



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE EDUCAÇÃO-FACED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO

MÁRIO JORGE NUNES COSTA

**REALIZAÇÃO DE PRÁTICA DE FÍSICA EM BANCADA E SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL PARA PROMOVER O DESENVOLVIMENTO DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E COLABORATIVA**

FORTALEZA

2013

MÁRIO JORGE NUNES COSTA

**REALIZAÇÃO DE PRÁTICA DE FÍSICA EM BANCADA E SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL PARA PROMOVER O DESENVOLVIMENTO DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E COLABORATIVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Educação, referente à linha de pesquisa Currículo e ao eixo temático Ensino de Ciências, sob a Orientação do Prof. Dr. Julio Wilson Ribeiro.

FORTALEZA-CEARÁ

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências Humanas

-
- CS74r Costa, Mário Jorge Nunes.
Realização de prática de física em bancada e simulação computacional para promover o desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa / Mário Jorge Nunes Costa. – 2013.
220 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Educação brasileira.
Orientação: Prof. Dr. Julio Wilson Ribeiro.
1. Ausubel, David Paul, 1918-2008. 2. Psicologia da aprendizagem. 3. Trabalho de grupo na educação – Conjunto Ceará(Fortaleza, CE). 4. Aprendizagem por atividades – Conjunto Ceará(Fortaleza, CE). 5. Atividades criativas na sala de aula. 6. Física – Conjunto Ceará(Fortaleza, CE) – Ensino auxiliado por computador. 7. Física – Estudo e ensino – Conjunto Ceará(Fortaleza, CE). I. Título.

CDD 530.7128131

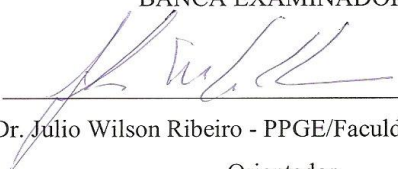
MÁRIO JORGE NUNES COSTA

**REALIZAÇÃO DE PRÁTICA DE FÍSICA EM BANCADA E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL
PARA PROMOVER O DESENVOLVIMENTO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E
COLABORATIVA**

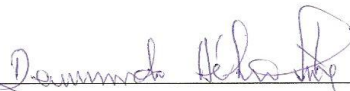
Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Educação e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Ceará.

Mário Jorge Nunes Costa

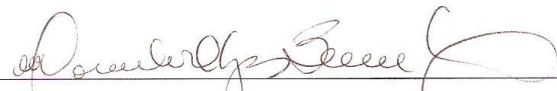
BANCA EXAMINADORA



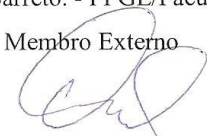
Prof. Dr. Julio Wilson Ribeiro - PPGE/Faculdade de Educação/UFC
Orientador



Prof. Dr. Raimundo Hélio Leite - PPGE/Faculdade de Educação/UFC
Membro Interno



Prof. Dra Marcília Chagas Barreto. - PPGE/Faculdade de Educação/UECE
Membro Externo



Prof. Dr. Paulo Speller - Reitor/UNILAB
Membro Externo

Fortaleza, 25 de Janeiro de 2013

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Julio Wilson Ribeiro, por sua nobre e valiosa orientação, bem como otimismo, exemplo de vida, apoio, amizade e incentivo em todos os momentos do desenvolvimento desta pesquisa;

À SEDUC, Secretaria da Educação Básica do Estado do Ceará, por conceder-me licença para cursar o mestrado e permitir a conclusão desta dissertação;

A todos os funcionários e alunos do programa de Pós-Graduação da FACED/UFC, pelo apoio e orientações de que necessitei ao longo do curso;

A todos os professores do programa de Pós-Graduação da FACED/UFC, por seus ensinamentos e contribuições valiosas;

À EEFM Dr. Gentil Barreira, em especial a Jair Lima Fonseca, pelo consentimento e apoio ao desenvolvimento desta pesquisa nas dependências da escola e ao CEJA José Walter, pelo acolhimento e inclusão em seu quadro de professores;

Aos meus pais, por me conceder todo carinho e apoio de que precisei;

Ao meu irmão Paulo Rogério, pelo apoio ao longo do desenvolvimento da pesquisa de campo;

À minha amada Sandra Helena, por seu amor e carinho de que tanto precisei durante a conclusão desta pesquisa e no qual quero me fortalecer;

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

“Nossos sonhos são os mesmos
há muito tempo, mas não há
mais muito tempo pra sonhar”

**(A Revolta dos Dândis II-
Engenheiros do Hawaii)**

RESUMO

A avaliação educacional brasileira, segundo o PISA, se reflete no quadro de desigualdades econômicas e sociais vivenciadas entre os hemisférios norte e sul planetários. A presente pesquisa objetiva investigar, de que maneira, a concepção e realização de uma atividade pedagógica colaborativa de experimentação de bancada, apoiada por atividades pedagógicas de simulação e modelagem computacional, pôde contribuir para favorecer o desenvolvimento do processo de aprendizagem significativa. As atividades foram efetivadas enfatizando-se a construção e (re) significação de conceitos de física, especificamente no tema eletricidade e circuitos elétricos. Foram inicialmente verificados os conhecimentos prévios dos alunos, através da aplicação de questionários de sondagem de conhecimentos. Em seguida, se realizaram aulas teóricas, com foco na formação de organizadores prévios. Em seguida, promoveram-se atividades fazendo uso pedagógico de software educacionais de simulação e modelagem de circuitos de resistores elétricos, *PhET e Crocodile*, quando os alunos inter-relacionaram e/ou (re) significaram conceitos. Para tanto, vivenciaram e realizaram as medições de grandezas elétricas e demais atividades propostas, sob a mediação do presente Professor-Pesquisador. Numa etapa consecutiva, os alunos realizaram a prática de experimentação de bancada, relacionada ao mesmo tema anterior de circuitos elétricos, para (re) significar os conhecimentos dos alunos, partindo do estudo do brilho de lâmpadas. Em todas as atividades laboratoriais, foram utilizados instrumentos de coleta de dados do tipo: gravações de áudio e vídeo; respostas e relatos escritos pelos alunos nos roteiros das atividades de simulação e modelagem computacional, atividade experimental de bancada e questionários de sondagem de conhecimentos prévios e avaliação da prática pedagógica. A pesquisa classifica-se como qualitativa, exploratória e pesquisa-ação. No referencial teórico-metodológico, destacam-se, como principais contribuições, os pressupostos de: Dorneles, Araújo, Veit, no uso de software de simulação e dificuldades de aprendizagem; Ribeiro *et al.*, nos aspectos da integração de laboratórios de experimentação e simulação, para facilitar o desenvolvimento da aprendizagem colaborativa, na qual destacam-se Ausubel, Novak e Valente; Moraes, Galiazzi e Okada, quanto ao mapeamento cognitivo da análise textual discursiva; e Almeida, Prado e Góes, quanto à análise qualitativa de dados multidimensionais, com o uso *do software CHIC*. Sem perda de generalidade, a análise dos dados de campo evidencia preliminarmente que: as atividades de simulação e modelagem computacional contribuíram para a formação de organizadores prévios relativos a conceitos de eletricidade, leitura e interpretação de medidas elétricas. Posteriormente, a atividade de experimentação auxiliou os alunos a (re) significarem os conhecimentos de eletricidade e circuitos elétricos, as atividades de leitura, medição e interpretação de grandezas elétricas, auxiliando o desenvolvimento da aprendizagem significativa. A análise dos resultados também revela indícios que, com a integração entre as atividades de experimentação de bancada e softwares de simulação e modelagem computacional, os alunos, de forma colaborativa e minoritariamente cooperativa, (re) significaram e reelaboraram conhecimentos relativos a circuitos elétricos de resistores, porém, em determinados momentos, caracterizavam dificuldades de aprendizagem, pois não conseguiam expressar suas concepções e argumentações, de maneira a se apropriar corretamente dos conceitos de eletricidade.

Palavras-Chave: Aprendizagem Ausubeliana e Colaborativa; Integração dos Laboratórios de Informática e Experimentação; Simulação e Modelagem; *Software PhET e Crocodile*; *Software* de Mapeamento *CHIC*; Circuitos Elétricos; Análise Textual Discursiva; Análise Qualitativa Multidimensional.



ABSTRACT

The evaluation of Brazil, according to the PISA, is reflected in the framework of economic and social inequalities lived between northern and southern hemispheres planetary. This research aims to investigate, how the design and implementation of a collaborative pedagogical activity bench trial, supported by educational activities of computer modeling and simulation, could help foster the development of the learning process meaningful. The activities were effected emphasizing the construction and (re) signification of physics concepts, specifically on the theme electricity and electrical circuits. Were initially checked the prior knowledge of students through questionnaires probing knowledge. Then, lectures were held, focusing on training of previous organizers. Then, were promoted educational activities making use of educational software modeling and simulation of electrical circuits resistors, *PhET and Crocodile*. Students inter-related and / or (re) signified concepts, for both, lived and performed measurements of electrical and other proposed activities, under the mediation of this Teacher-Researcher. In a consecutive step, students underwent practical testing bench, related to the previous theme of electrical circuits to (re) define students' knowledge. In all laboratory activities, instruments were used to collect data such as: audio and video recordings; responses and reports, written by students, activities in the roadmap simulation and computational modeling; bench and experimental activity questionnaires probing prior knowledge and assessment of teaching practice. The research is classified as qualitative, exploratory and action research. In reference theoretical and methodological of this research, stand out as major contributions to the assumptions: Dorneles, Araújo, Veit, Borges, in the use of simulation software and learning difficulties; Ribeiro et al., aspects of the integration of laboratory experimentation and simulation, to facilitate the development of meaningful learning and collaborative, in which we highlight Ausubel, Novak and Valente; Moraes, and Okada Galiazzi, on the cognitive mapping of textual analysis discursive text; Almeida and Prado, as to the qualitative analysis of multidimensional data, using the software CHIC. Without loss of generality, analysis of the field data is preliminary evidence that: activities of computational modeling and simulation contributed to the formation of concepts related to previous organizers of electricity, reading and interpreting electrical measurements. After, the bench trial activity helped students (re) signify the knowledge of electricity and electrical circuits, reading activities, measurement and interpretation of electrical, aiding the development of meaningful learning. The results also show that the integration between testing and bench simulation software and computational modeling, students were able, collaboratively and in a minority cooperative, re-signified and re-drafted knowledge of the electrical circuits of resistors, however, at certain times, characterized learning difficulties, because they could not express their views, in order to correctly appropriating concepts of electricity.

Keywords: Collaborative and Meaningful Learning; Integration of Computer and Experimentation Labs; Modeling and Simulation; Software PhET and Crocodile; Mapping software CHIC; Electrical Circuits; Discursive Textual Analysis; Multidimensional Qualitative Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração	Legenda	Pg
Figura i1	Mapa conceitual representando a estrutura da introdução da Dissertação.	19
Figura i2	Mapa conceitual representando a estrutura da Dissertação.	35
Figura 1.1	Mapa conceitual referente a organização do referencial teórico.	38
Figura 1.2	Organização hierárquica de conceitos, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1968).	40
Figura 1.3	Fases do processo de assimilação de significados segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1968).	42
Figura 1.4	Diagrama V de Gowin descrevendo experimento de Biologia.	46
Figura 1.5	Ciclo espiral da aprendizagem de Valente em um ambiente colaborativo.	59
Figura 1.6	Condutor AB atravessado por uma corrente de intensidade i , em um circuito elétrico simples.	65
Figura 1.7	Modelo de circuito elétrico com resistências associadas em série.	66
Figura 1.8	Modelo de circuito elétrico com resistências associadas em paralelo.	67
Figura 1.9	Modelo de circuito elétrico com resistores associados de forma mista.	67
Figura 1.10	Modelo de Multímetro.	69
Figura 1.11	Circuitos teste para verificar dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial.	73
Figura 1.12	Circuitos teste para verificar dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial.	73
Figura 1.13	Circuitos teste para verificar dificuldades de aprendizagem quanto ao conceito de resistência elétrica.	74
Figura 1.14	Mapa conceitual referente a síntese do referencial teórico da Dissertação.	76
Figura 2.1	Mapa conceitual referente à metodologia da pesquisa.	78
Figura 2.2	Aplicativo PhET simulador de circuitos elétricos de resistores <i>Circuit Construction kit dc</i> .	88

Figura 2.3	Simulador de circuitos elétricos <i>Crocodile Physics</i> .	90
Figura 2.4	Mapa conceitual referente às fases e ações desenvolvidas na pesquisa de campo.	94
Figura 2.5	Árvore de similaridade para um conjunto de variáveis analisadas pelo software <i>CHIC</i> .	98
Figura 2.6	Tabela Excel com conjunto de variáveis binárias a ser tratada pelo software <i>CHIC</i> .	100
Figura 2.7	Árvore de similaridade obtida como saída de dados tratados pelo software <i>CHIC</i> , com divisão em classes e subclasses.	101
Figura 3.1	Mapa conceitual relativo ao capítulo de resultados e discussão.	105
Figura 3.2	Foto dos alunos respondendo ao questionário de conhecimentos prévios sobre associação de resistores elétricos durante a pesquisa de campo.	106
Figura 3.3	Arranjos de circuitos de resistores elétricos concernentes a questão 1 do questionário de sondagem de conhecimentos prévios.	107
Figura 3.4	Arranjo de circuito de resistores elétricos concernentes a questão 4 do questionário de sondagem de conhecimentos prévios.	110
Figura 3.5	Circuito teste utilizado no questionário de conhecimentos prévios, para investigar dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos de resistência elétrica e resistência elétrica equivalente.	111
Figura 3.6	Circuito teste utilizado no questionário de conhecimentos prévios, para investigar dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial elétricos.	111
Figura 3.7	Circuito teste utilizado no questionário de conhecimentos prévios, para investigar dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial elétricos.	112
Figura 3.8	Foto de aula teórica sobre associação de resistores elétricos desenvolvidas durante a pesquisa de campo	114
Figura 3.9a	Esquema do circuito de resistores correspondente a atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.1.	116
Figura 3.9b	Representação imagética do circuito de resistores da atividade de simulação computacional 2.2.1.	116
Figura 3.10	Foto dos alunos executando atividades de simulação computacional durante a pesquisa de campo sobre associação de resistores elétricos.	117

Figura 3.11a	Esquema do circuito de resistores que corresponde a atividade de simulação computacional 2.2.2.	121
Figura 3.11b	Representação imagética do circuito de resistores da atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.2.	122
Figura 3.12a	Esquema do circuito de resistores que corresponde a atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.3.	124
Figura 3.12b	Representação imagética do circuito de resistores da atividade de simulação computacional 2.2.3.	125
Figura 3.13	Representação imagética da segunda versão do circuito de resistores da atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.2.	128
Figura 3.14	Circuitos contendo lâmpadas em série e paralelo para ativar conhecimentos prévios na atividade experimental de bancada.	129
Figura 3.15	Esquema representativo do circuito real utilizado na atividade experimental de bancada.	130
Figura 3.16	Foto dos alunos realizando experimentação de bancada sobre associação de resistores elétricos durante a pesquisa de campo.	131
Figura 3.17	Árvore de similaridade relativa ao conjunto de conhecimentos desenvolvidos nas atividades de simulação computacional e de experimentação de bancada.	143
Figura 3.18	Classe 1 da árvore de similaridade 1- Desenvolvendo conhecimentos prévios com as atividades de simulação computacional	147
Figura 3.19	Sub-Classe 1a da árvore de similaridade 1- aprendizagem colaborativa.	148
Figura 3.20	Sub-Classe 1b da árvore de similaridade 1- aprendizagem significativa através da interação com os softwares de simulação computacional.	154
Figura 3.21	Classe 2 da árvore de similaridade 1-desenvolvendo conhecimentos prévios com a experimentação de bancada.	162
Figura 3.22	Sub-Classe 2a da árvore de similaridade 1- aprendizagem por descoberta.	163
Figura 3.23	Sub-Classe 2b da árvore de similaridade 1- aprendizagem significativa e colaborativa por meio da experimentação de bancada.	167
Figura 4.1	Mapa conceitual apresentando a estrutura do capítulo de conclusões e sugestões da pesquisa.	191

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Legenda	Pg
Gráfico 1	Distribuição percentual da renda familiar per capita, por quintos de rendimento – Brasil – 2001- 2009.	20
Gráfico 2	Proporção das pessoas de 18 a 24 anos economicamente ativas com 11 anos de estudo e com mais 11 anos de estudo- Brasil- 1999-2009.	21
Gráfico 3	Pontuação dos alunos brasileiros na avaliação PISA na área de Ciências, nos anos de 2003, 2006 e 2009.	23
Gráfico 4	Pontuação do Brasil em Matemática e comparação do mesmo com relação a outras nações participantes do PISA-2006.	24
Gráfico 5	Pontuação do Brasil em Leitura em Língua Nativa e comparação do mesmo com relação a outras nações participantes do PISA-2006.	24
Gráfico 6	Pontuação do Brasil em Ciências e comparação do mesmo com relação a outras nações participantes do PISA-2006.	25
Gráfico 7	Perfil de respostas atribuídas pelos alunos para a questão 01 do questionário de avaliação da prática pedagógica.	174
Gráfico 8	Perfil de respostas atribuídas pelos alunos para a questão 02 do questionário de avaliação da prática pedagógica.	176

LISTA DE TABELAS

Tabela	Legenda de Tabelas	Pg.
Tabela 1	Categorias emergidas dedutivamente da análise dos registros de dados referentes às atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e prática experimental de bancada e seus respectivos descritores.	137-138
Tabela 2	Categorias emergidas indutivamente da análise dos registros de dados referentes às atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e prática experimental de bancada e seus respectivos descritores.	138-141
Tabela 3a	Categorias emergidas a partir de respostas que os alunos apresentaram para a questão 3 do questionário de avaliação da prática pedagógica.	178-179
Tabela 3b	Categorias emergidas a partir de respostas que os alunos apresentaram para a questão 3 do questionário de avaliação da prática pedagógica.	179
Tabela 4	Categorias de respostas que os alunos apresentaram para a questão 4 do questionário de avaliação da prática pedagógica.	185

LISTA DE QUADROS

Quadro	Legenda	Pg
Quadro 1a	Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico do laboratório de experimentação de bancada como recurso de motivação da aprendizagem de física.	56
Quadro 1b	Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico do laboratório de experimentação de bancada como recurso de facilitação da aprendizagem de física.	56
Quadro 2a	Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico de softwares de simulação/modelagem computacional como recurso de motivação da aprendizagem de física.	63
Quadro 2b	Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico de softwares de simulação/modelagem computacional como recurso de facilitação da aprendizagem de física.	63-64
Quadro 3	Síntese das dificuldades de aprendizagem dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica.	70-71
Quadro 4	Classes e Subclasses identificadas na árvore de similaridade.	145
Quadro 5	Síntese da análise das categorias da árvore de similaridade.	171-173
Quadro 6	Síntese da análise da fase 3 da prática pedagógica.	189

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Sigla	Significado	Pg
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano.	19
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.	19
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.	20
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico.	22
CAPES	Comitê de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.	22
PISA	Program for International Student Assessment.	22
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.	26
UFC	Universidade Federal do Ceará.	27
SEDUC	Secretaria da Educação Básica do Estado do Ceará.	28
UECE	Universidade Estadual do Ceará.	28
FACED	Faculdade de Educação.	28
PPGE	Programa de Pós-Graduação em Educação.	28
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.	51
PCNEM+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.	51
EEFM	Escola de Ensino Fundamental e Médio.	83
CHIC	Classificação Hierarquica Implicativa e Coersitiva.	96
PUCSP	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.	99

