, tradução nossa). As relações dinâmicas evidenciam “como a mudança em um conceito afeta o outro conceito” (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2003, tradução nossa), ligado ao primeiro.

Antes de solicitar aos alunos a estruturação de uma questão focal, foi preciso definir quais conceitos seriam retratados através dos mapas conceituais, na disciplina. Os conceitos sugeridos pelo professor e pela pesquisadora foram: sistemas cosmológicos, projéteis, unificações, movimento, luz, éter, força/interações, átomos, partículas, campo, massa e conservação. Os estudantes foram convidados a escolher um deles para construir seus mapas. Essa escolha, foi realizada através do AVEA da disciplina, em ferramenta específica para esse fim.

Novak e Gowin (1984, p. 36) defendem que “quando os mapas conceptuais são feitos em grupos de dois ou três estudantes, podem desempenhar uma função social útil e conduzir a animadas discussões na aula”. Nesse sentido, propôs-se que os alunos trabalhassem em duplas. Cada dupla dedicou-se a estruturação de uma questão focal, como base para o desenvolvimento de seus mapas. Os conceitos escolhidos bem como as questões propostas pelos alunos foram:

Dupla	Estudantes	Conceito	Questão focal
1	C3 e C10	Luz	Qual a natureza da luz?
2	C1 e C5	Éter	Será o éter o maior “salvador de aparências” da física?
3	C4 e C9	Átomo	Como se originou, disseminou e modificou o conceito de átomo ao longo do tempo?
4	C2 e C8	Partícula	Quais os “tijolos fundamentais” da matéria?
5	C6 e C7	Unificações	Como e quando ocorreram as principais unificações teóricas da física?

Tabela 1: Conceitos e questões focais elaboradas pelos estudantes.

Com base nelas, no decorrer da disciplina, foram construídas três versões dos mapas conceituais. Segundo Novak e Gowin (1984, p. 35) “o fazer e o refazer de mapas conceptuais, e compartilhá-los com os outros pode ser considerado um esforço de equipe no desporto [sic] de pensar”. Nesse sentido, cada versão foi apresentada em sala de aula, por seus autores, e discutida pelo grupo. Para elaborar a primeira versão dos mapas, os estudantes tiveram duas semanas. A segunda versão, foi apresentada quatro semanas após a primeira; e a terceira, uma semana e meia após a segunda.

Em termos de acompanhamento e avaliação da construção dos mapas pelos estudantes, solicitou-se que, ao longo das seis semanas decorridas entre o início da formulação da primeira versão dos mapas e a apresentação da segunda versão, eles enviassem à pesquisadora, um breve relato a respeito dos desenvolvimentos da dupla, na referida semana. Através do que se chamou de “acompanhamento semanal”, os alunos interessados puderam expressar eventuais dúvidas com relação ao conteúdo, e apresentar versões intermediárias de seus mapas, para debate das relações da organização dos conceitos.

Os resultados desse processo, bem como uma análise de como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa podem favorecer a organização do conhecimento, em uma disciplina como “Evolução dos Conceitos da Física”, serão detalhados mais adiante.

4.5 OS CONCEITOS LUZ, ÉTER, ÁTOMO E PARTÍCULA ATRAVÉS DE MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas das figuras 3, 4 e 5 foram elaborados, respectivamente, pelos estudantes C3, C9, C10, como respostas à segunda questão da avaliação descrita na etapa 1 da estratégia metodológica. Cabe ressaltar que, nesse caso, os alunos não foram incentivados a elaborar mais de uma versão para os mapas, tendo em vista que o objetivo central da tarefa, era familiarizá-los com a ferramenta.

No entanto, o aluno C3 efetuou pequenas alterações em seu mapa original após discussão em sala de aula, resultando na figura 3, que representa seu entendimento sobre a física de Galileu. Observa-se, apesar da repetição das palavras, indícios de diferenciação progressiva, no que se refere ao conceito de movimento, dividido em neutro e

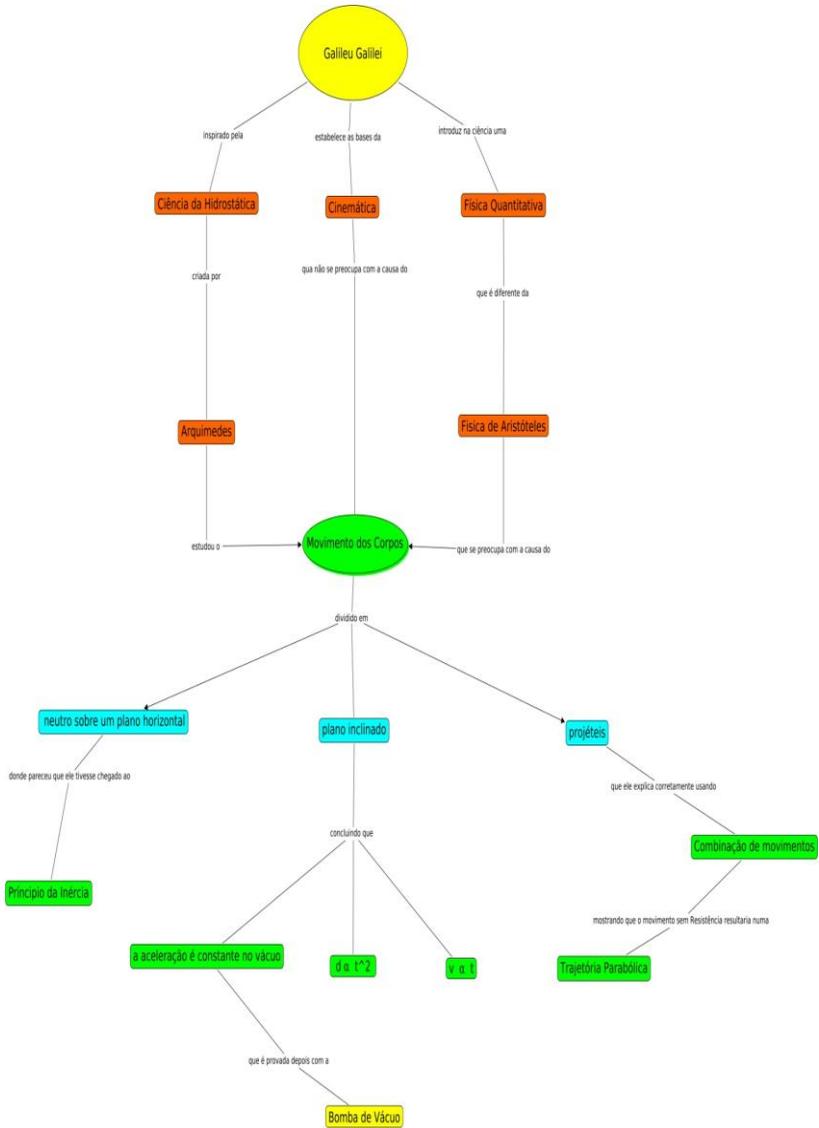


Fig. 4: Mapa Conceitual elaborado pelo aluno C9 como resposta à questão 2 da avaliação.

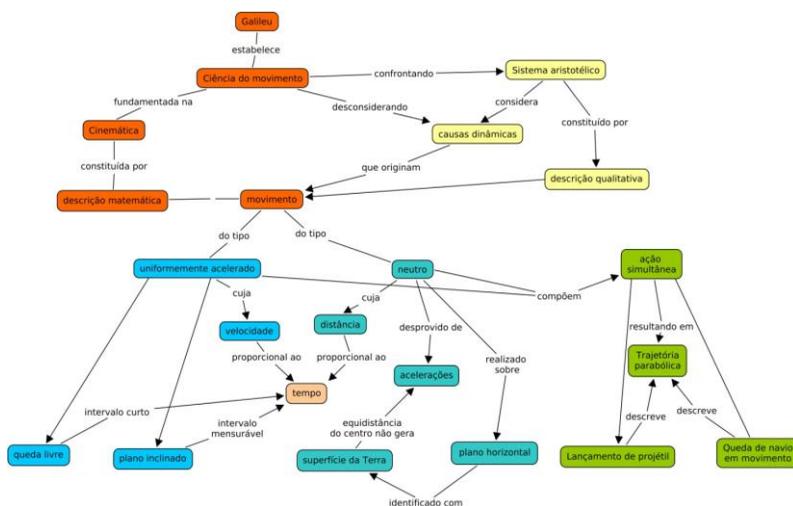


Fig. 5: Mapa Conceitual elaborado pelo aluno C10 como resposta à questão 2 da avaliação.

4.5.1 Mapas sobre o conceito partícula

A disposição para relacionar novas informações às prévias de maneira não literal e não arbitrária, é, segundo Ausubel (2003, p. 72), condição preponderante para uma aprendizagem significativa, juntamente com a proposição, pelo professor, de um material potencialmente significativo. Nesse sentido, a dupla C2 e C8, cujos mapas conceituais foram centrados no conceito de partículas, demonstrou, logo de início, pouca afinidade com a tarefa de representar seu conhecimento através de mapas conceituais. Os estudantes, apesar de bastante participativos em sala de aula, declararam publicamente seu desinteresse pela ferramenta.

Quando questionado sobre a potencialidade dos mapas conceituais para auxiliar na aprendizagem dos conteúdos da disciplina, o estudante C2, em entrevista, não as nega totalmente, considerando como aspecto positivo, especialmente, a visão geral proporcionada pelos mapas, quando nele se unem as concepções antigas e atuais. Porém, afirma que “o problema do mapa conceitual é que leva muito tempo e isso, se eu fosse fazer só a matéria de Evolução não haveria problema, [...] mas sabe que isso não é uma realidade para a maioria das pessoas”.

Seu colega, C9, declarou apenas que, para ele, a tarefa com os mapas conceituais ajudou na sua organização do conhecimento.

Ao serem indagados a respeito de como a dupla realizou o trabalho conjunto, os alunos forneceram respostas divergentes, em alguns aspectos. C2 explica que iniciou a construção do mapa, e que após organizar suas primeiras ideias, enviou a C8, que por sua vez estabeleceu ajustes, e acrescentou informações. C8, reenviou o mapa para C2, que dessa vez fez ajustes e continuou o mapa. Segundo ele, manteve-se o processo ao longo do semestre. Esse envio foi realizado através de e-mail, e não contemplava, conforme C2, comentários, explicações para possíveis mudanças, nem justificativas para a inclusão de conceitos. Ambos ressaltam que discordâncias eram discutidas pessoalmente, e admitem que a tarefa era realizada com pouca ou nenhuma antecedência aos dias de apresentação. C8 contradisse C2 ao relatar que esse último ficou responsável pela parte superior do mapa, enquanto ele foi responsável pela parte inferior (“*a gente dividiu o assunto e tentou criticar o que o outro fez*”).

C8 alegou ainda que não sentiram falta, em nenhum momento, de esclarecer dúvidas. O que, em princípio, justifica a entrega do acompanhamento em apenas três semanas, sem perguntas, e sem retornar tentativas de discussão levantadas pela pesquisadora, através do ambiente virtual de ensino de aprendizagem. No que se refere a esse acompanhamento, C8 explica-se: “*é lógico, não dava tempo [para entregar semanalmente], mas ainda bem que tu não cobrou, entendesse? Talvez se tu cobrasse mais, talvez a gente fizesse. É ruim quando tu não obriga a pessoa, quando tu não obriga a pessoa se acomoda e então deixa passando*”.

O posicionamento desses alunos torna difícil o estabelecimento de afirmações com relação a sua organização do conhecimento, em termos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, tendo em vista que esses princípios vinculam-se à aprendizagem significativa, que, por sua vez, exige postura diferente da apresentada por eles. Contudo, entre o primeiro e o segundo mapa desses estudantes, observa-se avanços, e um esforço legítimo para cumprir a tarefa.

A figura 6 representa a primeira versão do mapa estruturado por C2 e C8. Observa-se que a questão focal foi diretamente ligada ao mapa. Além disso, constata-se uma assimetria quando Dalton, Platão, Demócrito e Rutherford encontram-se entre os elementos chave e, ao mesmo tempo, Thomson e novamente Rutherford servem como palavras de ligação. A opção dos estudantes por desencadear um ramo do mapa a partir do elemento chave Rutherford, invalida relações como “*carga*

negativa – segundo Thomson era encrustada – carga positiva”, tendo em vista que já houve uma especificação inicial, e portanto, não cabem mais considerações gerais sobre o átomo segundo outros pensadores. Isso não ocorreria se, por exemplo, *átomo* fosse disposto mais acima no mapa. Observa-se ainda uma mistura das concepções de Platão e Aristóteles, quando os alunos dizem que “*Platão – pensava que através – formas geométricas – formam-se 4(5) elementos*”.

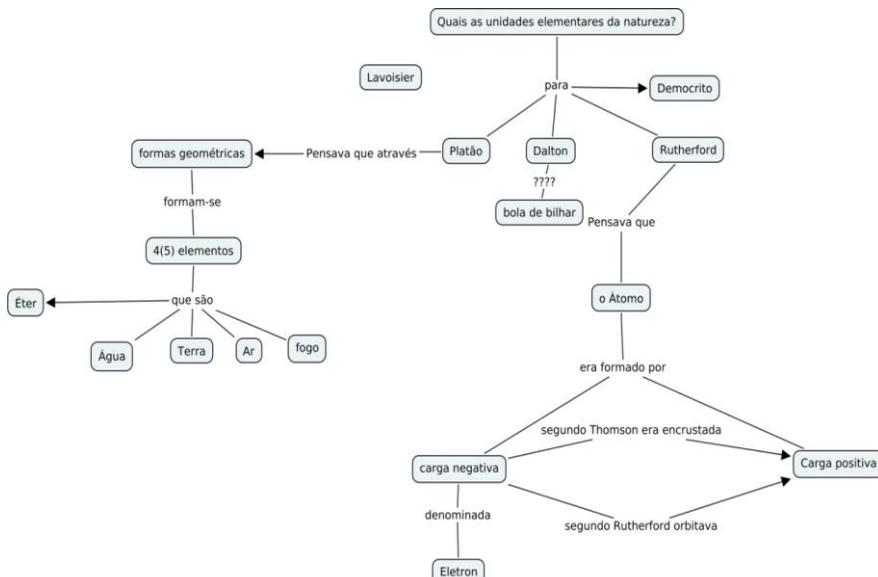


Fig. 6: Mapa conceitual 1 sobre o conceito de partícula - C2 e C8.

Na segunda versão de seu mapa (figura 7), os estudantes C2 e C8 perceberam a influência da temporalidade típica do avançar na história, na representação de um mesmo conceito físico em diferentes momentos. Nesse sentido, optaram por evidenciar a evolução temporal segundo as cores do espectro eletromagnético, sendo vermelhas as concepções mais antigas, e violeta as mais recentes. Nota-se que, mesmo após discussões a respeito do posicionamento da questão focal, ela permanece ligada diretamente ao mapa, que, dessa forma, não traduz de maneira explícita o conceito superordenado ao qual se refere. Nessa versão, foram poucas as palavras de ligação utilizadas pelos estudantes. Assim como na anterior, algumas dessas palavras ainda estavam sendo definidas pela dupla, o que justifica os pontos de interrogação. Novak e Gowin (1984, p. 50) relatam que, quando começaram a trabalhar com mapas

conceituais, raramente rotulavam as linhas entre conceitos, considerando que o leitor do mapa poderia inserir as ligações apropriadas. Entretanto, conforme constatado posteriormente por esses autores Novak e Gowin (1984, p. 50), e exemplificado na figura 7, essa tarefa não é simples; e até mesmo com um bom entendimento de um assunto, nem sempre se é capaz de determinar os significados contidos em um mapa que não expressa proposições.