SUMÁRIO

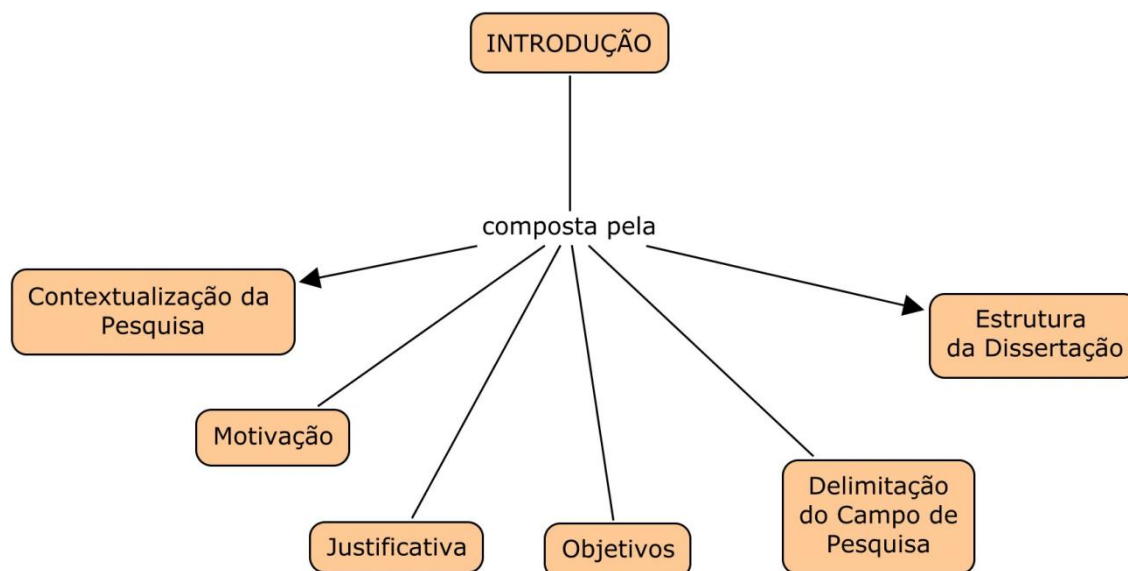
Lista de Ilustrações	
Lista de Gráficos	
Lista de Tabelas	
Lista de Quadros	
Lista de Abreviaturas e Siglas	
Lista de Ilustrações	
Introdução	19
Motivação, Justificativa e Delimitação do Campo de Pesquisa	27
Objetivos	33
Estrutura da Dissertação	35
1.Referencial Teórico e Revisão Bibliográfica	38
1.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Novak e Hanesian	39
1.1.1 Conceito de Aprendizagem Significativa Ausubeliana	39
1.1.2 Aprendizagem Significativa versus Aprendizagem Mecânica	40
1.1.3 Aprendizagem por descoberta e aprendizagem por Recepção	40
1.1.4 Organizadores Prévios	41
1.1.5 Processo de Assimilação de Significados	41
1.1.6 Diferentes formas hierárquicas de relacionar novas informações a idéias existentes na estrutura cognitiva	42
1.1.7 Condições para Ocorrência de Aprendizagem Significativa	43
1.1.8 Princípios Programáticos Facilitadores da Aprendizagem Significativa	43
1.1.9 Estratégias e Instrumentos Facilitadores da Aprendizagem Significativa	44
1.2 A Aprendizagem Colaborativa	47
1.3 O papel do Laboratório de Experimentação Científica na facilitação da Aprendizagem de Física	48
1.4 Uso pedagógico do laboratório de informática e de softwares de simulação/modelagem computacional na aprendizagem de Física/Ciências	57
1.5 Associação de Resistores Elétricos e Medição Simples	64
1.5.1 Conceito de Resistência Elétrica	64
1.5.2 Lei de Ohm para Resistores	65
1.5.3 Associação de Resistências	66
1.5.4 Instrumentação e Medidas Elétricas de Circuitos Elétricos	68
1.5.5 Potência Dissipada por uma Resistência Elétrica (Efeito Joule)	69
1.6 Dificuldades de Aprendizagem quanto aos Conceitos de Corrente Elétrica, Diferença de Potencial e Resistência	70

Elétrica	
1.7 Correlações entre os autores estudados e Síntese do Referencial Teórico da Dissertação	74
2 Metodologia	77
2.1 Classificação da Pesquisa	79
2.1.1 Quanto à Finalidade	80
2.1.2 Quanto a Abordagem do Problema	80
2.1.3 Quanto aos Níveis	80
2.1.4 Quanto aos Procedimentos Técnicos	81
2.2 Fases e ações de Desenvolvimento da Prática Pedagógica	83
2.2.1 Fase 1- Sondagem de Conhecimentos Prévios concernentes ao tema Associação de Resistores Elétricos	84
2.2.2 Fase 2- Construção e consolidação de conhecimentos concernentes ao tema associação de resistores elétricos	85
2.2.3 Fase 3- Avaliação dos alunos da prática pedagógica	93
2.3 Análise e Interpretação de dados	94
3 Resultados e Discussão	102
3.1 Fase 1: ação 1.1: Discussão dos conhecimentos prévios dos alunos relativos ao tema resistores e suas associações	106
3.2 Fase 2: Construção e consolidação de conhecimentos de eletricidade e associação de resistores elétricos	112
3.2.1 Fase 2: ação 2.1 - Promover aulas teóricas para (re) significar e consolidar conceitos	112
3.2.2 Fase 2: ação 2.2 - Atividades de simulação e modelagem computacional concernente ao tema associação de resistores elétricos	114
3.2.3 Fase 2: ação 2.3- Execução de prática experimental de bancada e análise de resultados relativo ao tema resistores e suas associações	128
3.3 Análise qualitativa multidimensional da prática pedagógica, numa perspectiva da análise textual discursiva	135
3.3.1 Obtenção das categorias representativas da prática pedagógica através do uso da técnica da análise textual discursiva	135
3.3.2 Análise qualitativa de dados multidimensionais, inter-relacionado as atividades de simulação e modelagem ASMC 2.2.1 e 2.2.2 e de prática experimental de bancada, concernentes à fase 2 da prática pedagógica	142
3.4 Fase 3: Ação 3.1- Avaliação pelos alunos da prática pedagógica	173
3.4.1 Análise das respostas dos alunos relativa ao questionário de avaliação da prática pedagógica	174
4 Conclusões e Sugestões	191
5 Referências Bibliográficas	198
6 Referências de Sites	210
Apêndices	211
Apêndice A-Questionário para sondar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre o tema associação de resistores aplicado na fase 1 da prática pedagógica	212
Apêndice B- Mapa conceitual resumo sobre associação de	215

resistores elétricos utilizado na fase 2 da prática pedagógica	
Apêndice C- Atividades de simulação e modelagem computacional da prática pedagógica, concernente a associação de resistores elétricos, desenvolvidas durante a fase 2, ação 2.2 e respectivas atividades de simulação e modelagem computacional ASMC 2.2.1, ASMC 2.2.2 e ASMC 2.2.3	216
Apêndice D – Roteiro da prática experimental de bancada relativa ao problema do brilho das lâmpadas elétricas desenvolvida na fase 2 da experiência pedagógica	219
Apêndice E – Questionário de avaliação aplicado na fase 3 da experiência pedagógica	220

INTRODUÇÃO

Figura 11: Mapa representando a estrutura da introdução da Dissertação



Numa visão de cenário geral, a educação retrata como uma de suas principais funções promover a dignidade sócio-econômica, observando-se que indivíduos de melhor nível de escolarização tendem a galgar maiores possibilidades de inserção no mercado de trabalho, o que é retratado a nível internacional (RIBEIRO *et al.*, 2011; RIBEIRO, 2012). Um exemplo disto é a Coreia do Sul, que na década de 1950 apresentava índices de desenvolvimento sócio-econômico inferiores aos do Brasil, configurando-se como um país pobre e de economia agrária, e que após um período de 40 anos de maciços investimentos em educação, apresentava-se como país desenvolvido e exportador de produtos de alta tecnologia tais como: aparelhos eletrônicos e automóveis. Segundo o relatório do programa das nações unidas para o desenvolvimento, a Coreia do Sul possuía em 2011, o 15º melhor IDH (índice de desenvolvimento humano que mede expectativa de vida, educação e produto interno bruto per capita) do mundo¹

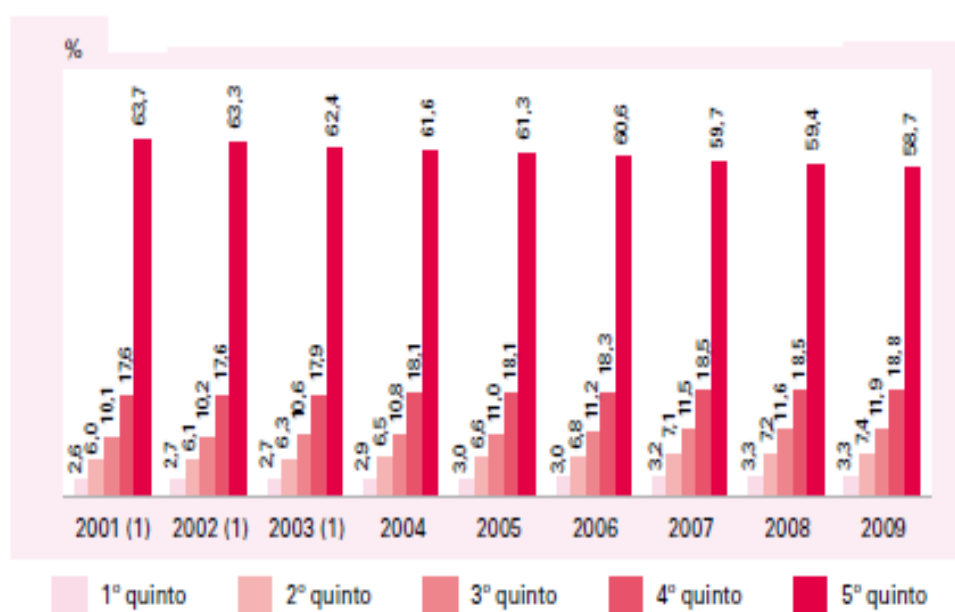
O exemplo da Coreia do Sul citado revela a inter-relação entre educação e desenvolvimento sócio-econômico. Caso se queira um país mais justo e digno para seus

¹ Referência:

http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH_global_2011.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Ranking2011

cidadãos, com um melhor índice de desenvolvimento humano, uma estratégia crucial é promover um processo educacional mais acessível e de boa qualidade para todos, no caso brasileiro, merece atenção se melhorar o perfil de distribuição de renda. Uma representação desta última pode ser observada a seguir através do comparativo entre a renda per capita familiar brasileira dos 20% mais pobres e os 20% mais ricos, no período de 2001 a 2009, ilustrada no gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1²- Distribuição percentual da renda familiar per capita, por quintos de rendimento – Brasil – 2001- 2009

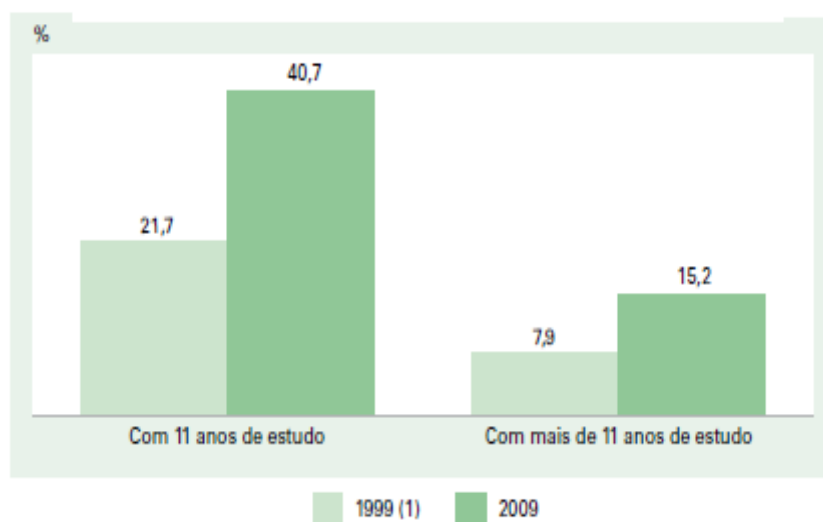


Com base nos dados do gráfico 1, nota-se que houve avanços na distribuição de renda no Brasil, sendo que a renda per capita familiar dos 20 % mais ricos (correspondente ao 5^o quinto do gráfico) declinou de 63,7% em 2001, para 58,7 % da renda nacional, enquanto que a renda per capita familiar dos 20% mais pobres (correspondente ao 1^o quinto do gráfico) subiu de 2,6 % para 3,3% da renda nacional no mesmo período considerado. Uma das razões que pode estar associada à melhoria da distribuição de renda relatada são os avanços na quantidade de indivíduos escolarizados

² Referência: Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2010, IBGE, p 102.

situados na faixa etária da população economicamente ativa, registrados entre os anos de 1999 e 2009, de acordo com dados do IBGE como revela o gráfico 2:

Gráfico 2³- Proporção das pessoas de 18 a 24 anos economicamente ativas com 11 anos de estudo e com mais 11 anos de estudo- Brasil- 1999-2009



Pelo gráfico 2, tem-se que a população com 11 anos de estudo saltou de 21,7% em 1999 para 40,7% em 2009, enquanto que a população com mais de 11 anos de estudo saltou de 7,9% para 15,2% no mesmo período considerado. O respectivo aumento indica que, no período considerado, houve uma maior probabilidade de que os indivíduos da faixa etária citada conquistassem maiores e melhores oportunidades de emprego e, por consequência, uma melhoria em sua renda.

Apesar dos avanços na distribuição de renda, o Brasil não apresenta resultados expressivos no que diz respeito ao seu IDH, uma vez que ocupou a tímida 84^a posição no *ranking* de países, como aponta o relatório do desenvolvimento humano global de 2011⁴ do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, estando

³ Referência: Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2010, IBGE, p 49.

⁴ Referência:
http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH_global_2011.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Ranking2011

assim em posição inferior a outras nações da América latina como Chile, Argentina e Uruguai. A renda nacional ainda concentra-se preponderantemente nas regiões sudeste e sul, onde habita a maior parte da população das classes A e B, sendo que as duas regiões juntas possuem mais de 70% dos cursos de pós-graduação do país, conforme dados da avaliação trienal realizada pela CAPES em 2010⁵, bem como apresentam as maiores oportunidades de trabalho.

Um desafio atual da educação brasileira, de modo que se possa avançar ainda mais na área social é a qualidade. O Brasil continua apresentando péssimos resultados em avaliações internacionais, citando-se o PISA⁶, que constitui a sigla em inglês para o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, sendo que uma das áreas mais deficitárias é a da educação científica. Esta, segundo Cachapuz *et al* (2005, p 20) citando a Conferência Mundial sobre a Ciência para o século XXI, realizada em Budapeste, Hungria, em 1999, foi considerada: “[...] imperativo estratégico para os países de modo que estes consigam satisfazer as necessidades fundamentais da sua população”. Em virtude da importância que o conhecimento científico apresenta, o acesso ao mesmo foi considerado uma das necessidades básicas de aprendizagem dos jovens na conferência mundial de educação para todos, realizada em Jomtien na Tailândia em 1990, de acordo com Werthein (2003).

Embora o conhecimento científico na sociedade seja muito importante, o que se pode constatar no Brasil é um fracasso da educação científica, atestado pelos dados de avaliações como o PISA. Em recentes edições da referida avaliação, ocorridas nos anos de 2003, 2006 e 2009, o Brasil pouco avançou na educação científica. O gráfico³ abaixo mostra a trajetória do nível de pontuação que os estudantes brasileiros apresentaram nas referidas edições:

⁵ Referência: http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2011/08/relatorio_geral_dos_resultados_-_ finais_da-avaliacao_2010.pdf

⁶ O PISA, Programme International Students Assessment, é um programa de avaliação internacional para medir competências e habilidades em leitura, matemática e ciências, aplicado tri anualmente em mais de cinquenta países a partir do ano de 2001, o qual é patrocinado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

Gráfico 3- Pontuação dos alunos brasileiros na avaliação PISA na área de Ciências, nos anos de 2003, 2006 e 2009⁷.



Apesar do gráfico 3 apresentar um crescimento no desempenho dos alunos entre as edições de 2003 e 2009, onde a pontuação saltou de 389,6 pontos para 405 pontos, isto ainda não pode ser considerado algo significativo em termos de melhoria da educação brasileira na área de Ciências. Segundo Waiselfiz (2009), a avaliação de 2006 revelou que 60% dos estudantes brasileiros não apresentaram um nível mínimo de proficiência em ciências. Para entender a razão de se possuir tão ruim desempenho em Ciências, apresentam-se gráficos elaborados por Waiselfiz (2009, p 23) mostrando o desempenho do Brasil no PISA em relação a algumas outras nações participantes, nas três áreas avaliadas:

Gráfico 4- Pontuação do Brasil em Matemática e comparação do mesmo com relação a outras nações participantes do PISA-2006(WALSELFIZ, 2009, p23).

⁷ Referências: WALSELFIZ, 2009; Resultados do PISA 2009 v1: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>

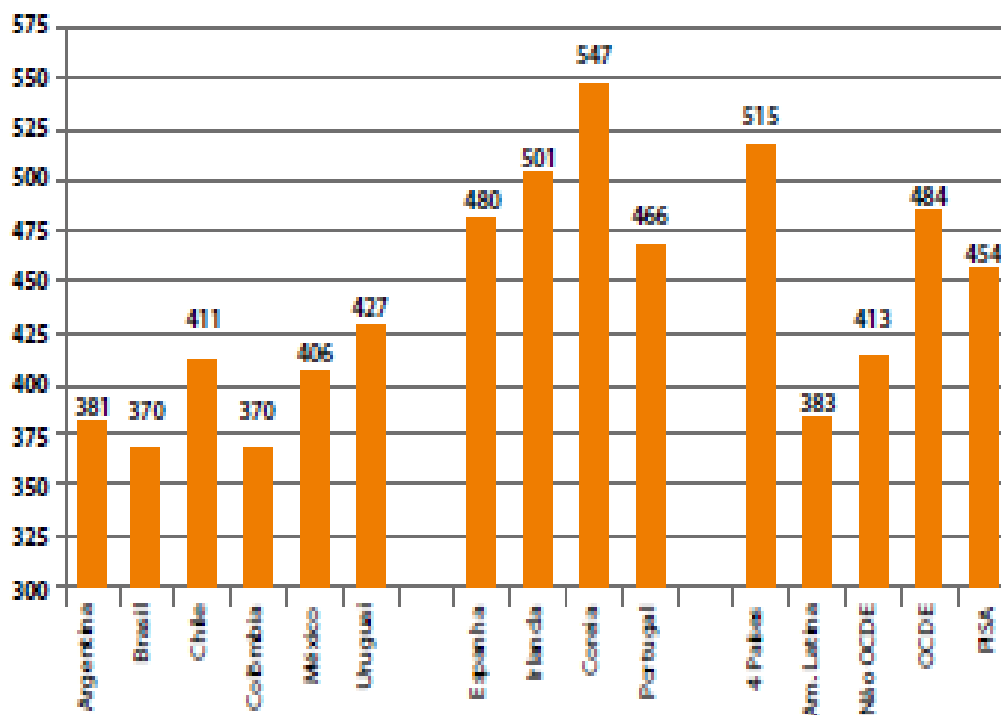


Gráfico 5- Pontuação do Brasil em Leitura em Língua Nativa e comparação do mesmo com relação a outras nações participantes do PISA-2006 (WALSELFIZ,2009, p23).