Por fim, na terceira versão do mapa dos alunos C2 e C8 (figura 8), a questão focal, que como o nome sugere objetiva direcionar a construção do mapa, foi devidamente diposta. Durante o processo, os estudantes perceberam que ela se tornaria mais adequada se escrita da seguinte forma “Quais as unidades elementares da natureza através da história?”. Apesar da temporalidade incutir ao mapa uma certa dinâmica, a questão focal dos estudantes, iniciada por “quais”, leva ao desenvolvimento de relações estáticas, que por sua vez “ajudam a descrever, definir e organizar o conhecimento para um dado domínio” (DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2004, tradução nossa). Em termos hierárquicos, pode-se observar, em geral, três níveis, a começar por “*unidades elementares da natureza*”, seguido pela especificação de quais unidades seriam essas e, por quem foram seus idealizadores ou descobridores. Sobre esse último nível, C8 explica em sua entrevista que a preocupação da dupla foi de mostrar ao leitor do mapa “*onde [como] a procura de informação foi mudando a partir do globo [sic]*”. Percebe-se também no mapa três estilos distintos de linhas sendo uma delas utilizada para enfatizar as ideias do passado, a outra do presente, e a última, ideias que ainda estão por se consolidar.

4.5.2 Mapas sobre o conceito luz

A dupla formada pelos alunos C3 e C10 elaborou seus mapas a partir do conceito conceito de luz. Esses alunos mantiveram contato constante com o professor e a pesquisadora, enviando todos os acompanhamentos semanais, através dos quais expunham suas dúvidas, e também o andamento de seu trabalho, além de serem bastante participativos, em sala de aula.

Sobre a elaboração de mapas conceituais, C3 comenta em entrevista que considerou “*um bom exercício, porque a gente fixa [o conteúdo], e depois a gente pergunta: ‘será mesmo que era isso?’. [...] Acho que é bem legal, demanda tempo, mas fixa*”. C10, diz que construir mapas conceituais “*contribuiu bastante porque realmente teve [sic] que trabalhar o conteúdo [...]. Mexer nos mapas obrigou a ver o que eu realmente entendi e como é que eu organizo esse conhecimento*”. O aluno, afirma: “*consegui aprender, e consegui aprender como eu aprendo [...]. É, entender como faço para organizar as ideias. [...] Às vezes era legal ver as coisas se associando e pensar ‘ah, nem eu sabia que fazia essa associação’, então achei interessante*”. Segundo Novak e Gowin (1984, p. 24) “os mapas de conceitos e o “Vê” heurístico afiguram-se-nos como duas ferramentas úteis para ajudar os estudantes a reflectir sobre a estrutura do conhecimento e sobre o processo de produção do conhecimento, isto é, sobre o metac conhecimento”.

Quanto ao trabalho em grupo, C3 afirma prontamente que “*em dupla sempre tem discussão*”, e C10 complementa dizendo que o trabalho conjunto é relevante “*pela troca de ideias*”. Eles reuniam-se semanalmente para tratar dos mapas, e realizavam a tarefa com antecedência, embora admitam que trabalhavam de forma mais intensa nas semanas de apresentação.

Na primeira versão de seu mapa (figura 9), esses estudantes optaram por representar cada concepção dos filósofos e estudiosos sobre a luz, em ramos distintos, identificados por cores diferentes. Observa-se nesse mapa um grau de detalhamento maior, evidência da diferenciação progressiva.

Novak e Gowin (1984, p. 51) afirmam que, em certos casos, “é útil terminar com setas as linhas que unem conceitos, para mostrar que a relação de significado entre os conceitos e a(s) palavra(s) de ligação se expressa principalmente num dos sentidos”. Esse aspecto foi debatido em sala durante a apresentação dos alunos, tendo em vista que eles pouco direcionaram a leitura de seu mapa, o que ocasionou, já durante a aula, interpretações equivocadas. É o que acontece, por exemplo, na relação “*princípio do mínimo esforço – explica – lei da reflexão*”. Como *Heron de Alexandria* encontra-se desvinculado do conceito de luz, inicialmente, a leitura do mapa seguiria de *Euclides*, passando pelos devidos conceitos e chegando a *Heron*. Nesse caso, a leitura da relação acima fica invertida. Sugeriu-se portanto aos estudantes que estabelecessem as devidas ligações e direcionassem a leitura através de setas, minimizando esse tipo de problema. Os ramos do mapa conceitual que aparecem desvinculados do conceito central, como ocorre com

Pitágoras, evidenciam a necessidade de construir mais de uma versão de um mapa conceitual. Segundo Novak e Gowin (1984, p. 51) “o primeiro mapa conceitual que uma pessoa elabora tem quase sempre falhas [...]”.

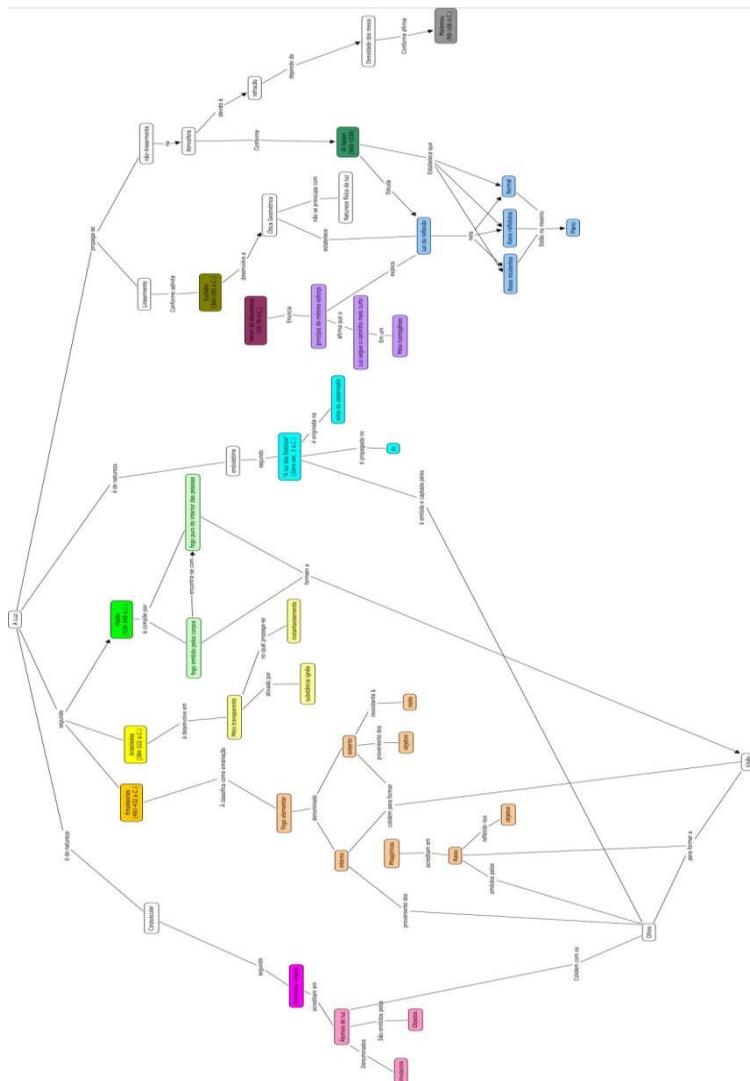


Fig. 9: Mapa conceitual 1 sobre o conceito de luz - C3 e C10.

Conforme avançou-se na história da óptica, os estudantes C3 e C10 ampliaram o domínio de seu mapa, que antes retratava a evolução do conceito até Ptolomeu, e a partir daí, conseguiram enriquecer as relações. Observa-se nessa segunda versão (figura 10) que o mapa da figura 9 passou a ser apenas uma parte do todo, na qual os problemas anteriores foram solucionados. No roteiro para aprendizagem estruturado pelos próprios estudantes, sob influência do sequenciamento do texto e das discussões em sala, que lhes serviu de base, percebe-se que eles partiram do que seria, na analogia mencionada anteriormente, o mapa local, para estruturar o mapa global. Ou seja, a medida que se aprofundam os estudos dos conceitos e teorias em uma estrutura histórico-filosófica, caminha-se para uma organização mais ampla do conhecimento. A opção dos estudantes por utilizar termos como “*Luz dos Pitagóricos*”, “*Luz de Aristóteles*”, “*Luz de Platão*”, ilustra claramente o passado e o futuro de possíveis significados atrelados a um nome, conforme mencionam Safayeni, Derbentseva e Cañas (2003, tradução nossa).

Nesse sentido, a questão focal, que aparece na terceira versão do mapa (figura 11), evidencia seu caráter hierárquico geral, apesar da diferente distribuição de seus ramos. Segundo os estudantes, do topo para a base, identificam-se sob alturas distintas, as concepções mais antigas até as mais recentes. Entretanto, pode-se perceber, em partes específicas, estruturas cíclicas, refletindo relações dinâmicas entre conceitos. Por exemplo, no ramo que trata da concepção newtoniana de luz, encontra-se a seguinte relação: “*grau de refração – das diferentes cores resulta na – aberração cromática*”. Ou seja, os alunos mostram que possíveis mudanças no grau de refração influenciam a aberração cromática.

A partir dos diferentes ramos, que podem ser comparados a pequenos mapas, estabelecem-se as relações cruzadas. Novak e Cañas (2008, tradução nossa) dizem que essas relações permitem perceber “como um conceito representado em um domínio de conhecimento do mapa está relacionado com um conceito apresentado em outro domínio” (NOVAK; CAÑAS, 2008, tradução nossa), fornecendo indícios de reconciliação integrativa.

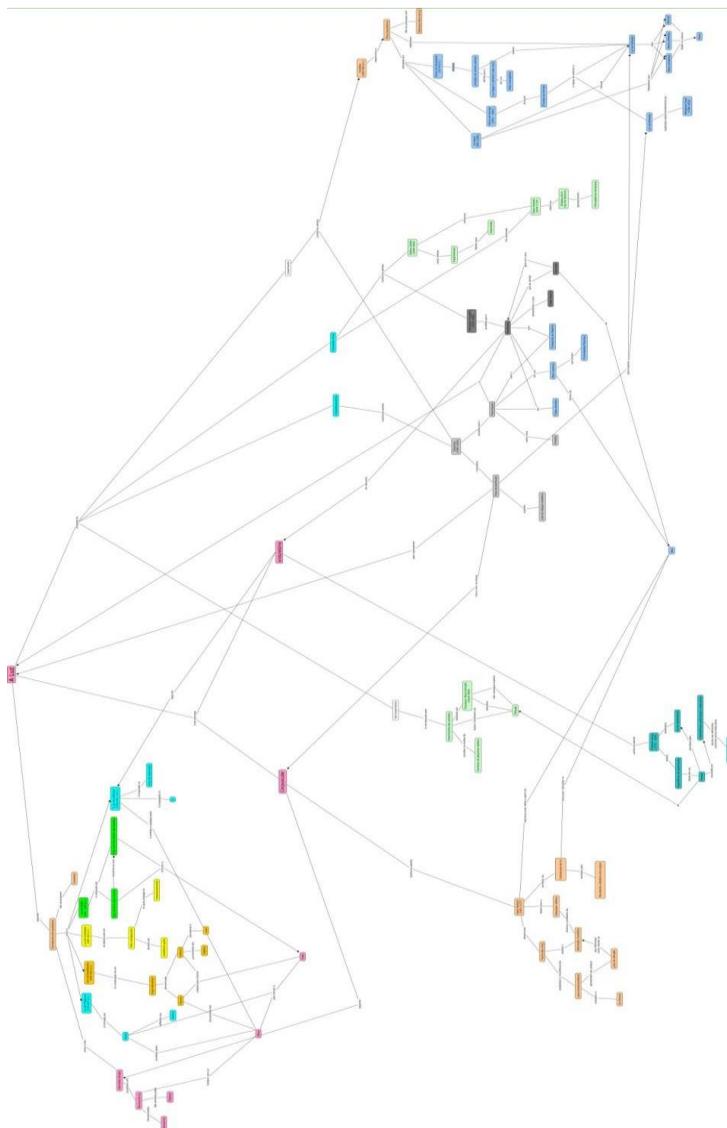


Fig. 10: Mapa conceitual 2 sobre o conceito de luz - C3 e C10.

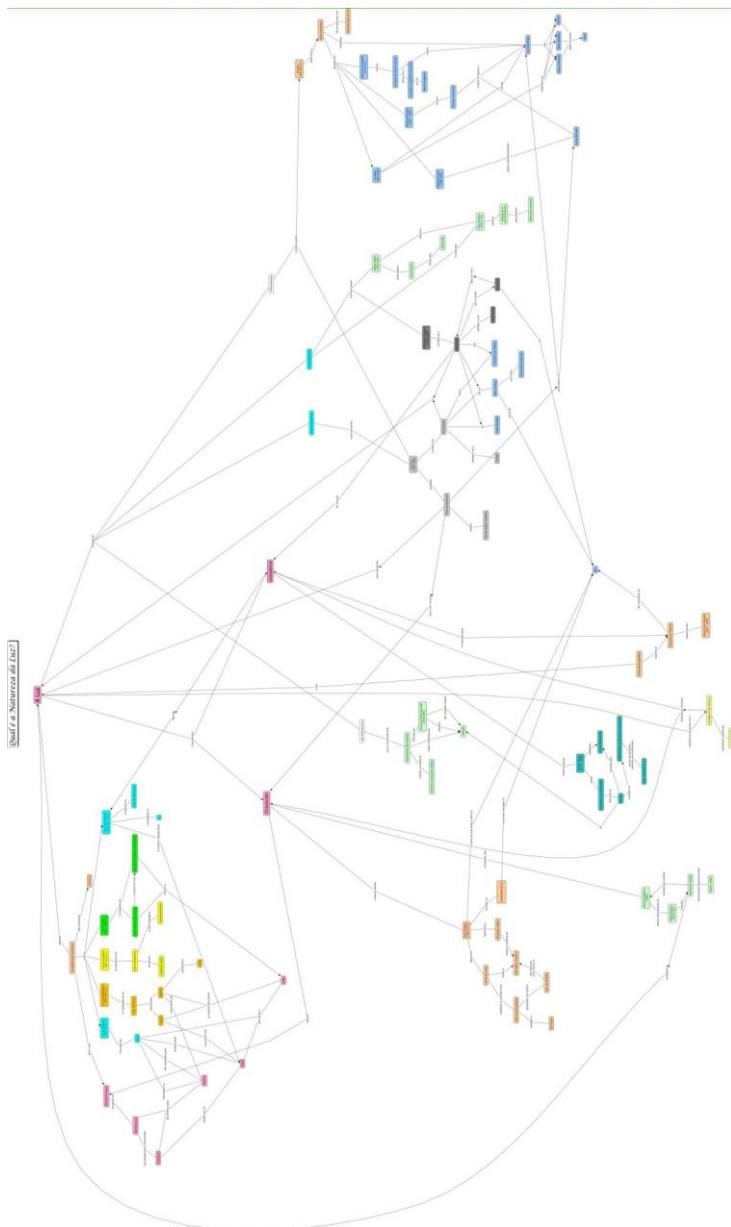


Fig. 11: Mapa conceitual 3 sobre o conceito de luz - C3 e C10.

4.5.3 Mapas sobre o conceito átomo

Os alunos C4 e C9 construíram seus mapas com base no conceito átomo. Eles, como os anteriores, mantiveram contato com a pesquisadora ao longo de todo o semestre, tanto em sala de aula, quanto através do ambiente virtual de ensino e aprendizagem, entregando adequadamente os acompanhamentos semanais.

C4 comenta que, ao fazer mapas conceituais é preciso muita concentração e que *“não tem como [...] reter todo esse conhecimento simplesmente lendo um texto, por exemplo”*. C9 diz que *“a elaboração do mapa sobre a evolução do conceito de átomo ao longo do tempo, sem dúvida orientou o estudo. Foi um estudo orientado, visando responder àquela nossa pergunta inicial, então o aprendizado foi bem significativo”*. No que se refere ao trabalho conjunto, C4 explica que *“cada um fazia o seu [a sua parte do trabalho] em casa e semanalmente a gente se encontrava e fazia a montagem do mapa, as ligações”*.