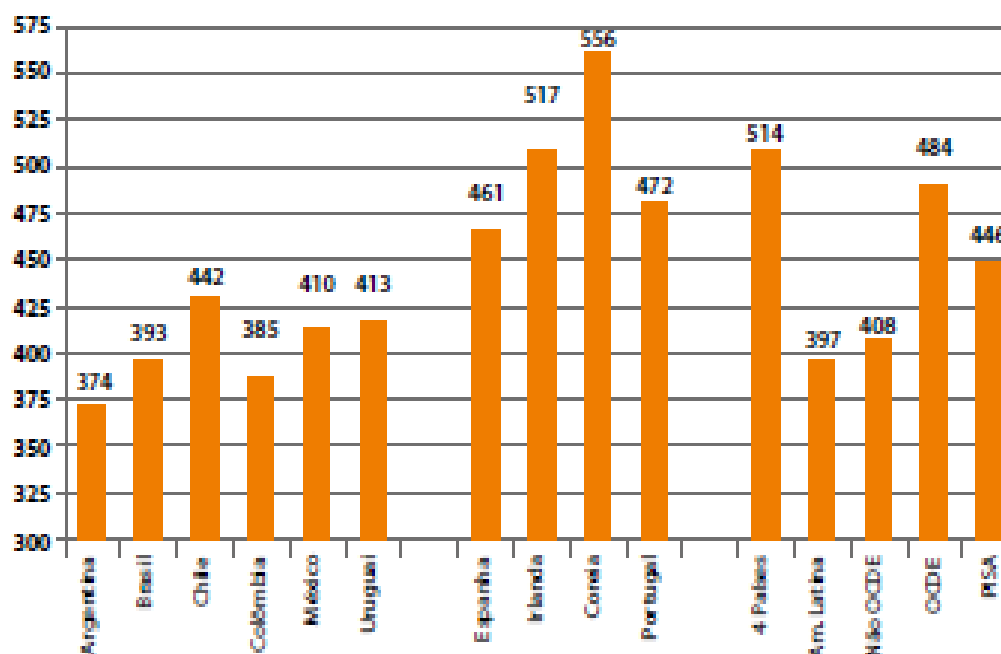
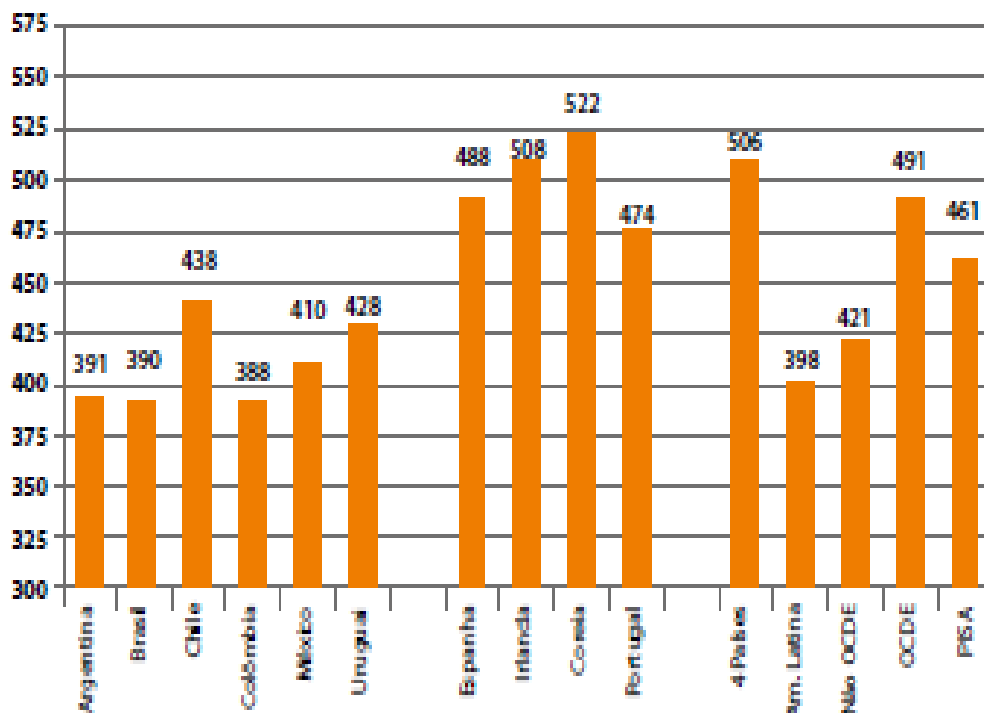


Gráfico 6- Pontuação do Brasil em Ciências e comparação do mesmo com relação a outras nações participantes do PISA-2006 (WALSELFIZ,2009, p23)



Ao se observar os gráficos 4 e 5 acima, percebe-se que o Brasil possui baixíssimos níveis de proficiência em Matemática e Língua Nativa, quando comparado a outros países participantes do PISA em 2006, inclusive com relação a países da América Latina, como México, Uruguai e Chile. Estes resultados são indícios de que os estudantes brasileiros possuem dificuldade de aprendizagem em leitura, interpretação e cálculo, os quais comprometem a aprendizagem de Ciências e limitam os alunos conquistarem a dignidade cidadã. Estes dados são um dos fatores que colaboraram para que o Brasil ocupasse a 52^a colocação dentre 57 países avaliados, no PISA 2006 (WALSELFIZ, 2009).

Na edição de 2009 do PISA, os estudantes brasileiros continuaram a apresentar um dos mais baixos níveis de proficiência em ciências no contexto das inúmeras nações avaliadas, marcando apenas 405 pontos, o que contribuiu para posicionar o Brasil na 53^a colocação, dentre 65 países avaliados, ficando abaixo de nações pobres como Trinidad e Tobago e Jordânia⁸

⁸ Referência: Resultados do PISA 2009 v1: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>

Em sua maioria, pesquisadores como Cachapuz *et al* (2005) e Carvalho (2004) dentre outros, afirmam que as atuais propostas pedagógicas de educação científica devem passar por uma reformulação, de modo que se promova a alfabetização científica, configurando-se como uma das alternativas possíveis para a superação do quadro deficitário da educação brasileira na área da educação científica acima descrito. Para Carvalho (2004) promover a alfabetização científica deve ser arquitetado de tal modo que leve os estudantes a: “[...] construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão [...]” (2004, p3). Carvalho (2004) também afirma que para viabilizar a alfabetização científica, um dos elementos essenciais é a experimentação de bancada (MENCK; VENTURA, 2007).

As práticas laboratoriais de bancada detêm um papel importante no desenvolvimento de inúmeras competências e habilidades de raciocínio científico do tipo: capacidade de relacionar teoria com prática; realizar medidas e cálculo de erros experimentais; analisar dados representados por meio de gráficos e tabelas; *etc* (BORGES, 2002; MARINELLI; PACCA, 2006; SERÉ; COELHO; NUNES, 2003), principalmente se forem concebidas como verdadeiras investigações científicas, ao invés de simples execução de procedimentos escritos em roteiros fortemente estruturados (BORGES, 2002; LABURÚ, 2003).

Outro meio possível para o desenvolvimento da alfabetização científica é incorporar recursos das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) às práticas pedagógicas, onde um destes é o computador. De acordo com Almeida e Valente (2011), o mesmo pode ser usado de modo inteligente para que o aluno construa sua aprendizagem de forma mais facilitada. A partir disso, Ribeiro *et al* (2008b, p 356) afirmam que:

O uso do computador, por meio de softwares educativos, possibilita a inserção de: material instrucional contendo textos (teorização fenomenológica, manipulação e solução analítica e numérica de formulações matemáticas), a realização de animações e variação de parâmetros. Também permite a documentação de sessões de experimentação científica, registrada através de filmagens ou fotografias ou arquivos de áudio, disponibilizando narrativas e a busca em sites específicos.

Nas últimas décadas, o computador está sendo empregado de formas mais abrangentes na educação científica, principalmente por meio do uso de softwares de simulação e modelagem computacionais. Pesquisas relatam que o uso de tais *softwares*

pode proporcionar inúmeros benefícios para a aprendizagem de ciências, do tipo: facilitar a construção de conceitos; tratamento de dificuldades de aprendizagem; permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses; agregar os estudantes em tarefas com maior grau de interatividade, *etc* (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; SENA DOS ANJOS, 2008; VEIT; TEODORO, 2002; DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006).

Tendo em vista a importância do laboratório de experimentação, bem como os benefícios que os softwares de simulação/modelagem computacionais apresentam para a aprendizagem de ciências, como descritos anteriormente, pesquisadores como Ribeiro *et al* (2008a, b), Teixeira (2005) *apud* Teixeira (2008), Dorneles, Araújo e Veit (2006, 2007) defendem propostas pedagógicas voltadas para a aprendizagem de física, ciências e matemática, através da integração entre atividades experimentais de bancada (MENCK; VENTURA, 2007) e softwares de simulação e modelagem computacionais (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, 2007). Esta dissertação caracteriza como uma de suas metas, investigar de que modo a referida integração pode contribuir para o desenvolvimento da aprendizagem de física, ao nível de ensino médio.

No subtópico a seguir, apresenta-se a motivação, justificativa e a delimitação do campo de pesquisa.

Motivação, Justificativa e Delimitação do Campo de Pesquisa

A necessidade de reformulação das propostas pedagógicas atuais de ensino-aprendizagem de ciências tem profunda relação com a carreira de dez anos do presente Professor-Pesquisador, segundo sua função de professor de Física da educação básica, da rede pública estadual cearense. Esta carreira iniciou-se em 1998, ao ingressar no curso de Física diurno da Universidade Federal do Ceará (UFC). Tal curso oferecia as formações de licenciatura e bacharelado em Física, sendo que um dos dois tipos de formação poderia ser escolhido pelo graduando a partir do quinto semestre do curso. Ressalta-se que o curso de Física dava maior ênfase na formação de bacharéis do que de licenciados, onde pouca importância se atribuía ao ensino de Física.

Ao longo do curso de Física, o Professor-Pesquisador identificou-se com a licenciatura, uma vez que foi bolsista de monitoria nos anos de 2000 e 2001, no departamento de Física da Universidade Federal do Ceará. Também a partir do ano 2000, começou a lecionar em uma escola da rede pública estadual cearense, por meio de

um contrato temporário. Neste referido ano, ministrou a disciplina de Matemática para o ensino médio, e nos anos seguintes a disciplina de Física.

No início de sua carreira como docente, o Professor-Pesquisador logo percebeu quão necessário era a inovação das práticas pedagógicas das disciplinas de Ciências da Natureza e Matemática, uma vez que os estudantes do ensino médio apresentavam grandes dificuldades de aprendizagem nestas disciplinas e também desinteresse pelas mesmas.

No ano de 2002, obteve o grau de Licenciado em Física pela UFC. Logo após um ano de formado, prestou concurso público para a Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC), onde foi aprovado como professor efetivo para lecionar a disciplina de Física para o ensino médio. A partir de sua efetivação, ampliou sua carga horária docente e percebeu ainda mais as dificuldades e desmotivações supracitadas. Isto lhe deixava inquieto e o motivava a aprofundar os estudos no campo da educação científica.

Para tentar suprir sua inquietação, ingressou no curso de especialização em Didática do Centro de Educação da Universidade Estadual do Ceará (UECE), a partir do ano de 2005. Pretendia, com este curso de especialização, aperfeiçoar sua formação pedagógica e desenvolver novas habilidades que contribuíssem para sua prática docente, buscando promover a aprendizagem e o interesse de seus alunos pela Física.

No curso de especialização, teve acesso a conhecimentos pedagógicos que ajudaram a melhor desenvolver sua prática docente em aspectos como: planejamento de aulas; avaliação; estratégias didáticas, etc. Neste curso, teve contato com o livro de Juan Ignacio Pozo (POZO, 1998) que tratava do ensino por resolução de problemas, onde um dos capítulos era dedicado à aprendizagem de ciências naturais. Este livro foi a referência principal que utilizou para desenvolver sua monografia de especialização intitulada: *Fatores que Dificultam a Resolução de Problemas em Física: Um estudo na Escola de Ensino Médio Liceu do Conjunto Ceará* (COSTA, 2006), que teve como foco investigar os fatores que dificultam a resolução de problemas em física em alunos do Liceu do Conjunto Ceará, escola esta pertencente à rede pública estadual cearense.

Com a conclusão da monografia, no ano de 2006, sentiu-se estimulado a aprofundar estudos sobre questões ligadas a aprendizagem de ciências/física, o que o impulsionou a buscar outras formações na área educacional. Viu uma oportunidade para tal ao tomar conhecimento do eixo ensino de Ciências, no ano de 2009, do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Faculdade de Educação (FACED) da

Universidade Federal do Ceará. Assim, decidiu submeter-se à seleção de mestrado do referido programa no ano seguinte.

Ao ter contato com a literatura da seleção do mestrado, descobriu autores que tratam de questões atuais relacionadas com a educação científica, tais como: Carvalho e Gil-Perez (2006); Cachapuz *et al* (2005); Ribeiro *et al* (2008); Carvalho (2004). Os referidos autores apontam que algumas das razões que explicam as dificuldades de aprendizagem e desinteresse pelos conteúdos de ciências, o que se pode constatar junto aos alunos, são visões deformadas do trabalho científico, transmitidas pelo ensino e que resultam em práticas docentes com perfil: instrucionista, livresco, de conteúdos prontos e acabados, memorístico, descontextualizado, etc.

Uma das modificações pela qual deve passar o processo de ensino-aprendizagem de ciências/física, para que se possa motivar e facilitar a aprendizagem dos alunos é repensar a proposta de concepção e condução das práticas pedagógicas presenciais, que são realizadas nos laboratórios de experimentação científica de bancada, perante as novas realidades do mundo das tecnologias educacionais. Pedagogicamente pode se pensar em assumir um perfil construtivista, em detrimento a propostas instrucionistas e em que se promova: a valorização do papel dos alunos como sujeitos do seu processo de aprendizagem; significância dos conteúdos estudados; construção colaborativa/cooperativa de conteúdos e promoção do processo de aprendizagem por investigação, aproximando-o das características do trabalho científico. Tais práticas pedagógicas precisam estar embasadas em novas teorias e conceitos de aprendizagem que superem a visão tradicional do processo de ensino/aprendizagem de ciências/física marcadamente instrucionista e de passividade discente (BORGES, 2002; CARVALHO, 2004; RIBEIRO *et al*, 2008; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012).

Uma teoria da aprendizagem que pode ser tomada como referencia para o propósito acima, é a da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968). Segundo Moreira (1999), Carmo Filho (2006), Martins (2009), Lima *et al* (2010), Novak (2010) dentre outros, esta teoria caracteriza que a aprendizagem pode ser mais efetiva quando uma nova informação relaciona-se de maneira não arbitrária e não literal aos conhecimentos prévios que o aprendiz possui em sua estrutura cognitiva, os quais são chamados de subsunçores. A aprendizagem significativa é um processo dinâmico, onde os conhecimentos vão se modificando, adquirindo novos significados e

se diferenciando na estrutura cognitiva do sujeito, a medida que vai ocorrendo a interação entre novos e velhos conhecimentos (LIMA *et al*, 2010).

Para Barroqueiro *et al* (2009, p8), a Teoria da Aprendizagem Significativa ausubeliana tem três vantagens sobre propostas pedagógicas de ciências de caráter instrucionista e memorístico, que são: o conhecimento obtido de maneira significativa é fixado e mantém-se por longo tempo, os conteúdos a serem aprendidos são em maior quantidade e de maneira mais fácil de assimilação e prazerosa, e o processo de reaprendizagem, isto é, potencialmente é possível se estabelecer estratégias pedagógicas que resultem numa re-elaboração facilitadora do processo de aprendizagem devido a ligação entre a estrutura cognitiva inicial (saberes aprendidos) e o conteúdo esquecido a ser reaprendido.

Também para nortear propostas pedagógicas de ciências/física de caráter construtivista, uma estratégia importante é a aprendizagem colaborativa, como definida por Torres, Alcântara e Irala (2004, p3): “[...] uma estratégia de ensino que encoraja a participação do estudante no processo de aprendizagem e que faz da aprendizagem um processo ativo e efetivo [...]”, os quais afirmam que neste tipo de aprendizagem, o conhecimento é construído através do diálogo e do trabalho em conjunto.

Para o desenvolvimento de propostas pedagógicas de ciências/física que sejam significativas e colaborativas, deve-se prover destaque ao laboratório de experimentação científica por meio de atividades experimentais de bancada, pois os mesmos podem proporcionar para os alunos: motivação para aprendizagem; oportunidade de relacionar o mundo das linguagens (natural, matemática e simbólica), o mundo dos conceitos, leis e teorias com o mundo empírico (mundo real transformado pelos procedimentos e pelas técnicas); trabalho em grupos favorecendo a discussão e construção colaborativa do conhecimento; *etc* (GRANDINI; GRANDINI, 2004; LABURÚ, 2006; MENCK; VENTURA, 2007; RIBEIRO *et al*. 2008; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012; SÉRE; COELHO; NUNES, 2003; TAMIR, 1989; KISCHNER, 1992 *apud* BAROLLI; VILLANI, 1998).

Entretanto, incluir atividades experimentais na prática pedagógica pode constituir um verdadeiro desafio, uma vez que os estudantes podem possuir dificuldades de aprendizagem tanto conceituais (ausência de alguns componentes cognitivos tais como: conhecimentos conceituais específicos, etc), como procedimentais relacionadas

com habilidades básicas de laboratório e/ou de investigação (metaconhecimento⁹; usar equipamentos e instrumentos específicos, medir grandezas físicas, realizar pequenas montagens, *etc*) conforme Borges (2002), Marinelli e Pacca (2006), Pozo e Crespo (2009), e Ribeiro *et al* (2008a).

Para se tentar suprir algumas das dificuldades de aprendizagem supracitadas, uma alternativa viável é desenvolver atividades pedagógicas, através de softwares de simulação e modelagem computacionais¹⁰ (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, 2007). O uso destes softwares pode proporcionar aos alunos: permitir gerarem e testar hipóteses; tornar conceitos abstratos mais concretos; ajudar a desenvolver imagens mentais dinâmicas dos fenômenos estudados, auxiliando na resolução de problemas relacionados; promoção de mudança conceitual no raciocínio dos alunos; *etc* (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; SENA DOS ANJOS, 2008; TAVARES, 2003; TEIXEIRA (2005) *apud* TEIXEIRA, 2008).

Tendo em vista os benefícios para a aprendizagem que os softwares de simulação e modelagem computacionais podem proporcionar, recentemente pesquisadores como Ribeiro *et al* (2008a, b) e Teixeira (2005) *apud* Teixeira (2008, p 340), tem defendido o uso de tais softwares em apoio a atividades experimentais de bancada. Os primeiros afirmam que os recursos computacionais podem ser conjugados a etapas de realização de práticas no laboratório de experimentação científica de modo a promover a aprendizagem significativa e colaborativa de conteúdos. Para o segundo, o laboratório virtual (simulações) pode complementar o laboratório real (experimentação em bancada), uma vez que o primeiro vem agregar novos objetivos educacionais ao segundo, do tipo: capacitação do estudante para operar o controle de fenômenos de interesse, através do uso de sistemas informatizados e redes de computadores; a habituação do estudante aos recursos oferecidos por esses sistemas como, por exemplo, o tratamento de dados em tempo real, *etc*.

Um exemplo de que os softwares de simulação/modelagem computacionais podem auxiliar no desenvolvimento de atividades experimentais e facilitar a aprendizagem é a pesquisa de Dorneles, Araújo e Veit (2006) desenvolvida com alunos

⁹ De acordo com Pozo e Crespo (2009), metaconhecimento é uma reflexão consciente sobre a execução de um determinado procedimento ou uso de uma determinada estratégia de aprendizagem.

¹⁰ Para Dorneles, Araújo e Veit (2006) há uma diferença entre simulações e modelagens computacionais. Na primeira, os alunos podem alterar valores, porém não podem alterar o modelo matemático que descreve o fenômeno. No segundo, os alunos têm condições de criar seu próprio modelo para o fenômeno estudado.

universitários. Os autores utilizaram o software *Modellus*¹¹, como recurso para superar dificuldades de aprendizagem conceituais em circuitos elétricos simples, como descritas no quadro 3, adiantando o que será apresentado no referencial teórico desta dissertação. Os resultados da pesquisa revelaram que os alunos participantes apresentaram um melhor desempenho de aprendizagem, frente àqueles que se submeteram apenas as aulas teóricas e práticas tradicionais de laboratório. Em outro trabalho, seguindo uma metodologia semelhante à pesquisa anterior, Dorneles, Araújo e Veit (2007) desenvolveram um estudo que procurou analisar as potencialidades da integração entre atividades computacionais e experimentais de bancada, para a superação de dificuldades de aprendizagem no estudo de circuitos elétricos de corrente contínua e de corrente alternada, onde concluem que a referida integração pode propiciar melhores condições para a aprendizagem significativa e promoção da interação social defendida por Vygotsky (1984).

Dentro da mesma temática relatada acima, Heidemann, Araújo e Veit (2010) desenvolveram uma pesquisa avaliando as crenças e atitudes de 55 professores, alunos e ex-alunos de um mestrado profissional em ensino de física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, quanto à integração entre atividades computacionais (simulação computacional) e experimentais (experimentação em bancada). Um dos resultados da pesquisa revela que a maioria dos professores ressalta a importância do uso complementar das duas ferramentas para elucidar o processo de modelagem científica, contudo, em torno de 15% dos pesquisados não conseguiram perceber as vantagens da combinação de tais recursos para a melhoria do processo de aprendizagem. Ressalta-se que a integração entre simulações computacionais e atividades experimentais de bancada é um tema que deve ser mais bem explorado na educação em ciências, em nível nacional.