Logo na primeira semana, os alunos relataram através do acompanhamento semanal, que cada um estava estudando mais a fundo uma parte diferente do texto, e construindo mapas individuais. O que se observa na figura 12 é justamente um mapa que resulta da conexão desses dois, pouco articulado, com diversas repetições. Um deles, incia-se com *“teoria atômica”* e outro com *“século XIX”*. Ao optar por essa estratégia de trabalho, os estudantes estavam, inicialmente, privando-se da discussão na qual ocorre a troca de informações, e também a negociação de significados. Durante a apresentação da versão 1, em sala de aula, explicou-se que, diferentemente dos nomes de personagens da história, datas (como século XVII, XIX) não podem ser consideradas como termos superordandos, mas apresentam grande potencial para direcionar, por exemplo, a representação estética do mapa, como bem se constata nos anteriores. Sugeriu-se que a cronologia poderia ser evidenciada por palavras de ligação, ou da adoção de referências, como o espectro eletromagnético, utilizado pelos alunos C2 e C8. É importante ressaltar que no momento em que a primeira versão dos mapas foi apresentada, ainda não havia sido estudado o texto *“Do átomo grego ao átomo de Bohr”*. Porém, como bem afirma C9, *“foi depois do primeiro mapa [física de Galileu], e da primeira apresentação [versão 1 do mapa sobre o conceito de átomo], que ‘caiu a ficha’”*. C4 faz afirmação semelhante em sua entrevista. Ou seja, até então, esses alunos não haviam compreendido exatamente o papel dos mapas conceituais, na disciplina. Porém, quando começaram a construir seus

mapas, apresentá-los, e assistir às apresentações dos colegas, passaram a entender a proposta de trabalho com essas ferramentas.

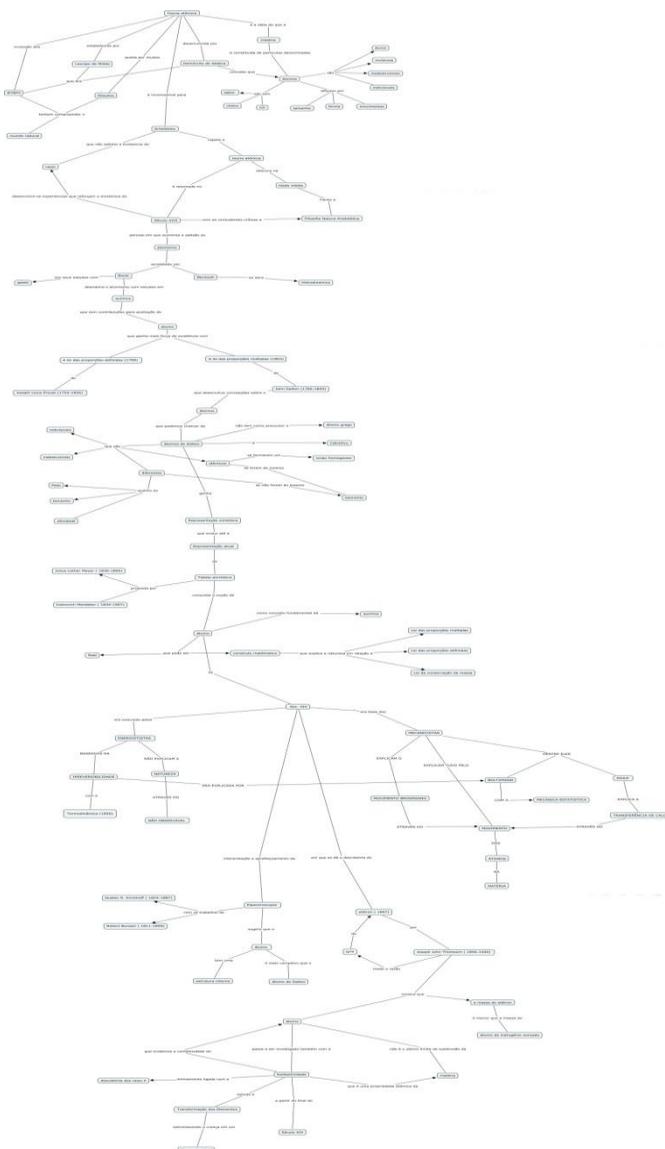


Fig. 12: Mapa conceitual 1 sobre o conceito de átomo - C4 e C9.

Assim, tendo até a data da segunda apresentação estudado mais a fundo a história do átomo, e alterando sua rotina de trabalho, os estudantes estruturaram o mapa apresentado na figura 13. Essa segunda versão evidencia tantos ou mais conceitos quanto a primeira. Porém, a organização é praticamente incomparável com a anterior, assim como a coerência das palavras de ligação, e, por consequência, das relações entre os conceitos. Os estudantes evidenciam as concepções gregas sobre o átomo, e avançam, da esquerda para a direita, até o modelo de Bohr.

Para a terceira versão do mapa (figura 14), C4 e C9 revisaram, refizeram e acrescentaram algumas ligações, como por exemplo “*Rutherford – conclui sobre a existência – do núcleo de carga positiva*”. A questão focal proposta para o mapa, foi “Como se originou, disseminou e modificou o conceito de átomo ao longo do tempo?”, que apresentou uma estrutura tipicamente hierárquica. Porém, dentre os demais, as palavras de ligação presentes nos mapas desses estudantes, acabaram sendo as mais ricas, as que explicitaram mais claramente as relações entre conceitos.

C9, em entrevista, afirma que o mapa de sua dupla “*passa a ideia de que a física não é linear e cumulativa, e que há diversos processos [envolvidos na estruturação dessa ciência]. A gente tentou deixar bem visível isso no nosso mapa*”. Esse aluno, foi o único que expressou a diferença entre o que entendia por mapas no início do semestre, e o que passou a entender, após todo o trabalho. Ele diz: “*de início parecia muito, digamos assim [...] sistemático, parecia realmente [...] mapinhas de conceitos que não traziam uma ideia por trás, não respondiam a uma pergunta. Eu acho que respondendo a uma pergunta ele não é apenas um resumo pra você estudar para uma prova, ele trás todo um, [...] contexto, e ele fica mais rico assim. E pra mim essa é a ideia de mapa, e não simplesmente diferenciar conceitos e procurar palavras de ligação para ligá-los*”. “*A gente não fica procurando as palavras de ligação, elas surgem do contexto*”, acrescenta.

4.5.4 Mapas sobre o conceito éter

Os estudantes C1 e C5 utilizaram o conceito éter como base para seus mapas. Inicialmente, C1 tinha participação ativa nas discussões em sala de aula; C5 era mais contido. Porém, com o passar do tempo, ficou claro para o professor e a pesquisadora, que esses alunos não mais estavam acompanhando a leitura dos textos, e estudando adequadamente seus conteúdos. Esse comportamento reflete-se na pobreza das ligações de seus mapas, uma vez que, para estabelecer relações ricas, é preciso conhecer a fundo determinado assunto.

Entretanto, segundo C1, construir mapas conceituais “*é bom porque você vê os conceitos que estão em diferentes textos, e uma maneira de ligar eles*”. C5 também reconhece que “*ao fazer o mapa é preciso de um bom entendimento do conteúdo. Mas também não é [o mapa] a única forma de eu saber o conteúdo*”. Em tom de crítica, C1 diz que “*o mapa é muito bom mas, só que acho que os mapas muito grandes acabam perdendo um pouco a beleza. Quando o mapa é muito grande acaba envolvendo alguns detalhes que ficariam melhor num texto*”. Sobre o trabalho conjunto, esse aluno ainda afirma que “*como [...] não é simplesmente um relato, e a gente tá respondendo a uma pergunta, a gente não tá fazendo alguma coisa imparcial, tem opinião envolvida, então é um trabalho [...] que mexe bastante com criatividade. Acho que tudo que mexe com criatividade é melhor que duas pessoas façam juntas*”.

Porém, mesmo expressando reconhecimento pela potencialidade dos mapas conceituais, os dois alunos dizem em suas entrevistas que fizeram a tarefa sempre momentos antes das apresentações, fato esse esperado, tendo em vista que eles entregaram apenas dois acompanhamentos semanais. Moreira (2006, p. 16), afirma que

Em Física, como em outras disciplinas, a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos pode ser tomada como exemplo típico de aprendizagem mecânica. Talvez aquela aprendizagem de ‘última hora’, de véspera de prova, que somente serve para a prova, pois é esquecida logo após, caracterize também a aprendizagem mecânica”.