A partir do que foi discutido acima, desenvolveu-se uma pesquisa, na forma de prática pedagógica, através da realização de atividade experimental de bancada, apoiada por simulação computacional, para investigar evidências do desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa de física. Nesta pesquisa, abordou-se o tópico circuitos elétricos de resistores, em virtude de ser objeto de interesse de muitas

¹¹ Segundo Veit e Teodoro (2002), o *Modellus* é uma ferramenta computacional que permite ao usuário representar e explorar modelos matemáticos, dispensando conhecimento de uma linguagem especial de programação. Para os autores, a respectiva ferramenta possui um grande potencial pedagógico para a aprendizagem de Física, uma vez que esta ciência estuda vários fenômenos descritos por modelos matemáticos.

pesquisas no ensino de física, existindo um acervo de mais de vinte anos de estudos sobre suas dificuldades de aprendizagem, conforme Dorneles, Araújo e Veit (2006).

A importância que o desenvolvimento desta pesquisa representa está baseada nos seguintes fatos:

Primeiro, devido à necessidade de renovação das propostas de ensino-aprendizagem de ciências/física, que este trabalho possa produzir resultados que contribuam para a melhoria da aprendizagem de física, e que também sejam úteis para as pesquisas desenvolvidas no âmbito do eixo ensino de ciências e para a linha de pesquisa currículo, as quais o pesquisador encontra-se vinculado junto ao programa de Pós-Graduação PPGEB/FACED/UFC;

Segundo, a ainda limitada quantidade de pesquisas nacionais que tratem do tema integração pedagógica e operacional entre atividades de experimentação científica e uso de tecnologias educacionais (RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012), existindo assim a necessidade de se produzir maior conhecimento sobre o assunto para diminuir as defasagens do cenário da educação científica e matemática brasileiras.

Terceiro, ao nível da pesquisa, o caráter contributivo que este trabalho eventualmente possa representar, ao investigar a realização de práticas experimentais, apoiada por simulação computacional, durante o desenvolvimento do processo de motivação e facilitação da aprendizagem significativa e colaborativa de física.

OBJETIVOS

GERAL

Investigar como a concepção e realização de prática de bancada, efetivadas colaborativamente por alunos de uma escola pública estadual e professor, no espaço do laboratório real de experimentação científica, apoiada por atividades de simulação e modelagem computacionais, enfatizando-se a construção e ressignificação de conceitos de física, contribuem para o desenvolvimento do processo de aprendizagem significativa.

O objetivo geral arrazoado se complementa consoante os seguintes objetivos específicos:

- Mapear os conhecimentos prévios dos alunos, durante a fase inicial da pesquisa de campo, visando conceber estratégias pedagógicas que possam superar eventuais obstáculos de aprendizagem.

- Conceber uma ação pedagógica, priorizando temas que promovessem a formação de organizadores prévios, e realizá-la previamente às práticas laboratoriais, incorporando-se o apoio pedagógico de *software* educativo.

- Realizar uma análise qualitativa multidimensional e hierárquica dos resultados de campo para se verificar evidências da contribuição da presente pesquisa para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos.

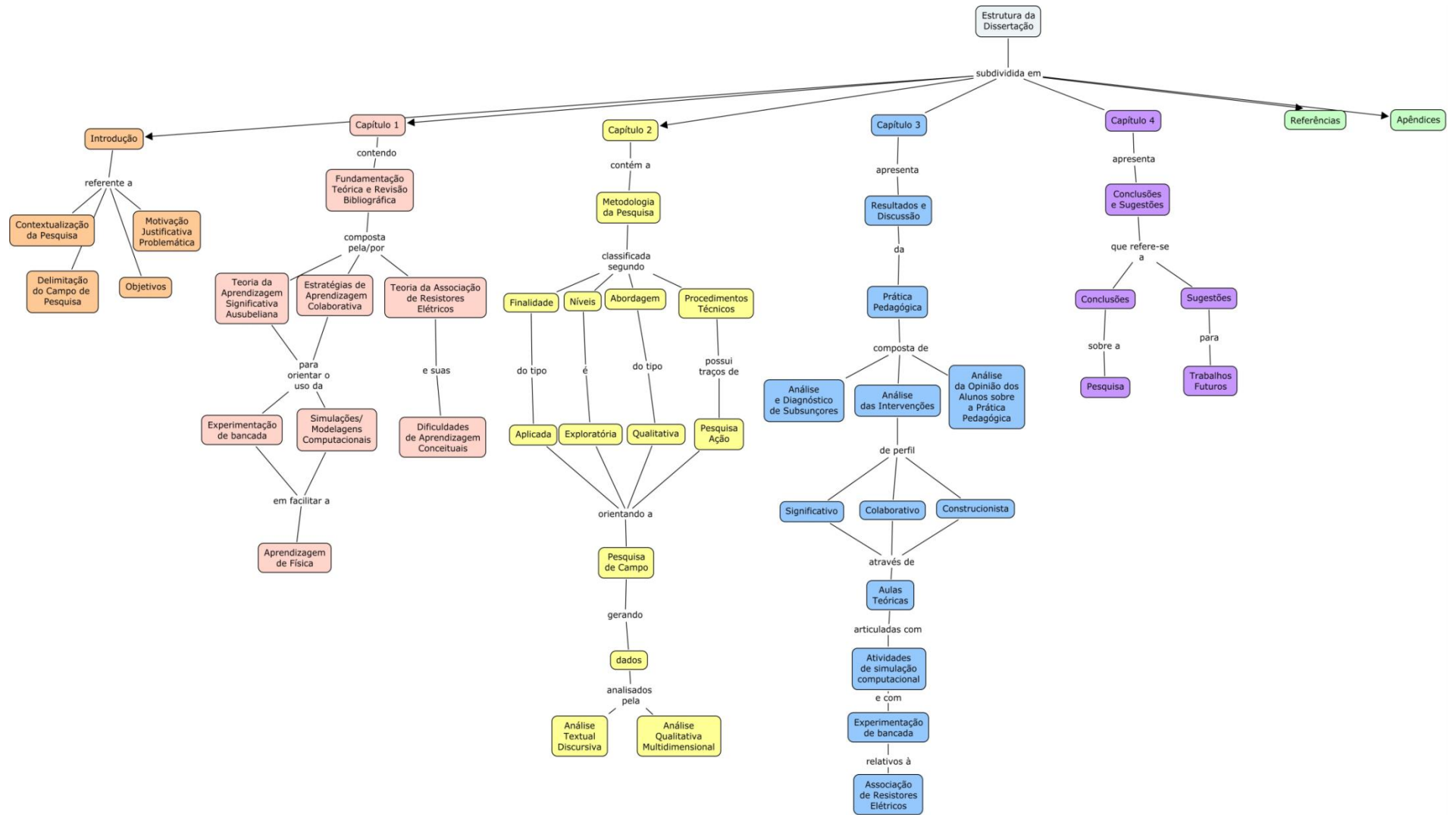
Para realizar tais objetivos específicos, concebeu-se uma abordagem de pesquisa exploratória e pesquisa-ação, priorizando junto à ação pedagógica a escolha de temas relacionados a circuitos elétricos.

Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se elaborada em cinco Capítulos. Sua estrutura organizacional está representada na forma de um mapa conceitual, ilustrado na figura i2. De acordo com Okada (2008, p 43), mapas tem sido uma estratégia para lidar com avalanches de informações e delas extrair importantes inter-relações de interesse.

Partindo da afirmação acima de Okada (2008), ao se apresentar a organização desta dissertação na forma de mapa, intenciona-se que o leitor tenha uma visão panorâmica do trabalho e assim venha a assimilar, de forma mais facilitadora e significativa, as informações contidas no mesmo.

Figura i2: Mapa conceitual representando a estrutura da Dissertação



No capítulo 1 (um) encontram-se a fundamentação teórica composta pela: teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968) e das estratégias de aprendizagem colaborativa segundo Valente (1999, 2003) e Torres, Alcântara e Irala (2004); reflexões sobre o uso da experimentação de bancada para o desenvolvimento da aprendizagem de Física, conforme Marinelli e Pacca (2006), Grandini e Grandini (2004), dentre outros; princípios construcionistas de Valente (2002) sobre o uso pedagógico do computador e de Ribeiro *et al* (2008a) sobre o uso do computador para o desenvolvimento da aprendizagem significativa de Física; revisão bibliográfica que trata de pesquisas sobre o uso pedagógico da experimentação de bancada e de softwares de simulação e modelagem computacionais na aprendizagem de Física; teoria da associação de resistores elétricos e medição simples, de acordo Máximo e Alvarenga (2008); dificuldades de aprendizagem dos conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência elétricas, conforme Dorneles, Araújo e Veit (2006); síntese do referencial teórico da dissertação.

No capítulo 2 (dois) está à metodologia, apresentando a classificação da pesquisa quanto à finalidade, o nível, a abordagem e o procedimento técnico empregados. Nesta seção, também se descreve os procedimentos adotados durante a pesquisa de campo, detalhando as fases e ações desenvolvidas durante a mesma, as técnicas de análise de dados utilizadas na pesquisa, destacando-se a Análise Textual Discursiva, de acordo com Moraes (2003), Moraes e Galiazzi (2006, 2011) e a Análise Qualitativa de Dados Multidimensionais, segundo Almouloud (2008), Almeida (2008), Prado (2003) e Prado (2008).

No capítulo 3 (três) são apresentados os resultados e discussão, por meio da análise dos instrumentos aplicados para coleta de dados: questionários, vídeos gravados e roteiros das atividades de simulação e modelagem computacionais e atividade experimental de bancada. Neste capítulo, apresenta-se e discute-se o conjunto de categorias elaboradas por meio da análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2006, 2011) durante o processo de análise dos resultados e também a inter-relações estabelecidas entre as categorias, desenvolvidas por meio da análise qualitativa multidimensional, apontadas pelas árvores de similaridade (PRADO, 2003; PRADO, 2008; GÓES, 2012).

O capítulo 4 (quatro) é composto pelas conclusões obtidas com a pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

Finaliza-se este trabalho com as referências bibliográficas e os apêndices.

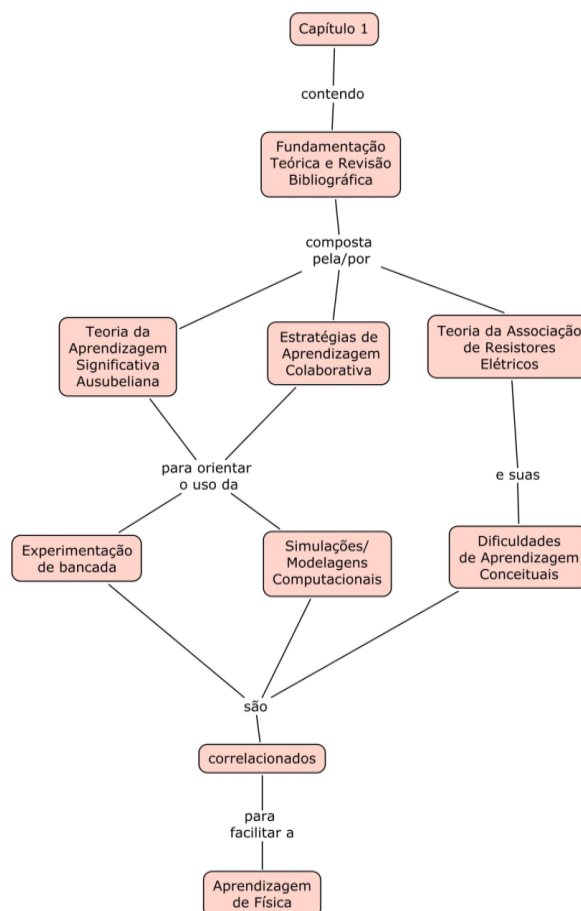
O capítulo 1 a seguir, apresenta-se o referencial teórico da presente pesquisa.

1-REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No desenvolvimento do presente capítulo serão discutidos os seguintes temas e algumas de suas implicações e inter-relações quanto à proposta da presente dissertação: Aprendizagem Significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968; MOREIRA, 1999), Aprendizagem Colaborativa (VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009; TORRES; ALCANTARA; IRALA, 2004), o papel da Experimentação em Bancada e dos *Softwares* de Simulação e Modelagem Computacionais na aprendizagem de Física, dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas quanto aos conceitos de Corrente Elétrica, Diferença de Potencial e Resistência Elétrica (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006).

Para constituição de uma visão de síntese preliminar (OKADA, 2008) e formação de organizadores prévios de leitura, apresenta-se o mapa conceitual do capítulo 1 na figura 1.1, inter-relacionando os temas da presente dissertação:

Figura 1.1: Mapa conceitual referente à organização do referencial teórico



1.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968).

1.1.1 Aprendizagem Significativa segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1968)

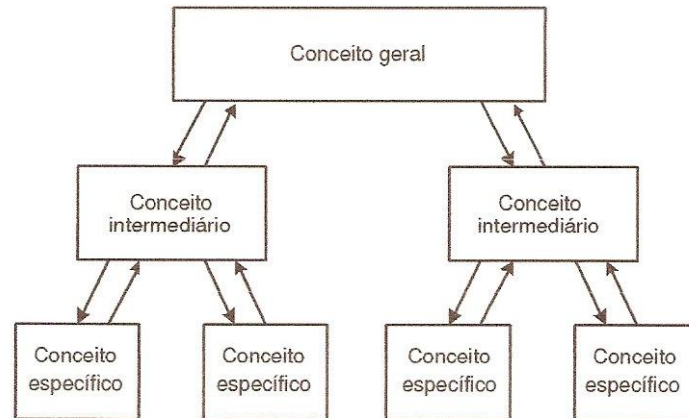
Segundo Pozo e Crespo (2009) pode-se afirmar que um aluno compreende um assunto que estuda, quando consegue traduzi-lo para as suas próprias palavras, ou seja, ele é capaz de dar significado ao que estuda, procurando significá-lo através de seus próprios modelos interpretativos.

A definição de compreensão acima pode ser relacionada à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968). Esta teoria procura do ponto de vista cognitivo, caracterizar a aprendizagem como um processo vinculado à organização e integração de informações na estrutura cognitiva do aprendiz e é entendida como o conjunto total de idéias de uma pessoa e sua correspondente organização (CARMO FILHO, 2006).

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1968), o ponto de partida da aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Novas ideias e conceitos que são apresentados ao aluno só serão incorporados à sua estrutura cognitiva, à medida que puderem se relacionar “significativamente” com determinados conhecimentos, considerados relevantes (os quais os autores supracitados denominam de subsunçores), que o mesmo já possui. Isto é o que Ausubel define como sendo aprendizagem significativa. O grau de relacionamento significativo entre os novos conhecimentos, a serem aprendidos, e os subsunçores do aprendiz se caracteriza, à medida que ocorra alguma forma de relação de significados entre os mesmos.

Ausubel, Novak e Hanesian (1968) afirmam que as informações armazenadas no cérebro humano apresentam certa organização hierárquica, onde conceitos específicos relacionam-se a conceitos mais abrangentes. Esta hierarquia está representada na figura 1.2 abaixo:

Figura 1.2: A organização hierárquica de conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1968) (CARMO FILHO, 2006, p42).



Ausubel, Novak e Hanesian (1968) estabelecem várias modalidades de como a aprendizagem significativa se pode desenvolver junto ao aprendiz. Sem perda de generalidade, algumas destas concepções, consideradas mais apropriadas à proposta da presente dissertação, serão tratadas a seguir:

1.1.2 Aprendizagem Significativa versus Aprendizagem Mecânica

Ausubel, Novak e Hanesian (1968) *apud* Moreira (1999) definem que a aprendizagem mecânica se caracteriza quando a aquisição de novas informações se estabelece, havendo pouca ou nenhuma interação entre estas e os conceitos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. Desse modo, a aprendizagem se desenvolve de forma literal e arbitrária. Para os autores, este tipo de aprendizagem é necessário quando o aluno está sendo apresentado a algum tipo de conhecimento novo, do qual não tenha nenhum conhecimento prévio, até que ele possa adquirir conhecimentos relevantes em sua estrutura cognitiva, que possam servir de âncora (subsunçor) para a aprendizagem destes citados novos conhecimentos. Conceitualmente, Moreira (1999) ressalta que Ausubel, Novak e Hanesian (1968) não dicotomizam aprendizagem mecânica de aprendizagem significativa, apenas estes dois tipos de aprendizagem se situam em pólos opostos de um *continuum*.

1.1.3 Aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção

Ausubel, Novak e Hanesian (1968) *apud* Moreira (1999) fazem uma distinção entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta. No primeiro tipo de aprendizagem, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final. No segundo tipo de aprendizagem, o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Moreira ressalta que ambos os tipos de aprendizagem podem ser significativas ou mecânicas, caso haja ou não subsunçores relevantes na estrutura cognitiva do sujeito que possam se relacionar com as novas informações a serem adquiridas.

1.1.4 Organizadores Prévios

Ausubel (2003) explica que durante o processo de aprendizagem, o sujeito pode possuir ideias ou conceitos relevantes (conhecimentos prévios) em sua estrutura cognitiva, entretanto podem ser demasiado gerais e não possuem uma relevância suficiente para servirem como ideias ou conceitos âncoras eficientes, relativamente às novas ideias ou conceitos a serem aprendidos no material de instrução. Para resolver este problema, o autor recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios, que devem ser apresentados antes do assunto a ser aprendido. Ausubel, Novak e Hanesian (1968) *apud* Moreira (1999, p 54) entendem que a função dos organizadores prévios é: “[...] servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara [...]”.

1.1.5 O processo de Assimilação de Significados

A aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1968) *apud* Moreira (1999) ocorrem através das seguintes fases:

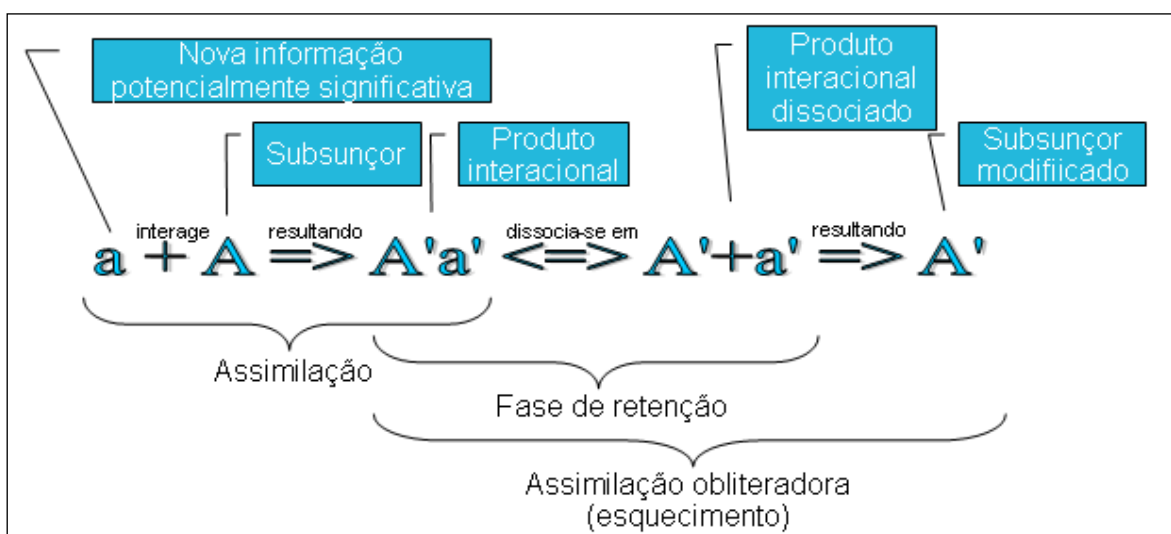
- a) Assimilação ou ancoragem- quando uma ideia, conceito ou proposição *a* potencialmente significativo é assimilado junto a uma idéia, conceito ou proposição, isto é, um subsunçor *A*, já estabelecido na estrutura cognitiva. Quando isto ocorre, tanto a nova informação *a*, quanto o

subsunçor A sofre modificação devido a interação, transformando-se no produto $A'a'$;

- b) Retenção- para que a nova informação seja retida na estrutura cognitiva, é necessário um determinado tempo. Durante este tempo o produto $A'a'$ é dissociável em A' e a' , favorecendo assim a retenção de a' ;
- c) Assimilação obliteradora- após a assimilação, as novas informações tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis de suas idéias âncora. Neste caso, o produto $A'a'$ reduz-se para A' ocorrendo esquecimento de parte da nova informação.

A figura 1.3 a seguir, é uma representação do processo de aprendizagem significativa, segundo as fases discutidas acima:

Figura 1.3: O processo de aprendizagem significativa de acordo Ausubel, Novak e Hanesian (1968) em suas fases de assimilação, retenção e assimilação obliteradora (MARTINS, 2009, p35).



1.1.6 Diferentes formas hierárquicas de relacionar novas informações com ideias existentes na estrutura cognitiva

Segundo Ausubel (2003), a estrutura cognitiva do indivíduo assimila novas informações de forma significativa por três modos diferentes: subordinação, onde a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, ou seja, os novos conhecimentos se subordinam a estrutura cognitiva pré-existente no aprendiz; superordenação, onde um conceito ou proposição potencialmente significativo A , mais

geral e inclusivo do que idéias ou conceitos a1, a2, a3 já estabelecidos na estrutura cognitiva, é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los; combinação, onde as novas informações interagem com vários outros conhecimentos que já existem na estrutura cognitiva, sendo que não se subordinam ou se superordenam, mas se relacionam a estrutura cognitiva como um todo e não apenas com aspectos específicos desta mesma estrutura.

1.1.7 Condições para ocorrência de Aprendizagem Significativa

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1968) *apud* Moreira (1999), para que ocorra aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Na primeira, o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, ele deve não ser arbitrário em si mesmo, como também o aprendiz deve possuir subsunçores correspondentes ao mesmo. Na segunda, o aprendiz deve expressar motivação para aprender, de modo a manifestar uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material à estrutura cognitiva.

1.1.8 Princípios Programáticos facilitadores da Aprendizagem Significativa

Ausubel, Novak e Hanesian (1968) *apud* Moreira (1999) e Moreira (2012) afirmam que a aprendizagem significativa pode ser facilitada por meio dos seguintes princípios programáticos:

- a) Diferenciação progressiva- idéias ou conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade;
- b) Reconciliação integradora- corresponde à exploração de relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes;
- c) Organização seqüencial- consiste em seqüenciar os tópicos, ou unidades de estudo, de maneira tão coerente quanto possível, observados os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa e as

relações de dependência naturalmente existentes no tocante ao material de estudo;

- d) Consolidação- Devem-se aplicar práticas, exercícios e réplicas reflexivas, para se promover a consolidação do que está sendo estudado, assegurando assim sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada.

1.1.9 Estratégias e instrumentos facilitadores da aprendizagem significativa

Na perspectiva de se prover condições propícias para que a aprendizagem significativa possa ser desenvolvida, Moreira (1999) destaca que se devam levar em conta algumas estratégias instrucionais. Uma destas estratégias consiste no uso pedagógico dos mapas conceituais de Novak (1976, 2010) em apoio ao desenvolvimento de atividades relacionadas à aprendizagem e pesquisa. Para aquele autor, tais mapas consistem em:

Diagramas hierárquicos bidimensionais, que procuram refletir a estrutura conceitual e relacional da matéria que está sendo ensinada; podem também ser usados como mecanismo de negociação de significados e de avaliação da aprendizagem significativa. (1999, p 54)

Moreira (1998) afirma que a construção de mapas conceituais, sejam por alunos ou professores, revelam os significados idiossincráticos que os mesmos potencialmente incorporam sobre um determinado assunto, ideia ou conceito. O autor também sustenta que tais mapas podem ser usados pelos professores, para que os alunos progressivamente adquiram e compartilhem significados que são aceitos no contexto do material de estudo e que são partilhados por certa comunidade de usuários.

Desta forma, os mapas podem atuar como elementos cognitivos facilitadores do processo de desenvolvimento da aprendizagem, ou seja, podem ser utilizados pelo professor e aluno como elementos norteadores de evidências que eventualmente forneçam informações de que modo a aprendizagem possa estar se desenvolvendo. Tavares (2007) enuncia que, quando um aluno constrói um mapa conceitual em seu processo de aprendizagem de um determinado conteúdo, ficam evidentes as dificuldades que o mesmo possui. Ao tentar saná-las, o aluno vai

construindo e reconstruindo o mapa, através de um processo dinâmico, cíclico e de reflexão crítica, o que catalisa e facilita a construção de significados, tomando-se como o núcleo de conhecimentos o conteúdo que está sendo estudado.

Em um contexto cognitivo mais amplo do que o contemplado pela aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968), Okada (2008, p38) afirma que o processo de mapeamento é extramente útil para o acesso e a representação de informações, onde os mesmos podem desenvolver:

O pensamento criativo através da emergência de novas ideias, a aprendizagem significativa através de associações de conhecimentos prévios com novos conhecimentos e a reflexão crítica através do questionamento, argumentação e conexões com evidências.

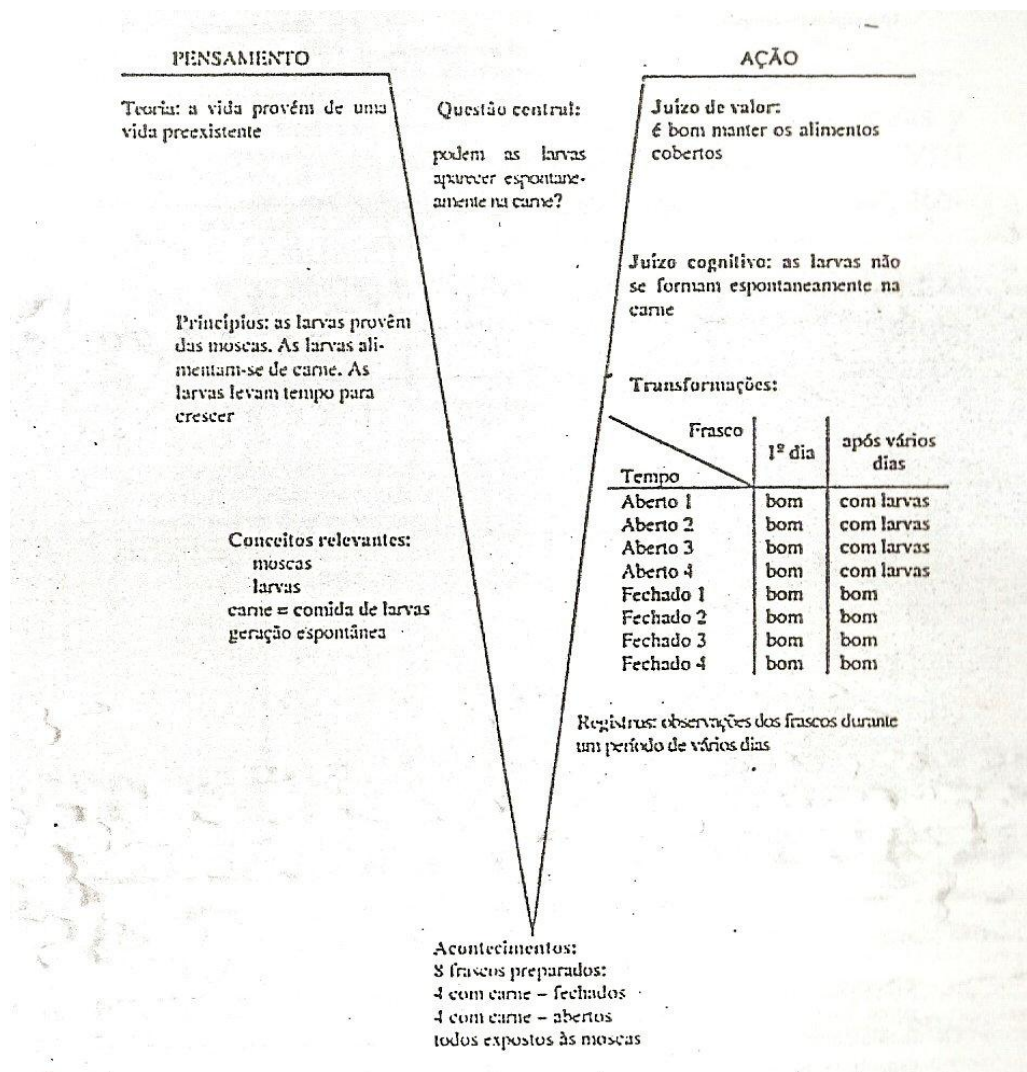
Okada (2008) tomando como referência a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983)¹², entende que através do mapeamento cognitivo, que segundo a autora é uma representação gráfica do mundo intelectual da mente humana, os modelos mentais podem ser representados, ativando o raciocínio mental. Para a autora:

Através da exploração dos modelos mentais, conclusões podem ser elaboradas, contra-exemplos podem ser identificados, novas questões podem emergir dando início a novos ciclos. O raciocínio contribui com o processo de compreensão quando proposições podem ser encadeadas com coerência. (2008, p 43)

Outra estratégia que também pode ser usada para facilitar a aprendizagem significativa é o diagrama V desenvolvido por Gowin (1981), ilustrado na figura 1.4 a seguir descrevendo um experimento de um livro de biologia:

¹² Para Johnson-Laird (1983) *apud* Moreira (1999), modelos mentais são representações que o sujeito faz em sua mente de conceitos, objetos ou eventos externos ao mesmo, que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo, na forma de imagens.

Figura 1.4: Um diagrama V descrevendo um experimento extraído de um livro de Biologia (MOREIRA, 1999, p 69).



Para Moreira (1999, p 54), o diagrama V é um recurso heurístico que:

Volta-se mais para a questão da construção do conhecimento humano, enfatizando-se a interação entre o pensar (o domínio conceitual da produção do conhecimento) e o fazer (o domínio metodológico). Na medida em que o aluno compreende o processo de construção do conhecimento, sua própria reconstrução será facilitada e a aprendizagem será significativa.

Por fim, Moreira (2012, p 19) defende que as atividades colaborativas, revelam um potencial para o desenvolvimento da aprendizagem significativa, uma vez que dão oportunidade para que o aluno seja um sujeito ativo do processo de aprendizagem, onde o mesmo possa: “[...] aprender a interpretar, negociar significados, a

ser crítico e aceitar a crítica [...]”, destacando-se que, em pleno século XXI, deva-se ressaltar a importância da integração das tecnologias e currículo para se promover a aprendizagem significativa e colaborativa/cooperativa, segundo a perspectiva construcionista (VALENTE; BUSTAMANTE, 2009; ALMEIDA; VALENTE, 2011).

1.2 A Aprendizagem Colaborativa

Segundo Jonansen (1996) e Castañon (2005) *apud* Costa, Lima e Ribeiro (2012), uma das características de propostas pedagógicas de caráter construtivista é a interação. Interagir, tomando como referência o sócio-construtivismo de Vygotsky (1984) visando à construção em comum do conhecimento, requer que os indivíduos desenvolvam, entre si, processos de colaboração ou cooperação.

Em virtude da importância que a ação de colaborar possui dentro do processo de construção do conhecimento, alguns pesquisadores apontam que a mesma gera benefícios para o processo de aprendizagem (TORRES; ALCANTARA; IRALA, 2004). Neste sentido, tem sido desenvolvidas pesquisas com o propósito de desenvolver estratégias de aprendizagem colaborativa ou cooperativa (TORRES; ALCANTARA; IRALA, 2004; VARELLA, 2002).

A aprendizagem colaborativa apresenta-se como uma redefinição da relação professor-aluno, pois para Alcântara (1999) *apud* Varella *et al* (2002, p5):

Contempla a inter-relação e interdependência entre seres humanos que deverão ser solidários ao buscarem caminhos felizes para uma vida sadia deles próprios e do planeta... a relação é de parceiros solidários que enfrentam desafios das problematizações do mundo contemporâneo e se apropriam da colaboração e da criatividade, para tornar a aprendizagem significativa, crítica e transformadora.

De acordo com Panitz (1996) *apud* Torres, Alcântara e Irala (2004, p4), colaboração e cooperação são conceitos distintos pois, na aprendizagem colaborativa:

Existe um compartilhamento de autoridade e a aceitação de responsabilidade entre os membros do grupo, nas ações do grupo. A premissa subjacente da aprendizagem colaborativa está baseada na construção do consenso por meio da cooperação entre os membros do grupo, contrapondo-se a ideia de competição, na qual alguns indivíduos são melhores que outros.

Enquanto que a aprendizagem cooperativa apresenta-se:

Como um conjunto de técnicas e processos que grupos de indivíduos aplicam para a concretização de um objetivo final ou a realização de uma tarefa específica. É um processo mais direcionado do que o processo de colaboração e mais controlado pelo professor. (2004, p4)

Com base nas definições acima, Torres, Alcântara e Irala (2004) afirmam que na aprendizagem colaborativa, o aluno tem um papel mais ativo, enquanto que na aprendizagem cooperativa, o professor ocupa uma posição relativamente mais centralizadora e controla o processo.

Um exemplo de aprendizagem colaborativa é a abordagem de educação à distância denominada de “estar junto virtual” de (VALENTE; BUSTAMANTE, 2009; VALENTE, 2003). Para Valente (2003, p 31), o estar junto virtual permite: “[...] múltiplas interações no sentido de acompanhar e assessorar o aprendiz para entender o que ele faz e, assim, propor desafios que o auxiliem a atribuir significado ao que está desenvolvendo [...]”. Neste tipo de abordagem, a construção do conhecimento se faz de forma coletiva entre professores e alunos por meio da troca, questionamento e interação.

A partir do que foi apresentado sobre a teoria ausubeliana e aprendizagem colaborativa, o desenvolvimento da aprendizagem de física, de modo significativo e cooperativo, necessita incorporar recursos e estratégias que possam motivar, facilitar e também desenvolver a aprendizagem através do diálogo e troca de informações entre professores e alunos. Nos tópicos a seguir, mostra-se que tais recursos e estratégias para os propósitos acima citados são a realização de experimentos científicos no laboratório de experimentação, concebidos em consonância com um planejamento de utilização pedagógica de softwares de simulação/modelagem computacional.

1.3 O papel do laboratório de experimentação na facilitação da aprendizagem de física.

Segundo Cachapuz *et al* (2005), Góes (2012) e Ribeiro (2012), atualmente há uma necessidade cada vez maior de se promover a alfabetização científica dos cidadãos, uma vez que há uma crescente dependência junto a um mundo e produtos científico-tecnológicos em nosso dia-a-dia, e também para que os cidadãos possam participar ativamente nas decisões da sociedade e alcançar mais dignamente a cidadania.

Em virtude da urgência de alfabetização científica como citado acima, o currículo das disciplinas de ciências da natureza precisa ser estruturado de modo a atender esta expectativa (MARTINS, 2009; RIBEIRO *et al*, 2008a; RIBEIRO *et al*, 2008b). Para Aikenhead (1985) *apud* Cachapuz *et al* (2005, p23):

Podemos apreciar, pois, uma convergência básica de diferentes autores na necessidade de ir mais além da habitual transmissão de conhecimentos científicos, de incluir uma aproximação à natureza da ciência e da prática científica e, sobretudo, de enfatizar as relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente, de modo a favorecer a participação dos cidadãos na tomada fundamentada de decisões.

A partir da argumentação de Aikenhead (1985), pode-se notar uma mudança no currículo das ciências da natureza, onde se pretende minimizar aspectos como a memorização mecânica de informações e privilegiar fatores como a formação de competências e habilidades. Esta tendência do currículo se consolida por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002).

Para que o currículo das ciências da natureza privilegie a formação de competências e habilidades, pesquisadores do ensino de ciências, como Cachapuz *et al* (2005), sustentam que a aprendizagem das ciências se aproxime das características do trabalho científico. Para isto, Carvalho (2004) afirma ser necessário que os alunos participem de verdadeiras investigações científicas, onde não se separe teoria, resolução de problemas e práticas laboratoriais.

Como se destacou acima, o laboratório de experimentação cumpre um papel importante no processo de aprendizagem de ciências da natureza, reportando-se na presente pesquisa mais à Física, por ser uma ciência de natureza experimental. O uso pedagógico do laboratório de experimentação pode proporcionar a aprendizagem de conteúdos tanto conceituais, como procedimentais e atitudinais. Segundo Marinelli e Pacca (2006, p 497- 498):

O laboratório didático tem uma estreita relação com o que se entende por Ciência e realidade e esse é o espaço escolar onde são estudados conteúdos experimentalmente. O acesso aos fenômenos e conceitos envolvidos se concretiza nas medidas das características físicas relevantes e de variáveis significativas já definidas por teorias e modelos bem estabelecidos pela Ciência. Além disso, no laboratório os estudantes podem ter a oportunidade de interagir mais intensamente entre si e com o professor, discutir diferentes pontos de vista, propor estratégias de ação manipular instrumentos, formular hipóteses, prever resultados, confrontar previsões com resultados experimentais etc., e, ora uns ora outros desses aspectos, podem ser valorizados nas atividades.

De acordo com Tamir (1989) e Kischner (1992) *apud* Barolli e Villani (1998) e também Grandini e Grandini (2004), o laboratório experimental cumpre um papel singular no processo de aprendizagem dos alunos, pois ao proporcionar o trabalho em grupos, se favorece a discussão e construção colaborativa do conhecimento. Além disso, Grandini e Grandini (2004, p 252-253) sustentam que, através do laboratório experimental, pode-se proporcionar aos alunos:

Vivência e manuseio de instrumentais, que lhes permitem conhecer diversos tipos de atividades, podendo estimular-lhes a curiosidade e a vontade em aprender a vivenciar ciência; incentivar o aluno a conhecer, entender e aprender a aplicar a teoria na prática, dominando ferramentas e técnicas que poderão ser utilizadas em pesquisa científica; desenvolvimento do trabalho cooperativo, ou seja, alunos trabalhando em grupo favorecendo assim, a discussão, bem como possibilitando o desenvolvimento e a prática de habilidades intelectuais, promovendo a conceitualização e o aprofundamento da compreensão dos alunos.

Um conteúdo procedimental que necessariamente deve ser explorado com os alunos durante o desenvolvimento de atividades experimentais é a teoria dos erros¹³. Tal teoria está relacionada com o fato de que, ao se efetuar a medida de uma grandeza física, há uma incerteza intrínseca, que advém das características de funcionamento e operacionais dos equipamentos utilizados na sua operação e também do próprio operador (MARINELLI; PACCA, 2006). É necessário se estabelecer uma estimativa com que nível de confiança, determinado valor numérico, obtido durante um processo de aquisição e leitura de dados experimentais, representa determinada grandeza física, obtida numericamente a partir da modelagem teórica e cálculos matemáticos. A teoria dos erros, portanto, preocupa-se em conseguir estimar com maior precisão e confiança o valor de uma grandeza medida e o seu erro.

Para ilustrar a importância que a teoria dos erros representa para se medir e inferir grandezas físicas e suas eventuais relações no processo da aprendizagem de física relata-se que, numa pesquisa para levantamento das dificuldades que alunos de licenciatura em Física da Universidade de São Paulo apresentavam em atividades de laboratório, Marinelli e Pacca (2006, p 501) descobriram que os referidos alunos demonstravam em seus relatórios e exercícios o seguinte:

¹³ Referência: Apostila teoria do erro.: http://wwwp.fc.unesp.br/~malvezzi/downloads/Ensino/Disciplinas/LabFisI_Eng/ApostilaTeoriaDosErros.pdf.

Não conceberem que resultados de medidas flutuam; não incluíram o cálculo do valor da incerteza na apresentação e interpretação de um procedimento laboratorial de medida de grandeza física; considerarem a interferência humana como fator que obscurece o acesso e o conhecimento de um fenômeno; utilizarem a teoria para validar resultados experimentais.

Apesar das várias contribuições que o laboratório de experimentação pode fornecer a aprendizagem de ciências/física, como se destacou acima, Borges (2002) chama atenção para o fato de que a abordagem tradicional, onde os alunos apenas executam ações fornecidas por roteiros fortemente estruturados, são incapazes de gerar uma aprendizagem efetiva. Este autor recomenda que as atividades experimentais sejam repensadas pedagogicamente, como no caso da adoção da estratégia de resolução de problemas abertos¹⁴, onde os alunos podem participar ativamente de todas as etapas do processo de solução.