“Evolução dos Conceitos da Física” não contou com provas, mas sim com uma série de avaliações diferenciadas, dentre as quais, a

apresentação dos mapas conceituais. E nesse caso, parafraseando Moreira, talvez aquela aprendizagem de ‘última hora’, de véspera de apresentação de mapa conceitual, caracterize também a aprendizagem mecânica.

A figura 15 representa o primeiro mapa elaborado por C1 e C5. Segundo os estudantes, as cores indicam diferentes níveis de hierarquia entre os conceitos. Em tom provocativo, eles comparam a matéria e a energia escura ao éter do passado, como recurso para salvar as aparências. Alguns equívocos de interpretação são refletidos nesse mapa. Por exemplo, na filosofia aristotélica, o éter foi mais do que uma hipótese. Era o elemento encontrado no mundo supralunar, e do qual os astros eram formados. Outro problema constante no mapa, é a utilização do conceito, éter, como palavras de ligação. Porém, novamente recorre-se a literatura para enfatizar que em um primeiro mapa, ainda existem falhas, porque “pode ter sido difícil mostrar relações hierárquicas importantes entre conceitos, ou podem ter sido colocados alguns conceitos, cujos significados estão intimamente ligados entre si, em lados opostos do mapa, fazendo com que as linhas que os ligam atravessem todo o mapa” Novak e Gowin (1984, p. 51).

Na segunda versão (figura 16), os estudantes ampliam o domínio temporal do mapa, evidenciando novas áreas da física em que o conceito éter apareceu. Contudo, com esse aumento, cresceu também a quantidade de palavras de ligação como “no”, “na”, “da”. Ou seja, palavras que expressam relações superficiais entre os conceitos. Da versão dois para a três (figura 17), poucas alterações foram realizadas no mapa dos estudantes, o que justifica a consideração de que os mesmos ou perderam interesse pela tarefa, ou, o que parece mais provável, tendo em vista o posicionamento favorável aos mapas exposto por eles nas entrevistas, deixaram de cumprir com as leituras, e portanto, não poderiam estabelecer relações mais significativas entre os poucos conceitos que representam em seus mapas.

Considera-se também a possibilidade de que a questão focal, “Será o éter o maior ‘salvador de aparências’¹⁵ da física?” possa ter dificultado o trabalho dos estudantes. Entretanto, todos tiveram oportunidade para discutir suas questões, alterá-las caso sentissem necessidade, e, C1 e C5 nunca procuraram a pesquisadora para manifestar possíveis insatisfações. Esperava-se que, justamente pelo

¹⁵ Nesse caso aparentemente os alunos estão se referindo aos instrumentalistas, os quais sustentavam uma astronomia matemática, e para os quais duas hipóteses diferentes, porém que levem aos mesmos resultados, são igualmente válidas na descrição de um mesmo fenômeno.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa investigação acerca da organização do conhecimento em uma disciplina sobre a história da física, propôs-se aos estudantes a elaboração de mapas conceituais globais, nos termos descritos por Novak e Gowin (1984, p. 58). Através desses mapas, buscou-se contemplar alguns dos conceitos chave da disciplina, de forma a promover uma ampla contextualização histórica dos mesmos.

Reconhecendo que a quantidade de conteúdos abordados na disciplina é bastante extensa, julgou-se coerente que o professor, também autor dos textos nela utilizados, juntamente com a pesquisadora, cujo contato com o material data de sua época de graduação, fizessem a seleção desses conceitos chave, para o desenvolvimento dos mapas conceituais, pelos alunos. Considerou-se que uma atitude como essa exige um olhar maduro sobre o material, construído a partir de inúmeras reflexões e discussões sobre ele.

Um dos argumentos utilizados na descrição dos mapas conceituais, baseou-se na entrega do acompanhamento semanal. Essa atividade foi considerada de grande relevância, por articular um comprometimento por parte dos estudantes e da pesquisadora, que estabeleceu uma avaliação progressiva da tarefa. Nesse processo de interação, foram emitidos diversos pareceres aos estudantes, por escrito, através do AVEA da disciplina nos quais constavam sugestões e orientações tanto a respeito dos temas, quanto da organização dos mapas. Como era de se esperar, as duplas que cumpriram o acordo de trocar informações semanais, foram mais bem sucedidos na tarefa.

No que se refere aos estudantes C6 e C7, que escolheram para desenvolver seus mapas o conceito unificação, é importante salientar que, mesmo com toda a preparação sobre os princípios nos quais os mapas conceituais se fundamentam; com o direcionamento e acompanhamento fornecido pela pesquisadora e pelo professor, eles não conseguiram vencer as dificuldades na utilização dessa ferramenta. Explica-se esse problema pela pouca participação desses estudantes nas discussões em sala, e pelo grande número de faltas. Na interação da pesquisadora com os alunos, constatou-se claramente a ausência de leituras em diversos segmentos da disciplina, e, portanto, a falta de conhecimentos específicos para desenvolver o tema. Quando procurados, em sala, para discutir os mapas, os estudantes manifestavam tranquilidade com relação à tarefa, mesmo diante de resultados

insatisfatórios, o que pode ser um indício do desconhecimento da amplitude da tarefa que lhes foi atribuída.

Porém, nos mapas que foram elaborados pelos demais estudantes, em geral, pode-se notar que a estrutura predominante foi a hierárquica. Todavia, observa-se, por exemplo, na sequência de mapas sobre a luz, em partes isoladas, representações cíclicas. Nesse sentido, lembra-se que, independentemente da estrutura escolhida para os mapas conceituais ser hierárquica (NOVAK; GOWIN, 1984; MOREIRA 2006) ou cíclica (DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2004), essas ferramentas tem um objetivo comum: “representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 31). A partir dessas relações, vinculadas ao nível de aprofundamento dos temas, torna-se possível tecer considerações a respeito da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

Nos mapas sobre o átomo e sobre a luz, elaborados, respectivamente pelas duplas C4 e C9, e, C3 e C10, constata-se um maior detalhamento do tema. Eles também contemplam mais níveis hierárquicos, o que evidencia a diferenciação progressiva desses conceitos principais. Sobre esse aspecto, poderia-se questionar qual a contribuição da diferenciação progressiva de um conceito na forma como era entendido no passado, para a aprendizagem do estudante.

Espera-se que ao aprender de forma significativa, os subsunçores presentes na estrutura cognitiva de um estudante sejam ampliados, em termos de significados. Ou seja, é desejável que um aluno de um curso de física, que se apresenta disposto a aprender significativamente, enriqueça ao longo de determinadas disciplinas, o conceito subsunçor partícula, por exemplo. Tendo em vista que pouco se discute aspectos histórico-epistemológicos em disciplinas do currículo que não são voltadas especificamente para este fim, é natural que esse aluno estabeleça vínculos não literais e não arbitrários entre seu conhecimento prévio sobre partícula, e as novas informações sobre esse conceito, por ele assimiladas a partir do discurso do professor e do material didático utilizado. Nesse material, inclui-se, certamente, pelo menos um livro didático. O conhecimento retratado nesses livros, por questões práticas e estruturação lógica dos conteúdos, é aquele atualmente aceito.

Contudo, conforme Praia, Cachapuz e Gil-Peréz (2002): “Desejável mesmo é que, de algum modo, o professor não assente o seu saber sobretudo na informação, mas que possa também desenvolver conhecimentos e saberes no modo como se investiga, como se faz ciência”. Portanto, considerando que aspectos “sobre” a ciência são igualmente vistos como importantes na formação docente, e também de

cientistas, a representação de sua história, ou parte dela, por meio de mapas, e, por consequência, a diferenciação progressiva dos conceitos do passado, torna-se relevante. Isso porque, com essa diferenciação, o aluno é levado a refletir a respeito dos diversos significados atrelados a um mesmo nome em diferentes momentos históricos. A partir dessa visão geral, o aprendiz pode minimizar possíveis concepções simplificadas dos conceitos, e também compreender, de maneira mais profunda, o surgimento do conceito atual.