Tendo em vista os inúmeros benefícios que o laboratório de experimentação científica pode proporcionar para o processo de ensino/aprendizagem de física, como descritos acima, aufere-se que ele represente uma via para o desenvolvimento de inúmeras competências e habilidades descritas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) na área de Ciências da Natureza e também nas Orientações Educacionais Complementares aos parâmetros Curriculares Nacionais no que corresponde à física (PCNEM+), (BRASIL, 2002, p 7-16), em que se destacam algumas:

- Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. Isto está relacionado com o fato de que através do laboratório de experimentação, o aluno tem a oportunidade de relacionar teoria com realidade, e se pode desenvolver um processo de aprendizagem por tratamento de situações problema abertos (AZEVEDO, 2004; BORGES, 2002; CARRASCOSA *et al*, 2006; SERÉ; COELHO; NUNES, 2003);
- Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas; reconhecer e saber utilizar

¹⁴ Para Borges (2002), um problema aberto é uma situação para a qual não há uma solução imediata obtida pela aplicação de uma fórmula ou algoritmo.

corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física; ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas, apresentados em textos. No laboratório de experimentação, o aluno tem a oportunidade de manipular instrumentos e fazer medidas físicas, bem como entender a realidade construída pela ciência (GRANDINI; GRANDINI, 2004; MARINELLI; PACCA, 2006).

Apresenta-se, a seguir, uma síntese dos resultados de pesquisas nacionais sobre o uso pedagógico do laboratório de experimentação científica na aprendizagem de física, dentro de uma visão pedagógica de aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK.; HANESIAN, 1968; AUSUBEL, 2003) e aprendizagem colaborativa (VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009):

a) Motivação – Laburú (2006), a partir de uma síntese teórica apresenta uma investigação onde discute situações de forma a melhorar o interesse dos alunos para as atividades experimentais, embutido-as de traços motivadores na intenção de estimular a atenção dos alunos, por meio da: exploração das dimensões do interesse de baixo nível (recorrência ao bizarro, ao chocante, a magia, lúdico, novidade) e de alto nível (solucionar problemas ou recorrer à competência intelectual para controlar o ambiente experimental defrontado); conjugar as duas dimensões (baixo e alto níveis) a fim de vencer a contradição gerada, por assistência de um encaminhamento instrucional adequado, no intuito de integrar evento e conteúdo.

Gadéa e Dorn (2011), ao desenvolverem atividades experimentais “lúdicas”, com alunos do 1^o e 2^o ciclos do ensino fundamental concluem, por meio do estudo e análise da interpretação de diálogos, desenhos e mini-textos das crianças, concluem que é possível proporcionar ao aluno novas formas de aprendizagem, onde se adquira o conhecimento científico de uma forma muito mais interessante e atraente do que no ensino tradicional. Barolli e Franzoni (2004) e (2008) ao analisarem o efeito das intervenções docentes no contexto de uma aula realizada em um laboratório didático de Física, em nível de graduação, compreendem que os docentes, antes de realizar intervenções durante a realização de uma prática experimental, devem realizar reflexões por meio dos seguintes questionamentos: o que essa intervenção poderá representar para meus alunos e para mim? Que ganhos teremos? Que saberes poderão se construir a partir da experiência? São eficazes para colocar em marcha a articulação entre ensino e

aprendizagem e possibilitar novas experiências aos estudantes. Os autores também afirmam que uma experiência de aprendizagem só se configura, quando o sujeito investe sua subjetividade no enfrentamento das dificuldades que experimenta em seu processo educativo.

Borragini *et al* (2004) desenvolveram uma pesquisa com alunos do curso de licenciatura em Ciências da Univates/RS, com o objetivo de elaborar atividades experimentais, elaboradas a partir de um referencial teórico construtivista, que tenham como objetivo fomentar aprendizagens significativas que potencializem a evolução conceitual dos alunos. Os autores concluem que a elaboração destas atividades deve atender aos seguintes requisitos: os materiais e equipamentos utilizados nas atividades sejam simples e de fácil reprodução, desenvolvimento de questionamentos iniciais para ativar os conhecimentos implícitos e os conhecimentos formais trazidos e construídos pelos alunos, realização do experimento de forma a corroborar ou conflitar hipóteses e explicações iniciais, questionamentos que orientem as reflexões comparativas entre o que foi previsto ou imaginado e o que foi efetivamente observado pelo grupo durante a realização da atividade, discussões de fechamento realizadas no grande grupo, a partir das respostas e das dúvidas levantadas por cada pequeno grupo;

b) Consolidação- As atividades experimentais podem constituir uma estratégia muito eficaz para a consolidação da aprendizagem, desde que possam ser submetidas às seguintes abordagens:

i) Investigações/tratamento de situações-problema abertos: Coelho *et al* (2010) desenvolveram uma pesquisa com alunos de ensino fundamental e médio, para investigar como os sujeitos constroem seus conceitos científicos, a partir de seus conhecimentos prévios, valendo-se da montagem e exploração de experimentos no campo da eletricidade. Ao final da pesquisa, os autores concluem que os alunos percebem a importância da relação entre teoria e prática em sua aprendizagem, com a valorização do experimento por lhes permitir confrontar suas hipóteses com os resultados experimentais, que houve o desenvolvimento do senso crítico, da capacidade de raciocínio e evolução no plano conceitual, favorecimento da curiosidade e interesse dos alunos.

Carmo e Carvalho (2009) desenvolveram uma pesquisa com alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola da rede pública estadual paulista,

analisando a construção da linguagem gráfica em uma sequência de aulas sobre calor e temperatura em um laboratório investigativo, concluindo que os alunos desenvolveram diversas características da atividade científica (em especial da Física), a mencionar: natureza do gráfico científico, reconhecimento das características da curva obtida, ajustamento de uma reta aos pontos obtidos, entendimento das flutuações nas medidas, verificação da influência do observador na medida, arredondamento das medidas, sincronia das medidas – tempo de reação, interpretação do fenômeno usando conceitos apreendidos, definição dos conceitos úteis (“desvio experimental” e “reta média”) e ajuste de curvas.

Capecchi e Carvalho (2004) desenvolveram um estudo de caso, referente a aulas de Física, em uma turma do primeiro ano do ensino médio de uma escola da rede pública de São Paulo, com o objetivo de investigar como aspectos da cultura científica são disponibilizados no plano social da sala de aula durante a realização de uma atividade de laboratório aberto, concluindo que os alunos parecem ter construído importantes significados relacionados à prática de laboratório, tais como: rigor na realização de medidas, cuidados para evitar interferências externas, contraste entre hipóteses e evidências empíricas.

ii) Integração entre tecnologias da informação e comunicação e atividades experimentais: Dorneles, Araújo e Veit (2006, 2007) desenvolveram uma pesquisa integrando softwares de simulação e modelagem computacional *Modellus*, com aulas teóricas e experimentais sobre circuitos elétricos resistivos de corrente contínua e alternada, de modo a auxiliar alunos de engenharia, concluindo que houve favorecimento do desenvolvimento da aprendizagem, no tocante aos alunos que se submetem apenas a aulas teóricas e práticas tradicionais.

Pereira e Barros (2010) desenvolveram uma pesquisa com alunos do ensino médio, em que estes registravam aulas experimentais de Física por meio de vídeos didáticos, concluindo que houve o engajamento intelectual e o desenvolvimento da motivação dos alunos. Silva e Veit (2006) desenvolveram um estudo com alunos do ensino médio e do ensino superior que consistia em cinco atividades experimentais do tipo semi-aberto de aquisição automática de dados, compreendendo que houve a emergência de discussões sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea, como efeito fotoelétrico e supercondutividade por parte dos alunos. Sias e Teixeira (2007) relatam uma experiência com alunos do ensino médio onde foram desenvolvidas

práticas experimentais de Física Térmica por meio de dispositivos de aquisição automática de dados, concluindo que houve maior motivação e possibilidade de compreensão de fenômenos físicos por parte dos alunos;

c) Aprendizagem por meio do diálogo e intercâmbio de informações- Biassoto e Carvalho (2007) desenvolveram um curso onde requisitavam a professores de Física o planejamento, realização e discussão de um problema experimental de mecânica, concluindo que as atividades experimentais baseadas na resolução de problemas promovem uma boa interação e argumentação entre os participantes quando bem conduzidas.

Villani e Nascimento (2002, 2003) desenvolveram uma pesquisa através da realização coletiva de um experimento de Física para investigar a influência do laboratório didático na argumentação dos alunos do ensino médio, compreendendo que o laboratório experimental de bancada influencia diretamente a argumentação dos alunos, ao garantir o discurso, no qual estão inseridos os argumentos com três tipos específicos e distintos de dados: dados fornecidos pelo roteiro (DF); dados empíricos obtidos através da atividade experimental (DE); dados registrados no cotidiano (DR). Também compreenderam que o laboratório experimental de bancada introduz elementos específicos, que facilitam o reconhecimento do contexto escolar e aumentam a probabilidade e a necessidade dos alunos utilizarem argumentos mais adequados e completos, cuja estrutura se aproxima mais dos argumentos científicos, em suas respostas a problemas e questões escolares.

Lima e Raboni (2007) desenvolveram uma situação de aprendizagem por meio de uma atividade experimental de circuitos elétricos resistivos, com alunos de um curso pré-vestibular, de modo a investigar as interações verbais surgidas, concluindo que as atividades práticas podem oferecer grandes possibilidades de interações verbais, podendo auxiliar os processos de ensino-aprendizagem e tornar-se um bom mecanismo para incentivar as manifestações verbais, acesso aos conhecimentos prévios e mecanismo de avaliação dos alunos. Monteiro *et al* (2007) desenvolveram uma pesquisa com alunos do ensino médio, onde era abordada uma prática experimental relativa a conservação da energia, concluindo que os movimentos discursivos do professor são importantes para a sustentação do processo de motivação. Couto e Aguiar Júnior (2009) acompanharam um professor de Física do ensino médio que desenvolvia suas aulas coordenando atividades experimentais e simulações em sala de aula do tópico ótica,

compreendendo que a coordenação de recursos experimentais e semióticos por meio do discurso que o professor vai tecendo com a participação dos estudantes em sala de aula promove o interesse e o engajamento dos estudantes na construção de respostas a um problema proposto.

Nos quadros 1a e 1b apresenta-se uma síntese dos resultados de pesquisas sobre o uso do laboratório de experimentação científica no processo de motivação e facilitação da aprendizagem de física:

Quadro 1a – Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico do laboratório experimental de bancada como recurso de motivação da aprendizagem de física.

A motivação pode ser desenvolvida em atividades experimentais por meio da: novidade e solução de problemas (LABURÚ, 2006); desenvolvimento de intervenções docentes em que o professor possa refletir sobre suas ações e os ganhos de aprendizagem que se possa obter a partir delas (BAROLLI; FRANZONI, 2004, 2008); atividades experimentais de perfil construtivista onde se tenha: materiais simples e de fácil reprodução, questionamentos iniciais para ativar os conhecimentos prévios, conflito de hipóteses e explicações iniciais, questionamentos para se refletir entre o que foi previsto e o que se observou, discussões de fechamento (BORRAGINI *et al*, 2004).

Quadro 1b: Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico do laboratório experimental de bancada como recurso de facilitação da aprendizagem de física.

Atividades experimentais podem ser muito úteis como ferramenta de facilitação da aprendizagem através de: resolução de problemas onde se promova a articulação entre teoria e prática, evolução no plano conceitual (COELHO *et al*, 2010); desenvolvimento de competências e habilidades de raciocínio científico do tipo: rigor na realização de medidas experimentais, confecção e interpretação de gráficos por parte dos alunos (CARMO; CARVALHO, 2009; CAPECCHI; CARVALHO, 2004); promoção de uma boa interação discursiva entre alunos e professores(BIASSOTO; CARVALHO, 2007); aproximação dos argumentos dos alunos da estrutura de argumentos científicos (VILLANI; NASCIMENTO, 2002, 2003).

Outro aspecto de importância estratégica para se facilitar e valorizar o uso pedagógico do laboratório de experimentação e o desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa é promover a integração do primeiro ao laboratório de informática (CRUZ, 2012; RIBEIRO et. al, 2008a; RIBEIRO et. al, 2008b; RIBEIRO et. al, 2011; RIBEIRO, 2012; SILVANO, 2011), numa perspectiva construcionista e da integração da tecnologia ao currículo (ALMEIDA; VALENTE, 2011; VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009). Neste sentido e atendendo ao campo de limitação da presente pesquisa, no tópico a seguir, argumenta-se sobre o uso de softwares de simulação e modelagem computacional na aprendizagem de física e ciências.

1.4 Uso pedagógico do laboratório de informática e de softwares de simulação/modelagem computacional na aprendizagem de Física/Ciências.

Segundo Valente (1998a) *apud* Carmo Filho (2006), desde a década de 1960, o computador vem sendo crescentemente utilizado para fins pedagógicos. Para Fiolhais e Trindade (2003) a história da informática educativa passou por três gerações, ocasionando um processo de profunda e continuada re-significação de caráter teórico-metodológico, emergido a partir das teorias da aprendizagem a aproximando campos de conhecimento como educação e informática (ALMEIDA; VALENTE, 2009; MATUI, 2006; RIBEIRO, 2012; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009).

Sem perda de generalidade, a primeira geração foi moldada pela teoria *behaviorista*, onde o computador é quem instrui o aluno, não importando os processos mentais no seu interior.

A segunda foi baseada na teoria cognitiva de Jean Piaget e outros, onde se tem preocupação com os processos mentais que surgem na mente dos alunos. Desse modo, esta geração ficou caracterizada por concentrar ênfase tanto nos conteúdos de aprendizagem, quanto na forma como eles são apresentados.

A terceira geração, surgida na década de 1990, expressa por base a teoria construtivista, onde cada aluno constrói sua visão de mundo através de suas experiências individuais. Esta geração enfatiza a interações aluno e máquina, por

considerar que elas são tão ou até mais importantes do que os conteúdos de aprendizagem ou a forma como são apresentados.

Pode-se assumir aqui que os softwares de simulação/modelagem computacional são notadamente um produto da referida terceira geração. Para Fiolhais e Trindade (2003), ao permitir realizar experiências conceituais, o uso pedagógico de tais softwares está mais próximo da aprendizagem por descoberta. Segundo Gaddis (2000) *apud* Medeiros e Medeiros (2002, p 80) e Sena dos Anjos (2008, p 592), algumas das diversas vantagens do uso pedagógico de simulações computacionais para a aprendizagem de Física são:

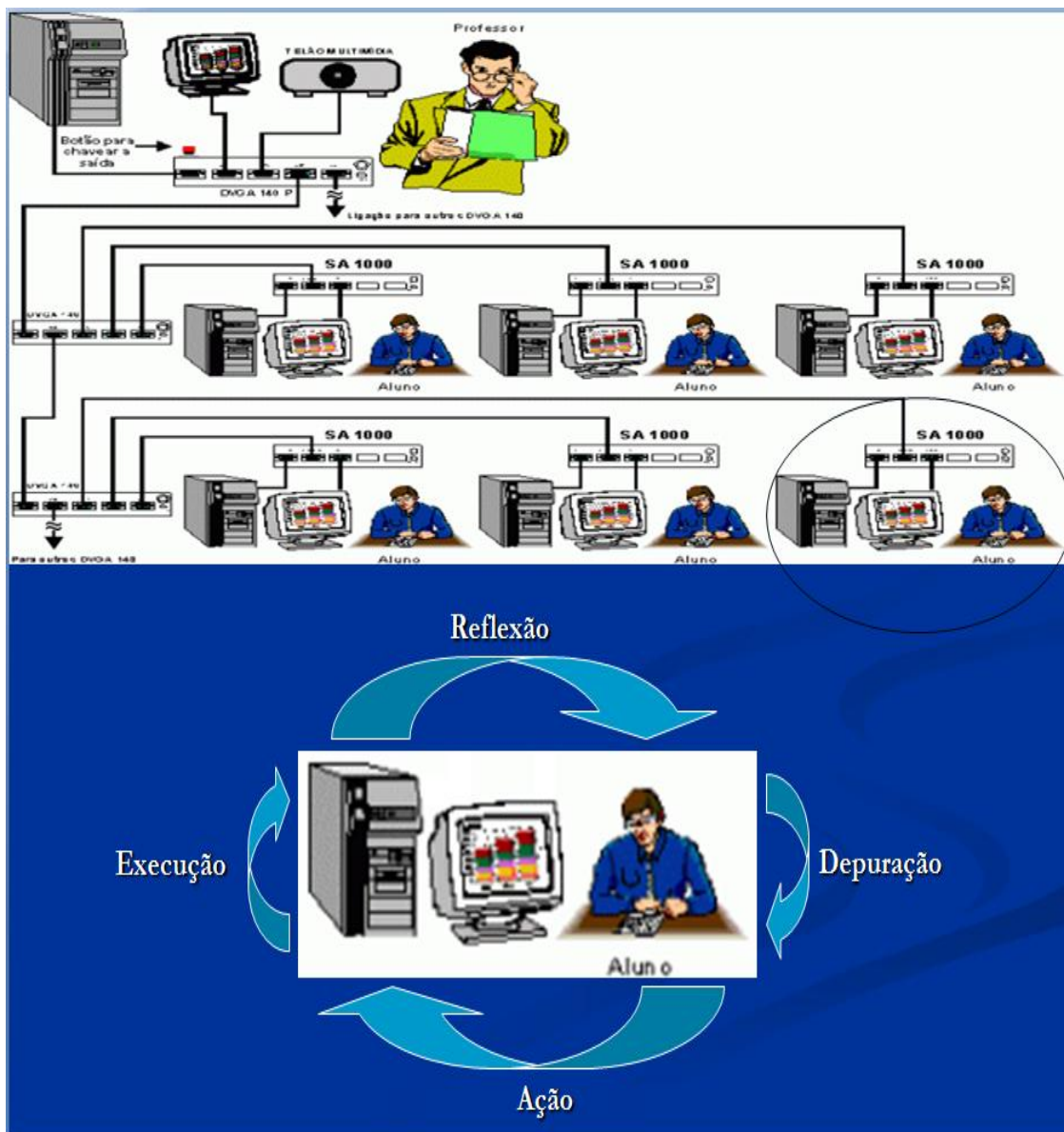
Reduzir o ruído cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos; fornecer um feedback para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente; permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses; permitir a formação de imagens mentais de fenômenos abstratos ou de alta complexidade; engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade; envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica; reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causa e efeitos em sistemas complexos; servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório; desenvolver habilidades de resolução de problemas; promover habilidades de raciocínio crítico; fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos; auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta; acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual.

Tendo em vista o uso pedagógico do computador como apresentado, para Valente (2011) o computador pode ser usado de modo inteligente, dentro de uma perspectiva construtivista do processo de ensino/aprendizagem, para que se desenvolvam competências e habilidades necessárias em nossa sociedade atual. Corroborando com Valente (2011), Lima *et al* (2010, p 2) afirmam que o computador pode funcionar como um recurso pedagógico que ajuda na descrição, na reflexão e no refinamento de idéias, possibilitando que o aluno seja um ser ativo no processo de construção de seu conhecimento.

Segundo Valente (2002), a interação aprendiz-computador, seja ao se programar um computador, seja em um processo de ensino-aprendizagem na abordagem do estar junto virtual, pode ser conduzida de forma que se tenha um ciclo espiral de ação-execução-reflexão-depuração, semelhante ao ciclo de movimentos contínuos

assimilação-adaptação-acomodação do processo de construção do conhecimento, descrito por Piaget (1976). Este ciclo se encontra ilustrado na figura 1.5 abaixo:

Figura 1.5: O ciclo espiral da aprendizagem de Valente em um ambiente cooperativo, onde os alunos realizam ciclos individuais e o professor realiza um ciclo em paralelo, devido à análise dos ciclos dos alunos (MARTINS, 2009, p31).



Tomando em consideração o campo de pesquisa desta [dissertação](#), entende-se que o aluno possa desenvolver um ciclo espiral da aprendizagem de Valente por meio de situações de aprendizagem do tipo: no processo de resolução de uma situação problema aberto no laboratório de experimentação, com a execução de procedimentos, reflexões e depurações em busca da solução; por meio da manipulação de um software

de simulação/modelagem, com a execução de interações e sua reflexão para melhor compreender as propriedades de uma lei ou fenômeno físico.

Do ponto de vista da aprendizagem significativa ausubeliana, Ribeiro *et al* (2008a,b); Ribeiro *et al* (2011); Ribeiro (2012) e Tavares (2003) entendem que as simulações computacionais podem exercer a função de organizador prévio da aprendizagem de conteúdos de Física, preenchendo o hiato entre aquilo que o aluno já sabe e aquilo que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente um determinado tema em estudo.

Segundo Veit e Teodoro (2002), a ciência pode ser entendida como um processo de representação do mundo através de modelos. No que diz respeito à Física, esta se vale de modelos teóricos e matemáticos para representar sistemas dinâmicos, podendo ser considerada difícil para determinados estudantes. Segundo os autores, ao se utilizar atividades de modelagem computacional, é possível mudar esta imagem que os alunos possuem da Física, possibilitando uma melhor compreensão de seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo.

Para Webb e Hassen (1988) *apud* Veit e Teodoro (2002, p88) introduzir atividades de modelagem nas aulas de Física também possibilita aos alunos: facilitar o desenvolvimento do processo cognitivo (OKADA, 2008), possibilitando que os estudantes articulem raciocínios a um nível mais avançado, re-significando e generalizando conceitos e relações; possibilitar permitir que os alunos definam suas idéias e conceitos mais precisamente; direcionar os estudantes para definirem suas idéias e conceitos mais precisamente; propiciar oportunidades para que os estudantes testem seus próprios modelos cognitivos, detectem e corrijam inconsistências, favorecendo a autonomia e a reflexão (ALMEIDA; VALENTE, 2011; VALENTE, 2002).

Vale ressaltar que para Dorneles, Araújo e Veit (2006), softwares de simulação e softwares de modelagem computacionais apresentam distinção nos modos como os alunos interagem com o modelo computacional. Para os autores, o primeiro tipo de software, simulação, permite apenas que os alunos desenvolvam atividades do tipo dito exploratórias, onde o aluno pode alterar parâmetros e variáveis, porém não pode mudar o modelo do fenômeno observado. Enquanto que o segundo tipo, modelagem, os alunos além de poderem realizar atividades do tipo exploratórias, podem criar modelos próprios sobre o fenômeno de estudo.

Partindo-se dos fundamentos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968), entende-se que os respectivos modos de interação do aluno com o modelo computacional (exploratório ou criativo) (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006), não representam uma dicotomia, mas um contínuo, dependendo da proposta pedagógica que embasa seu uso. Com base neste entendimento, a presente pesquisa, em sua fase de campo, por meio das atividades de simulação e modelagem computacionais, visa proporcionar aos alunos modos de interação tanto exploratórios, quanto criativos, como será descrito nos capítulos 2 e 3 seguintes.

Ressalta-se também que, na presente pesquisa, se busca incorporar ou re-significar alguns pressupostos juntos à pesquisa desenvolvida por Dorneles, Araújo e Veit (2006), nesta destacando atividades de simulação e modelagens computacionais para suprir dificuldades de aprendizagem sobre circuitos elétricos simples. Para tanto, são contemplados aspectos construtivistas do tipo: construção do conhecimento por meio da mediação do professor (MATUI, 2006); desenvolvimento da aprendizagem significativa por meio dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968; FREITAS, 2007; NOVAK, 2010) e aspectos construcionistas, como o desenvolvimento da aprendizagem por meio da formação do denominado ciclo da espiral da aprendizagem, segundo Valente (2002).

A proposta da presente dissertação contempla os aspectos supramencionados, nas etapas de desenvolvimento de sua prática pedagógica, como será discutido nos capítulos posteriores.

Apesar das vantagens que as simulações e modelagens computacionais possam trazer para a aprendizagem de ciências/física, tais recursos apresentam também limitações. Para Medeiros e Medeiros (2002), elas seriam do tipo: simulações são baseadas em modelos simplificados e aproximados da realidade não sendo jamais uma cópia fiel do real; simulações podem comunicar concepções opostas àquelas que o educador pretendia comunicar, caso não se perceba a diferença entre realizar um experimento real ou manipular uma simulação computacional de um mesmo fenômeno natural.

Borges Neto e Capelo Borges (2012, p6) alertam que para os softwares educativos proporcionarem desenvolvimento do raciocínio lógico, devem ser utilizados de modo que o educador possa criar atividades, as quais os alunos sejam estimulados para o desenvolvimento de respostas a situações-problemas nos planos do ensaio erro e da dedução. Caso não sejam utilizados deste modo, os autores afirmam que a

contribuição destes softwares para a aprendizagem pode sofrer eventuais comprometimentos como induzir a erros de aprendizagem.

Os softwares de simulação e modelagem computacionais, dentro de uma proposta aprendizagem significativa ausubeliana (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968; AUSUBEL, 2003) e de aprendizagem colaborativa (VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009) podem auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem de física da seguinte forma:

a) Motivação – Rebello e Ramos (2009 a, 2009 b) desenvolveram uma pesquisa com alunos do ensino médio utilizando maquetes o software de simulação *Crocodile*¹⁵ *Physics* para o estudo do tópico associação de resistores elétricos, concluindo que o uso se promoveu motivação e maior entusiasmo, o que contribuiu para a aprendizagem significativa tanto de conceitos sobre circuitos elétricos, quanto de aspectos relacionados à vida cotidiana dos alunos. Werlang, Schneider e Silveira (2008 a, 2008 b) desenvolveram uma experiência didática com alunos do segundo ano do ensino médio, de um curso técnico em agricultura, utilizando animações em *flash* para o ensino de Física de Fluídos, compreendendo que houve uma maior disposição e interesse junto aos alunos durante as etapas do desenvolvimento da aprendizagem do referido tópico;

b) Aprendizagem por meio do diálogo e da troca de informações - Animações em flash para o ensino de física de fluídos facilitaram o processo de ensino-aprendizagem pelas interações discentes-discentes e discentes-docentes (WERLANG; SCHNEIDER; SILVEIRA, 2008 a, 2008 b);

c) Formação de organizadores prévios/consolidação – Andrade e Costa (2006) utilizaram o *software* *ótica* e três *Applets Java*, para desenvolver conceitos de ótica com alunos do ensino médio de uma escola pública e uma escola privada, concluindo que os alunos demonstraram haver construído de forma mais representativa modelos mentais em relação à temas de ótica geométrica. Weiss e Andrade Neto (2006) desenvolveram

¹⁵ *CrocodilePhysics* é um *software* icônico que permite simular circuitos elétricos simples, contendo elementos como: resistores, baterias, fios, lâmpadas, etc, desenvolvido pela empresa Crocodile, com versões apenas em inglês. No capítulo 2, serão fornecidas outras informações sobre seu funcionamento. O referido software pode ser adquirido no site: http://www.crocodile-clips.com/en/Crocodile_Physics.

um estudo piloto com alunos de ensino médio utilizando o *software Modellus* para desenvolver conceitos de eletrostática, concluindo que os alunos apresentaram indícios de re-significação e evolução de conceitos de eletrostática. O *software Modellus* também foi utilizado por Araújo, Veit e Moreira (2004) em uma pesquisa com alunos universitários de Física para estudo de cinemática, concluindo que houve a superação de algumas dificuldades de aprendizagem na interpretação de gráficos de cinemática. Dorneles, Araújo e Veit (2006, 2007) também utilizaram o citado *software* em uma pesquisa, para desenvolvimento do tópico associação de resistores elétricos com alunos universitários de um curso de engenharia, concluindo que houve melhoria no desempenho de aprendizagem do referido tópico.

Nos quadros 2a e 2b apresenta-se uma síntese dos resultados de pesquisas bibliográficas realizadas durante o desenvolvimento da dissertação, concernente ao uso de softwares de simulação/modelagem computacional, destacando-se o processo de motivação e facilitação da aprendizagem de física:

Quadro 2a – Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico de softwares de simulação/modelagem computacional como recurso de motivação da aprendizagem de física.

<p>O uso de softwares de simulação/modelagem computacional pode motivar a aprendizagem por meio da: promoção de uma maior disposição para a aprendizagem; despertar o interesse e manutenção da atenção dos alunos (REBELLO; RAMOS, 2009 a, 2009; WERLANG; SCHNEIDER; SILVEIRA, 2008 a, 2008 b).</p>
--

Quadro 2b - Síntese de pesquisas sobre o uso pedagógico de softwares de simulação/modelagem computacional como recurso de facilitação da aprendizagem de física.

<p>Softwares de simulação/modelagem computacional promovem facilitação da aprendizagem através de: interações discente-discente e discente-docente (WERLANG; SCHNEIDER; SILVEIRA, 2008 a, 2008 b); superação de dificuldades de aprendizagem na interpretação de gráficos (ARÁUJO; VEIT; MOREIRA, 2004); construção de</p>
--

forma mais representativa de modelos mentais relativos a conceitos físicos (ANDRADE; COSTA, 2006) melhora no desempenho de aprendizagem quanto ao estudo de tópicos de Física (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, 2007).

Para fins de realização da prática pedagógica da presente dissertação e promover a integração do uso pedagógico de software de simulação/modelagem computacional ao laboratório de experimentação em bancada, apresenta-se a seguir uma revisão bibliográfica sobre os temas associação de resistores elétricos e medição simples.

1.5 Associação de Resistores¹⁶ Elétricos e Medição Simples¹⁷

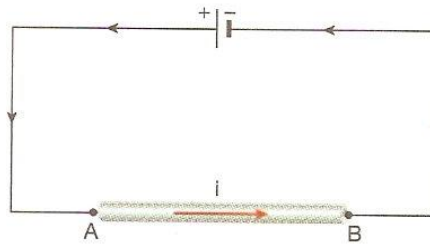
1.5.1 Conceito de resistência elétrica

De acordo com Máximo e Alvarenga (2008), suponha-se que o circuito elétrico abaixo, represente um elemento condutor de eletricidade AB ligado a uma bateria. Sem perda de generalidade, esta fornece uma voltagem V_{AB} nas extremidades desse condutor e, conseqüentemente, induzirá a passagem de uma corrente i através do circuito elétrico, conforme ilustra a figura 1.6:

Figura 1.6: Ilustração de um condutor AB atravessado por uma corrente de intensidade i em um circuito elétrico simples (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p 117).

¹⁶De acordo com Máximo e Alvarenga (2008), no estudo de circuitos elétricos, resistor é definido como um condutor que apresenta a propriedade de resistência elétrica. Ao longo desta dissertação os termos associação de resistores elétricos e circuitos elétricos de resistores são considerados idênticos, seguindo a terminologia de Dorneles, Araújo e Veit (2006).

¹⁷ O termo medição simples refere-se ao fato de que os circuitos elétricos estudados, ao nível de ensino médio, limitam-se ao modelo de comportamento idealizado para a corrente e voltagem elétricas, neste caso, estas grandezas físicas estão em estado estacionário, ou seja, não têm seus valores dependentes do tempo, de acordo com Máximo e Alvarenga (2008).



Devido à corrente elétrica em circulação através do circuito, as cargas elétricas em movimento realizarão colisões contra os átomos ou moléculas do condutor, havendo, então, uma oposição oferecida pelo fio à passagem da corrente elétrica através dele. Tal oposição à passagem de corrente é denominada de resistência elétrica, podendo ser representada, ao nível dos conteúdos do ensino médio através da equação 1, que é obtida a partir da Lei de Ohm:

(1)

$$R = \frac{V_{AB}}{i}$$

Equação 1: Representação da resistência elétrica em função da voltagem e da corrente elétrica num elemento condutor AB de um circuito elétrico (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p 117).

1.5.2 Lei de Ohm para resistores

Seja o condutor elétrico da figura 1.5. Se o valor da voltagem aplicada sobre ele for variável, observa-se que a corrente que passa através do condutor também se modifica.

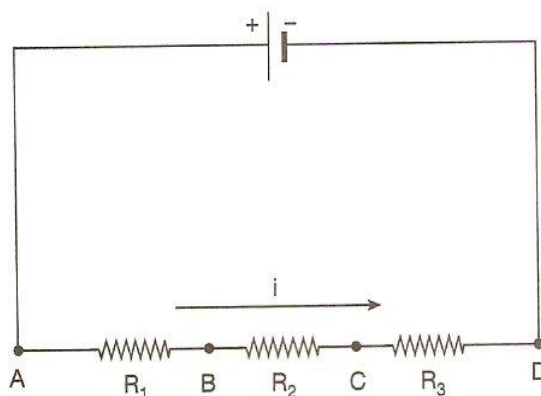
Se a razão da voltagem aplicada pelo valor da corrente se mantenha constante, pode-se então afirmar que este condutor obedece à lei de Ohm para resistores, ou que o condutor é ôhmico. Neste caso, é possível observar que o gráfico da voltagem versus corrente é expresso por uma reta. Condutores ôhmicos apresentam valor de resistência elétrica constante.

1.5.3 Associação de resistências

Em um circuito elétrico, as resistências podem apresentar os seguintes arranjos e propriedades do tipo:

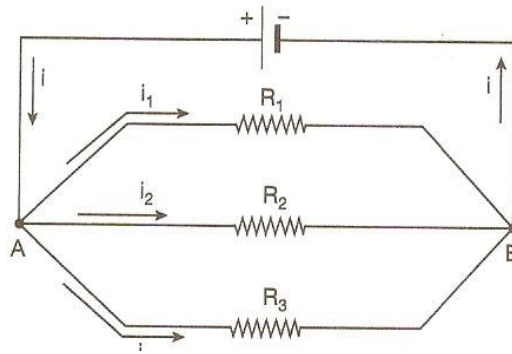
- Ligação em série - quando as resistores são ligadas um em seguida ao outro, como se ilustra na figura 1.7. Neste tipo de ligação, o valor da corrente elétrica que circula entre os resistores é o mesmo;

Figura 1.7 – Modelo de circuito elétrico com resistores associados em série (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p.128).



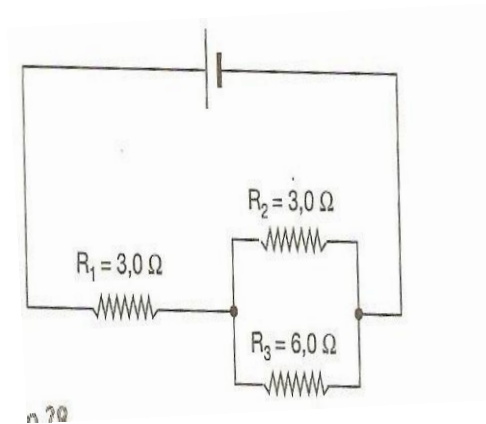
- Ligação em paralelo: quando os resistores são ligados conforme a figura 1.8, apresentada a seguir. Neste arranjo, os resistores estão submetidas à mesma tensão, que é a da fonte;

Figura 1.8.- Modelo de circuito elétrico com resistores associados em paralelo (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008. p. 129).



- Ligação Mista: quando os resistores são ligados de acordo com a figura 1.9, a seguir, em que se contempla uma combinação de resistores associados em série e em paralelo;

Figura 1.9.- Modelo de circuito elétrico com resistores associados de forma mista (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008. p. 135)



- Resistência equivalente: consiste em se permutar o conjunto de resistências associadas em série ou paralelo, por um único resistor que R_{eq} , capaz de substituir a associação.

Sem perda de generalidade, para uma associação em série, é possível se calcular, a partir das equações anteriormente apresentadas de circuito elétrico e da lei de

Ohm, que valor numérico da resistência equivalente pode ser matematicamente expressa por meio da equação 2:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \dots \quad (2)$$

Equação 2: Valor numérico da resistência equivalente de um conjunto de resistores elétricos associados em série (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p 130).

E, similarmente, para uma associação em paralelo, tem-se que a resistência equivalente é obtida pela equação 3:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (3)$$

Equação 3: Valor numérico da resistência equivalente de conjunto de resistores elétricos associados em paralelo (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p 130).

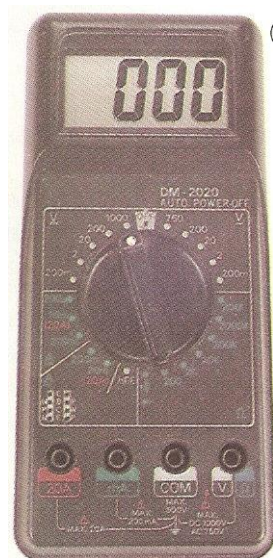
1.5.4 Instrumentação e medidas elétricas de circuitos elétricos

No estudo dos circuitos elétricos, há as seguintes modalidades de medidas experimentais e seus respectivos instrumentos:

- Medida da corrente elétrica: realizada comumente através do uso de um aparelho elétrico que detecta a presença da corrente elétrica, denominado amperímetro;
- Medida da voltagem elétrica: realizada comumente através do uso de um aparelho que mede a voltagem entre dois pontos de um circuito, chamado de voltímetro;
- Medida da resistência elétrica: medição da resistência de um resistor ou de um trecho de um circuito, realizada comumente através do uso de um aparelho conhecido por ohmímetro.

Atualmente, as citadas medições são todas feitas comumente através do uso de um único aparelho chamando de multímetro, ilustrado na figura 1.10, apresentada a seguir:

Figura 1.10 – Modelo de Multímetro, aparelho projetado para realizar medidas de corrente, tensão e resistência elétricas (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p 138)



1.5.5 Potência dissipada por uma resistência elétrica (Efeito Joule)

Suponha-se que no circuito da figura 1.5, entre os terminais AB esteja um aparelho elétrico. À medida que os portadores de carga atravessam tal aparelho, em virtude da corrente elétrica, os mesmos transferem energia. A quantidade de energia por tempo que é transferida para o aparelho é a potência (P) desenvolvida nele, a qual pode ser expressa pela equação 4:

$$P = i V_{AB} \quad (4)$$

Equação 4: Potência desenvolvida por um aparelho elétrico ao ser atravessado por uma corrente elétrica de intensidade i (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p 140).

Supondo-se que agora ao invés do aparelho, esteja entre os terminais AB um resistor de resistência R . Pela lei de Ohm, sabe-se que tensão entre os pontos AB de um resistor elétrico (V_{AB}) pode ser dada pelo produto iR . Assim, ao se substituir esta expressão na equação 4, obtém-se a equação 5, que representa a potência dissipada pelo resistor:

$$P = i^2 R \quad (5)$$

Equação 5: Potência dissipada por um resistor elétrico ao ser atravessado por uma corrente elétrica de intensidade i (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008, p 142).

Em um resistor, a energia elétrica é integralmente convertida em energia térmica, ou seja, o resistor sofre aquecimento quando é atravessado por corrente elétrica, sendo que tal fenômeno é denominado de Efeito Joule. Ressalta-se que as equações 4 e 5 são equivalentes, assim, ambas podem servir para calcular o valor da potência dissipada por um resistor.

1.6 Dificuldades de aprendizagem concernentes aos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica.

Segundo Dorneles, Araújo e Veit (2006), a Eletricidade é uma das áreas da Física que possuem importantes estudos a respeito de suas dificuldades de aprendizagem, as quais foram caracterizadas após exaustivos trabalhos de pesquisa desenvolvidos com alunos de ensino médio e superior de países como os Estados Unidos, Canadá e nações européias. Dentre estas dificuldades de aprendizagem, Dorneles, Araújo e Veit (2006) abordaram em sua pesquisa dois tipos: dificuldades conceituais sobre corrente, tensão e resistência elétricas; concepções alternativas¹⁸ sobre os conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas. Uma síntese das citadas dificuldades de aprendizagem encontra-se no quadro 3 a seguir:

Quadro 3: Síntese das dificuldades de aprendizagem dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, p 489).

Conceitos	Dificuldades conceituais	Concepções Alternativas: os alunos...
1- Corrente elétrica	1- Compreender que a intensidade da corrente elétrica em um circuito depende das características da fonte, mas também da resistência equivalente do que foi	a) ... pensam que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante. b) ... pensam que a corrente se desgasta ao passar por uma

¹⁸Deduz-se a partir do trabalho de Dorneles, Araujo e Veit (2006) que o termo concepções alternativas no contexto dos circuitos elétricos simples, refere-se a raciocínios sem base científica, sobre os conceitos e propriedades dos circuitos elétricos que os alunos apresentam.