As relações cruzadas permitem perceber “como um conceito representado em um domínio de conhecimento do mapa está relacionado com um conceito apresentado em outro domínio do mapa” (NOVAK; CAÑAS, 2008, tradução nossa). Elas consistem em evidências da reconciliação integrativa. Na figura 14, que representa a terceira versão dos mapas sobre o átomo, observa-se, de forma particular, uma relação cruzada, que liga o modelo atômico de Bohr, datado de 1913, à espectroscopia, que tem início com os trabalhos de Kirchhoff e Bunsen. Vínculos desse caráter só são possíveis porque retrata-se no mapa um percurso histórico. Ou seja, em disciplinas exclusivamente conteudistas, dificilmente o material, mesmo que concebido para ser potencialmente significativo, conseguiria conduzir o estudante a compreender a influência dos conhecimentos anteriores, sob o atual. Já a reconciliação integrativa, alcançada pela organização do conhecimento em mapas globais, como os apresentados nesse artigo, pode favorecer essa compreensão.

Portanto, a dinamicidade conferida ao mapa quando esse representa um percurso histórico, enaltece o processo de reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva é favorecida na construção de mapas globais, articulados à história da ciência, tendo em vista que por ela o aprendiz passa a conhecer com maior detalhamento conceitos do passado, e essas novas informações servem de subsídio para então compreender, de forma mais ampla, os conceitos atualmente aceitos.

4.7 REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Educational psychology: a cognitive view. 2nd ed. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1978. Tradução Eva Nick et al., **Psicologia Educacional**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 625 p.

AUSUBEL, D. P.. The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Tradução: Lígia Teopisto. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. 1^a ed. Lisboa: Paralelo Editora, jan. 2003, 226 p.

BACHELARD, G. La Philosophie du Non. Tradução Joaquim José Moura Ramos, **A Filosofia do Não**. Lisboa: Presença, 1988.

CARMO, H.; FERREIRA, M. M. **Metodologia da Investigação**: Guia para Autoaprendizagem. Lisboa: Universidade Aberta, 1998, 353 p.

DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CAÑAS, A. J. **Two strategies for encouraging functional relationships in concept maps**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING, 2. 2006. San José. **Atas...** Costa Rica, 2006.

DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CAÑAS, A. J. **Experiments on the effects of map structure and concept quantification during concept map construction**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING, 1. 2004. Pamplona. **Atas...** Espanha, 2004.

FERREIRA, A. B. H. **Mini Dicionário da Língua Portuguesa**. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993. 577 p.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOWIN, D.B. **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1981.

KUHN, T. S. The structure of scientific revolutions. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeria. **A estrutura das revoluções científicas**. 9ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2007, 260p.

LAKATOS, I. **The methodology of scientific research programmes**. New York: Cambridge University Press, 1978.

LAUDAN, L. **El Progreso y sus Problemas**. Madrid: Encuentro Ediciones, 1977.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. La construction des savoirs: manuel de méthodologie en sciences. Montreal: Chenelière/McGraw-Hill, 1997. Tradução Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: UFMG, 1999, 342 p.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994. 256 p.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia, e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez 1995.

MARTINS, R. A. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. (ed.) 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006, 381 p.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e a sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora UnB, 2006, 186 p.

_____. Mapas Conceituais e Diagramas V. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006a, 103 p.

NICOLODELLI, D.; PEDUZZI, L. O. Q. **Mapas Conceituais em um ambiente virtual de aprendizagem em uma disciplina sobre história da física.** In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE ENSINO DE FÍSICA, 7, 2009, Porto Alegre.

NICOLODELLI, D.; PEDUZZI, L. O. Q. **História da física através de mapas conceituais:** superando dificuldades. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 6, 2010, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, jul 2010. p.23.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC CmapTools. Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008. Disponível em:
<<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em 29 set. 2009.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender.** 1ª edição. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984. 212p.

PEDUZZI, L. O. Q. **Força e movimento: de Thales a Galileu.** Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008a. 160p.

_____. **Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana.** Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008b. 109p.

_____. **Do átomo grego ao átomo de Bohr.** Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008c. 202 p.

_____. **A relatividade einsteiniana**: uma abordagem conceitual e epistemológica. Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008d. 226p.

_____. **Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...** . Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. 216 p.

_____. **Evolução dos Conceitos da Física**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina/ EaD, 2011, 130 p.

PINHEIRO, L. A.; COSTA; S. S. C. Relato sobre a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 101-116, 2009.

PINKER, S. **The Stuff of thought**: language as a window into human nature. United States of America. Viking, 2007. 510 p.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002.

SAFAYENI, F.; DERBENTSEVA, N.; CAÑAS, A. J. **Concept maps**: a theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. Sob revisão. 2003. Disponível em:
<<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/Cyclic%20Concept%20Maps.pdf>> Acesso em: 15/03/2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Carvalho (1992) mostra que a deficiência no conhecimento da matéria de ensino, “é o principal fator que converte o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos dos livros-textos”. Segundo a autora, conhecer a matéria de ensino, implica, dentre outros aspectos, em conhecer a história das ciências, as orientações metodológicas empregadas na construção do conhecimento e as integrações da sua disciplina com o desenvolvimento tecnológico e social da humanidade. Nesse sentido, é legítima a preocupação com a formação inicial de licenciados e bacharéis, de modo a favorecer o entendimento de conceitos e teorias, e também do empreendimento científico.

O conhecimento da história da ciência é relevante para que licenciandos e bacharelados, estudantes de física, compreendam “como a ciência funciona, como é construída, como se desenvolve e quais as repercussões sociais dos achados científicos” (SOLBES; TRAVER, 2003, tradução nossa). Nesse sentido, disciplinas específicas sobre a história e a filosofia da ciência, são essenciais como espaços para discutir tais questões.

Em “Evolução dos Conceitos da Física”, disciplina na qual decorreu a presente pesquisa, investigou-se de que forma a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, da teoria da aprendizagem significativa (TAS), podem contribuir para a organização do conhecimento dos estudantes. Esse problema de pesquisa geral, desencadeou alguns subproblemas, vinculados aos objetivos específicos, os quais foram abordados nos quatro artigos, correspondentes aos capítulos da dissertação.

No artigo 1, analisou-se em que termos se poderia vincular o referencial da teoria da aprendizagem significativa, por meio de mapas conceituais, à história da ciência/física, para favorecer a organização do conhecimento. Nele, são feitas considerações a nível teórico, com destaque para determinadas especificidades advindas da construção de mapas focados na história dos conceitos e teorias físicas. Dentre as particularidades, a que mais se destaca é a presença de termos não conceituais nos mapas, como nomes dos cientistas, mas que, porém, carregam significados e representam ideias superordenadas. Por exemplo, basta falar o nome de Newton, que vem à tona, para um professor de física ou bacharel na área, diversos conceitos de sua física.

Esse aspecto é pouco enfatizado em trabalhos que utilizam mapas conceituais articulados à história da ciência, e sua problematização

constitui o principal componente de novidade do artigo, que atende ao segundo objetivo específico da pesquisa:

- Investigar as potencialidades do uso de mapas conceituais como ferramentas para essa organização.

A possível submissão desse artigo para publicação deve levar em conta que há na literatura um extenso número de trabalhos que apresentam e discutem a teoria da aprendizagem significativa. Além de livros específicos sobre o assunto (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, AUSUBEL, 2003, MOREIRA, 2006, 2006a, MASSINI e MOREIRA 2008), há um sem número de artigos, dissertações de mestrado e teses de doutoramento (ARAGÃO, 1976; BUCHWEITZ, 2001; PELIZZARI et al, 2002; ARRUDA et al., 2004; TAVARES, 2008; ALEGRO, 2008). Entretanto, cabe ressaltar que a descrição detalhada do referencial, no capítulo, fundamenta e justifica as reflexões e as práticas descritas em toda a dissertação.

O artigo 2 foi desenvolvido a partir da indagação a respeito de como seriam concebidas disciplinas similares a “Evolução dos Conceitos da Física”, em outras Instituições de Ensino Superior (IES) do Brasil. Como essa disciplina faz parte de um currículo de um curso de física de uma IES federal, optou-se por direcionar a busca de informações às demais IES dessa esfera, credenciadas ao MEC, deixando de lado as estaduais e particulares. O recorte feito não implica minimizar o valor dessas outras instituições, também expressivas e relevantes na formação de profissionais da área.

Todavia, para a seleção e categorização retratada no segundo artigo, recolheu-se documentos eletrônicos como programas, ementários, grades curriculares e projetos políticos pedagógicos, disponibilizados pelas IES federais, em suas páginas eletrônicas. A partir dessas informações, estabeleceu-se um diagnóstico inicial da situação de presença ou ausência de disciplinas específicas sobre a história e a filosofia da ciência nos cursos de física, tendo em vista a relevância do tema para a formação de licenciandos e bacharelados.

Os dados foram objeto de discussão por mestrandos e doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia. As discussões enfatizaram a complexidade e pertinência do tema, amplamente aberto à pesquisa.

No contexto da dissertação, esse artigo, inédito, serviu para um reconhecimento geral do que se propõe, em teoria, para disciplinas de

caráter histórico-epistemológico em diversas IES. Com ele gerou-se um entendimento mais apurado sobre a importância das investigações conduzidas na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, atendendo-se ao terceiro objetivo específico da pesquisa, qual seja:

- Diagnosticar a situação de presença ou ausência de disciplinas específicas de caráter histórico e/ou epistemológico na formação em física nas Universidades Federais Brasileiras.

O artigo 2 é limitado pelo fato de que as discussões nele presentes, baseiam-se em documentos que não necessariamente refletem a prática efetiva nas disciplinas. Uma sequencia natural desse estudo demandaria contato com as IES envolvidas, e, talvez, observações *in loco*, para coleta de dados mais precisos. Além disso seria adequado a inclusão das IES estaduais e particulares.

A análise teórica a respeito da articulação entre os mapas conceituais e a história da ciência para a organização do conhecimento, no artigo 1, suscitou reflexões que passaram a ser avaliadas na prática, nos artigos 3 e 4. Nesse sentido, considerou-se relevante reconhecer as possibilidades e também as limitações advindas da utilização de mapas conceituais, na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, antes de propor aos estudantes, uma atividade mais abrangente, que envolvesse a utilização dessas ferramentas, no curso de um período mais amplo da história.

No início do segundo semestre de 2009 foi estruturado um ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) para a disciplina. Diante da diversidade de ferramentas, em especial aquelas para interação e representação dos conteúdos, optou-se por avaliar de maneira mais precisa como esse AVEA, juntamente com os mapas conceituais, poderia contribuir para a organização do conhecimento.

Tendo em vista que o referencial educacional adotado para responder a questão de pesquisa foi a TAS, julgou-se relevante determinar, no artigo 3, em que termos um AVEA pode ser concebido como ferramenta potencialmente significativa. Essa discussão mostrou-se relevante considerando que, quando vinculado à disciplina, o ambiente apresentado no artigo passou a ser o espaço formal para disponibilização de todo o conteúdo, bem como para compartilhamento de atividades. Porém, a análise mostrou que ainda muito se pode fazer para utilizar esse AVEA de maneira mais eficiente, em especial no que toca a uma mediação docente mais incisiva do acesso dos estudantes às informações nele dispostas.

O artigo 3 também destacou as estratégias didáticas desenvolvidas ao longo de dois estudos realizados em semestres distintos na disciplina. No conjunto da dissertação, ele se associa ao primeiro, segundo, quarto e quinto objetivos específicos da pesquisa. O segundo objetivo já foi enunciado anteriormente, o primeiro, o quarto e o quinto são, respectivamente:

- Analisar como a teoria da aprendizagem significativa pode contribuir para a organização do conhecimento em uma disciplina sobre a história da física;
- Estruturar e implementar um ambiente virtual de aprendizagem para essa disciplina, visando estender a relação professor-aluno;
- Incentivar a elaboração de mapas conceituais pelos alunos.

Uma vez que os resultados constantes nesse artigo já foram divulgados à comunidade científica, seu caráter inovador reside na preocupação com a utilização de um AVEA, de maneira fundamentada na TAS, e nas discussões sobre as possibilidades e limitações dos vínculos entre os mapas conceituais e um desses ambientes a uma disciplina sobre a história da física.

O quarto e último artigo apresenta o terceiro estudo realizado na disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”. Nele retrata-se os esforços realizados para potencializar uma organização mais ampla do conhecimento, por estudantes, capaz de perpassar a fragmentação comum às disciplinas conteudistas dos cursos de física. Assim, ele se vincula diretamente aos objetivos específicos um, dois e cinco da pesquisa.

No artigo 4, percebe-se que o AVEA aparece como plano de fundo no desenvolvimento das tarefas com mapas conceituais. Inicialmente, esse fato pode ser encarado como contraditório, ponderando-se que a potencialidade de sua inserção na disciplina foi reconhecida no artigo anterior. Diante da amplitude das propostas com mapas conceituais, reservadas para esse terceiro estudo, foi preciso voltar-se constantemente para a troca de informações com os estudantes, bem como para a avaliação de seus mapas. Somente no segundo semestre de 2010, foram examinadas quarenta versões de mapas conceituais, dentre elas as apresentadas no artigo, e outras intermediárias, discutidas cuidadosamente com os estudantes ao longo da disciplina.

Para evitar-se cair em uma investigação superficial dos dois ramos desse estudo (AVEA e mapas), a opção considerada mais

adequada foi a de limitar a mediação docente na utilização do AVEA. Desse modo, acredita-se ter alcançado de forma mais adequada os objetivos propostos inicialmente para a investigação.

Na introdução da dissertação, foram mencionados diversos aspectos favoráveis à formatação do trabalho em artigos. Aponta-se agora algumas limitações encontradas diante dessa escolha. Uma constatação importante foi a de que em uma dissertação, é essencial o detalhamento do referencial teórico. Entretanto, diante de um tema já bastante tratado na literatura, como é a teoria da aprendizagem significativa, é preciso balizar os prós e contras de uma discussão tão minuciosa.

De forma geral, os artigos ficaram bastante extensos. Isto em princípio pode representar uma certa incoerência, tendo em vista que se está exercitando a escrita nesse formato. Porém, mesmo diante dessa dificuldade, a experiência e o amadurecimento adquiridos com esse exercício prevaleceram e são insubstituíveis.

Os mapas conceituais apresentados no artigo 4, encontram-se na seção “Materiais Complementares” dos ambientes virtuais da disciplina “Evolução dos Conceitos da Física”, ministrada no primeiro semestre de 2011, tanto na modalidade presencial quanto na EaD. A ideia é que os mapas sejam vistos como organizadores prévios, que, conforme explica Moreira (2009), têm a função “de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa”. Essa e outras possibilidades sem dúvida, abrem novas perspectivas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALEGRO, R. C. Conhecimento prévio e aprendizagem significativa de conceitos históricos no ensino médio. 2008, 239 p. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Estadual Paulista. Marília, 2008.

ARAGÃO, R. M. R. A teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel: sistematização dos aspectos teóricos fundamentais. 1976, 92 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1976.

ARRUDA, S. M. et al. Da aprendizagem significativa a aprendizagem satisfatória na educação em ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, p. 194-223, ago 2004

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology**: a cognitive view. 2nd ed. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1978. Tradução Eva Nick et. al., Psicologia Educacional. 1 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 625 p.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Tradução: Lígia Teopisto. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. 1^a ed. Lisboa: Paralelo Editora, jan. 2003, 226 p.

BUCHWEITZ, B. Aprendizagem significativa: ideias de estudantes concluintes de curso superior. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 133-141, 2001.

CARVALHO, A. M. P. Reforma nas licenciaturas: a necessidade de uma mudança de paradigma mais do que mudança curricular. **Em Aberto**, ano 12, n. 54, abr/jun 1992.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. 1^a ed. São Paulo: Vetor, 2008, 295 p.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e a sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora UnB, 2006, 186 p.

_____. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006a, 103 p.

_____. **Subsídios didáticos para o professor pesquisador em ensino se ciências**: mapas conceituais, diagramas V e organizadores prévios. 1^a ed. Porto Alegre, 2009, 46. Disponível em: <
<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em: 28 de maio de 2010.

PELIZZARI, A. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul 2002.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Against a negative image of science : history of science and the teaching of physics and chemistry. **Science & Education**, v. 12, p. 703-717, 2003.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**, v. 13, n. 1, p. 94-100, 2008.