	<p>acoplado entre os seus terminais.</p> <p>2- Considerar a conservação espacial da corrente elétrica.</p> <p>3- Reconhecer que a intensidade da corrente elétrica não depende da ordem em que se encontram os elementos no circuito e nem do sentido da corrente.</p>	<p>resistência elétrica.</p> <p>c) ... acreditam que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente elétrica são relevantes</p> <p>d) ... pressupõem que a fonte fornece os portadores de carga responsáveis pela corrente elétrica no circuito.</p>
2- Diferença de potencial	<p>1- Dificuldades em diferenciar os conceitos: diferença de potencial e corrente elétrica.</p> <p>2- Dificuldades em diferenciar os conceitos de diferença de potencial e potencial elétrico.</p> <p>3- Deficiência para reconhecer que uma bateria ideal mantém uma diferença de potencial constante entre seus terminais.</p> <p>4- Calcular a diferença de potencial entre pares de pontos ao longo do circuito.</p>	<p>e)... pensam que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante e não como uma fonte de potencial constante.</p> <p>f) ...percebem a diferença de potencial como uma propriedade da corrente elétrica.</p> <p>g) ...consideram que as diferenças de potencial entre os pares de pontos ao longo do circuito permanecem constantes.</p> <p>h) ...associam o brilho da lâmpada com o valor do potencial em um dos terminais da lâmpada.</p>
3- Resistência elétrica	<p>1- Dificuldades para distinguir resistência equivalente de uma parte do circuito e a resistência elétrica de um elemento individual.</p> <p>2- Perceber que a resistência equivalente é uma abstração útil para obter a corrente total ou a diferença de potencial em uma parte do circuito.</p> <p>3- Compreender que as divisões de correntes elétrica em um ponto de junção do circuito dependem da configuração do circuito</p> <p>4- Entendimento da associação em série de resistores como um impedimento à passagem de corrente; e da associação em paralelo como um caminho alternativo, para a passagem de corrente.</p> <p>5- Identificar associações em série e em paralelo.</p>	<p>i)...frequentemente pensam na resistência equivalente no circuito como se fosse uma propriedade individual do circuito.</p> <p>j) ao determinar como se divide a corrente elétrica em ramos paralelos de um circuito, consideram somente o número de ramos e não as resistências elétricas relativas dos vários ramos.</p> <p>k) ...pensam que se um resistor reduz a corrente por x, dois resistores vão reduzi-la por 2x, independentemente do arranjo dos resistores.</p> <p>l) ...consideram que resistores associados em série estão associados em série que haja uma junção ou não entre eles e que resistores associados geometricamente em paralelo estão em paralelo, mesmo se há uma bateria no ramo.</p>

No contexto desta dissertação delimitou-se, em seu campo de pesquisa, analisar as dificuldades de aprendizagem relativas aos conceitos de tensão, corrente e resistências elétricas, consistindo como ação 1.1 de sondagem de conhecimentos prévios (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968; FREITAS, 2007), da primeira fase da pesquisa de campo desenvolvida com alunos do terceiro ano de uma escola da rede pública estadual cearense. O interesse pelas referidas dificuldades conceituais revela-se pelo fato de que as mesmas representam grande obstáculo para a aprendizagem de circuitos elétricos simples (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006; AUSUBEL, 2003): dificuldades de aprendizagem relacionadas ao conceito de corrente elétrica, impedem que os alunos compreendam o comportamento da corrente elétrica nos circuitos simples, bem como saber como se obtém o valor da corrente elétrica; dificuldades relacionadas ao conceito de diferença de potencial impossibilitam o raciocínio dos alunos com relação ao cálculo de tensão elétrica entre os pontos de um circuito, bem como sobre um resistor específico; dificuldades relacionadas ao uso do conceito de resistência elétrica limitam o desenvolvimento do raciocínio dos alunos quanto à tarefa de obtenção do valor da resistência equivalente, e compreensão dos conceitos de associação em série e paralelo e explorar as respectivas propriedades de tais circuitos.

Para se diagnosticar algumas das dificuldades de aprendizagem como descritas no quadro 3, Dorneles, Araújo e Veit (2006), tomando como referência pesquisas internacionais concernentes a dificuldades de aprendizagem no estudo de eletricidade, sugerem que se aplique testes aos alunos, na forma de resolução de problemas envolvendo circuitos resistivos.

No contexto desta dissertação, utilizaram-se alguns circuitos testes, relativos ao ordenamento de brilho de lâmpadas incandescentes, onde estas podem ser interpretadas, de maneira aproximada, como resistores obedientes a lei de Ohm, sendo que o brilho é uma estimativa qualitativa da potência dissipada pela lâmpada. Como descrevem as equações 4 e 5, a potência dissipada por um resistor pode ser obtida pelo produto da intensidade de corrente elétrica que o atravessa vezes a tensão entre seus terminais, ou pelo produto do quadrado da intensidade da corrente elétrica que o atravessa vezes o valor da resistência elétrica que ele possui. Dessa forma, para se avaliar a potência de uma lâmpada incandescente, necessita-se compreender conceitos como corrente, tensão e resistência elétrica e saber inter-relacioná-los.

Os circuitos utilizados nesta dissertação estão ilustrados pelas figuras 1.11, 1.12 e 1.13 a seguir:

Figura 1.11: Circuitos teste para se verificar se os alunos possuem dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial (SHAFFER; MCDERMOTT *apud* DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, p 489).

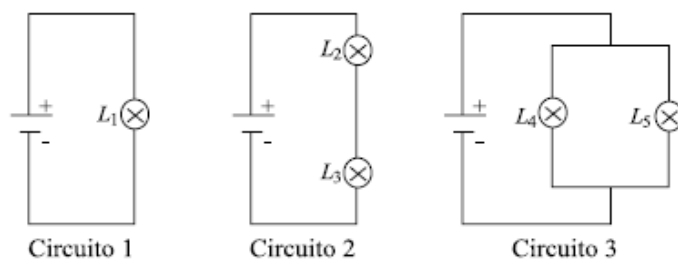


Figura 1.12: Circuito teste para se verificar se os alunos possuem dificuldades de aprendizagem quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial (SHAFFER; MCDERMOTT *apud* DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, p 489).

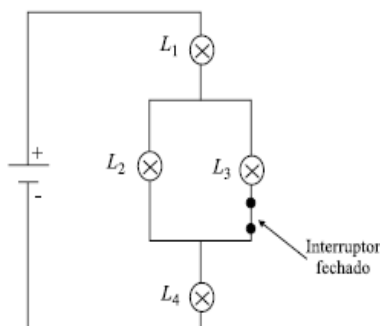
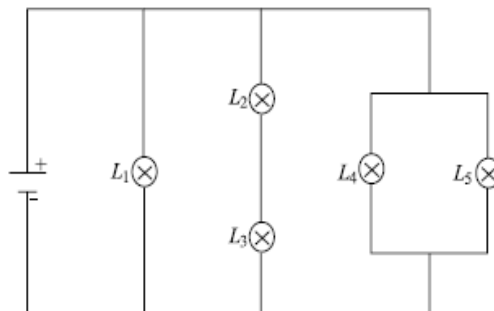


Figura 1.13: Circuito teste para se verificar se os alunos possuem dificuldades de aprendizagem quanto ao conceito de resistência elétrica (SHAFFER; MCDERMOTT *apud* DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, p 490)



De acordo com Dorneles, Araújo e Veit (2006) os circuitos da figura 1.9 e da figura 1.10 destinam-se a detectar dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas relacionadas aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial, enquanto que o circuito da figura 1.11 tem como propósito identificar dificuldades de aprendizagem quanto ao conceito de resistência elétrica.

Nesta pesquisa, como será discutido e argumentado no capítulo 2 seguinte, as dificuldades de aprendizagem (DORNELES, ARAÚJO; VEIT, 2006; AUSUBEL, 2003; VALENTE, 2003; NOVAK, 2010, MATUÍ, 2006) relativas aos conceitos de corrente, tensão e resistência elétricas, mapeadas nos alunos, foram tratadas por atividades de simulação e modelagem computacional, semelhante ao que foi desenvolvido por Dorneles, Araújo e Veit (2006).

1.7 Correlações entre os autores estudados e síntese do referencial teórico da dissertação

Conforme foi apresentado anteriormente, um dos pressupostos para que se desenvolva a aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968) é a disponibilidade de conteúdo relevante adequado na mente do sujeito (MOREIRA, 1999) , ou seja, seus conhecimentos prévios. Desse modo, a identificação das dificuldades de aprendizagem conceituais dos circuitos elétricos simples e seu respectivo tratamento por meio de atividades de simulação computacional, como realizado por Dorneles, Araújo e Veit (2006), constituem uma potencial proposta para se conceber e trabalhar junto aos alunos uma prática pedagógica que contribua para o desenvolvimento da aprendizagem significativa do respectivo tópico em questão. De acordo com o que foi argumentado, simulações e modelagem computacionais podem, pedagogicamente,

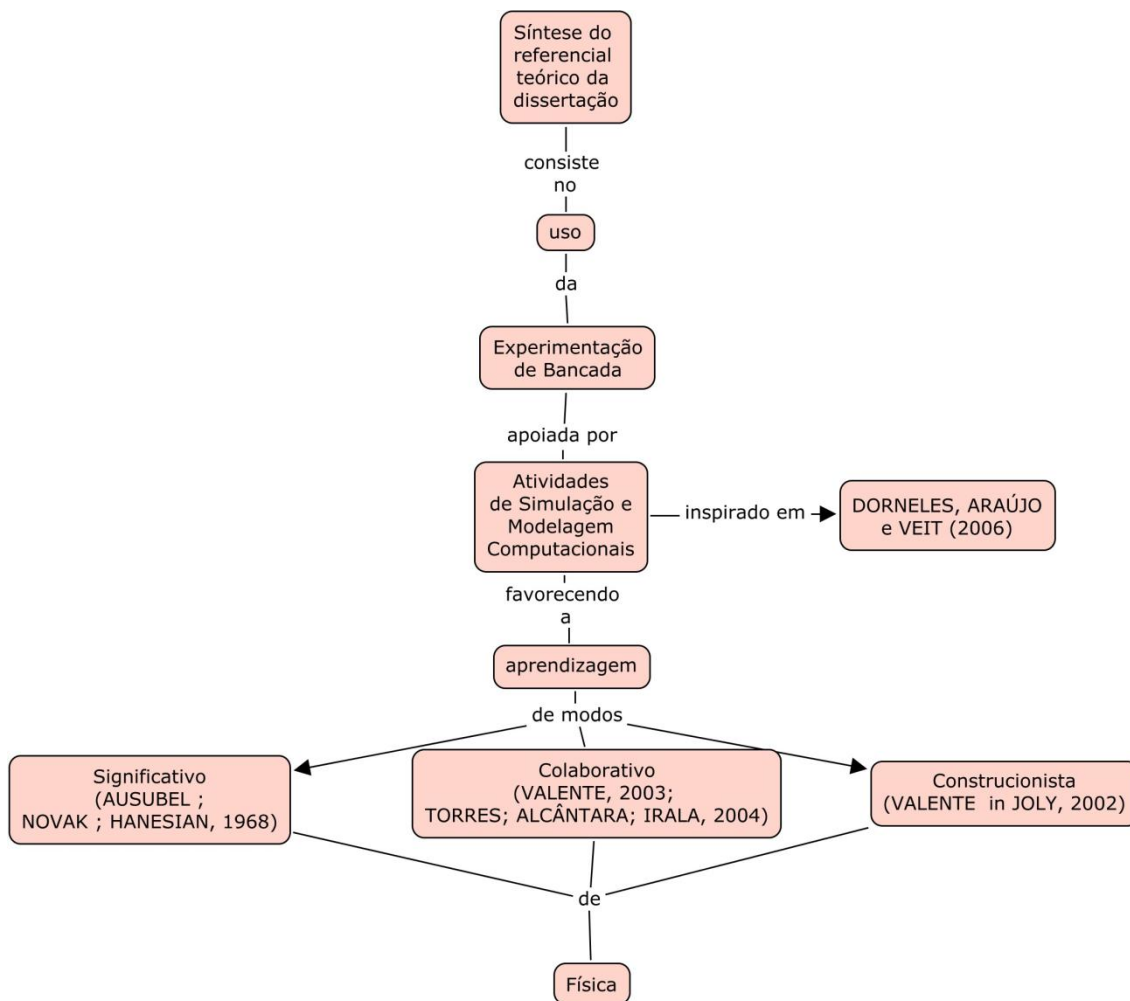
contribuir para oportunizar o desenvolvimento da aprendizagem de física dentro de uma perspectiva ausubeliana.

No referencial teórico, apresentou-se o princípio construcionista de Valente (2002), baseado na denominada espiral da aprendizagem, re-enfatizando, que consiste na construção do conhecimento pelo aluno utilizando o computador com a realização de ciclos de ações-execuções-reflexões-depurações. Neste sentido, o uso de *software* educativo para a simulação e modelagem computacionais podem ser pedagogicamente trabalhadas (CRUZ, 2012; MARTINS, 2009; RIBEIRO *et al*, 2011; SILVANO, 2011), de modo que o aluno favoreça o desenvolvimento da aprendizagem por meio da formação de tais ciclos.

Como se discutiu ao longo do referencial teórico, a experimentação de bancada constitui um recurso estratégico para favorecer o desenvolvimento da aprendizagem de física de modo significativo e colaborativo, uma vez que pode auxiliar os alunos tanto na formação de organizadores prévios, quanto pode ser um recurso para a consolidação da aprendizagem, bem como oportuniza a construção do conhecimento de modo coletivo através da discussão.

Tendo em vista as considerações arrazoadas acima, parte da pesquisa de campo deste trabalho consiste no uso da experimentação científica de bancada, apoiada por atividades de simulação e modelagem computacional, para proceder ao desenvolvimento da aprendizagem do tópico associação de resistores elétricos, dentro de uma proposta de aprendizagem significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1968) e Dorneles, Araújo e Veit (2006), colaborativa e construcionista de acordo com Valente (2003), Torres, Alcântara e Irala (2004), Valente (2002), Almeida e Valente (2011), Ribeiro *et al* (2008a, 2008b) e Ribeiro *et al* (2011). O mapa conceitual da figura 1.14 abaixo apresenta uma síntese do referencial teórico elaborado nesta dissertação.

Figura 1.14: Mapa conceitual que representa a síntese do referencial teórico da presente Dissertação.

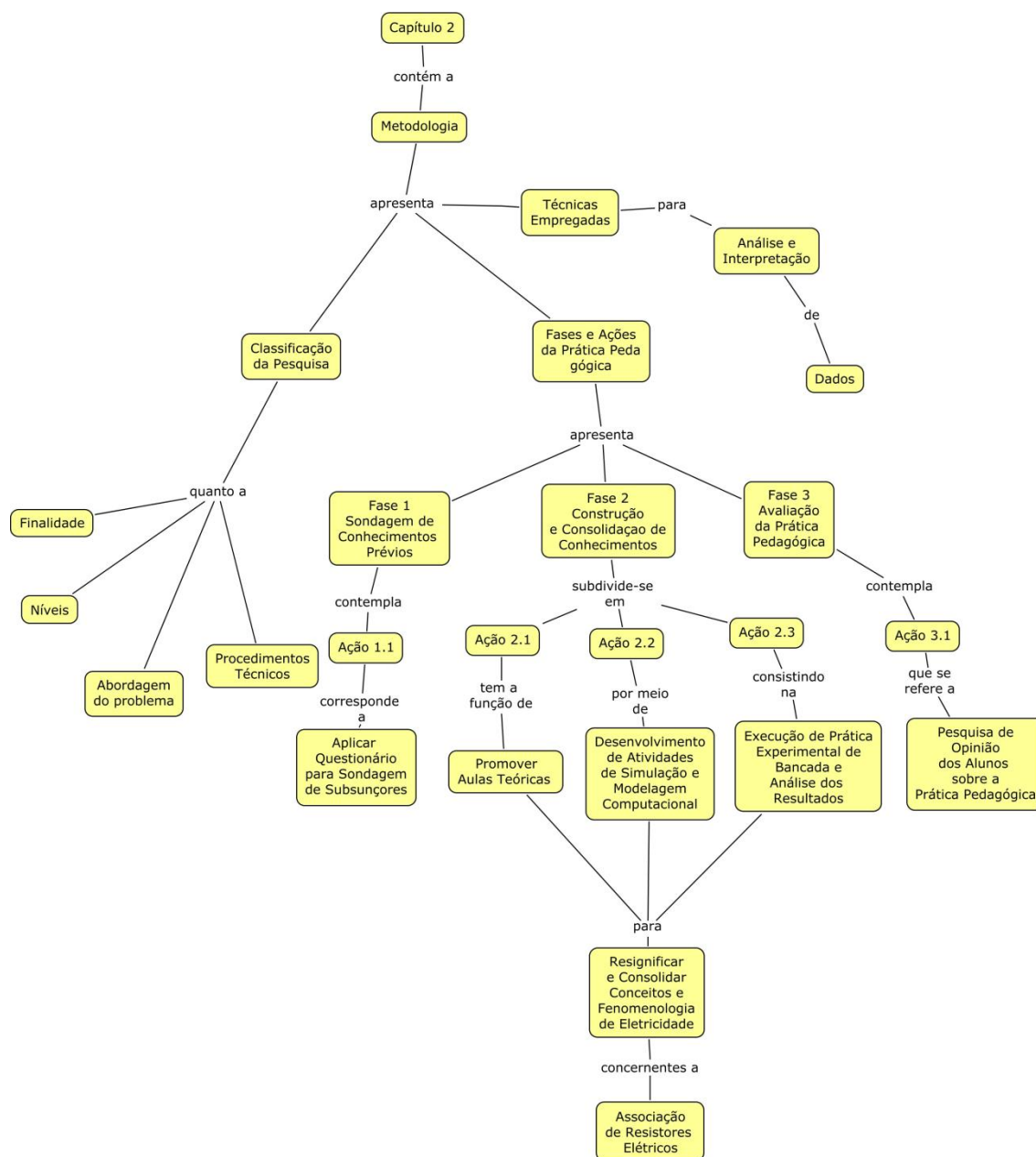


No capítulo 2, a seguir, é apresentada a metodologia de pesquisa concebida para a presente dissertação.

2- METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta e discute o referencial metodológico empregado nesta pesquisa, onde se destaca: a classificação da pesquisa, as fases de desenvolvimento da experiência pedagógica, os instrumentos de coleta de dados e as técnicas empregadas para analisar os dados obtidos. O mapa conceitual da figura 2.1 apresenta uma síntese dos temas mencionados:

Figura 2.1: Mapa conceitual referente aos procedimentos metodológicos da pesquisa



Sem perda de generalidade, adianta-se que a prática pedagógica, expressa numa das caixas de conceitos no mapa conceitual da figura 2.1, é constituída por fases, que podem ser caracterizadas por ações. Na presente dissertação, se caracteriza por ação uma atividade voltada ao desenvolvimento ou avaliação da aprendizagem do tópico associação de resistores elétricos, sendo que é uma subcategoria de uma fase, desta forma recebe uma numeração indexada à fase. A prática pedagógica contou com as seguintes ações: aplicação de questionário aos alunos de sondagem de subsunoçores (ação 1.1), realizar aulas para re-significar conhecimentos teóricos de associação de

resistores elétricos (ação 2.1), atividades de simulação e modelagem computacional de associação de resistores elétricos (ação 2.2), prática experimental de bancada relativo a associação de resistores elétricos (ação 2.3), aplicação de questionário aos alunos sobre a prática pedagógica (ação 3.1).

No contexto da prática pedagógica, fase é o conjunto de ações voltadas a promover a aprendizagem significativa seguindo alguns princípios ausubelianos de: sondagem de conhecimentos prévios (fase 1), desenvolvimento e consolidação da aprendizagem (fase 2), e avaliação da prática pedagógica (fase 3).

2.1 Classificação da Pesquisa

Para proceder à organização metodológica da presente pesquisa, faz-se necessário primeiro definir o que é pesquisa. Segundo Rudio (2004, p 9):

Pesquisa, no sentido mais amplo, é um conjunto de atividades orientadas para a busca de um determinado conhecimento. A fim de merecer o qualificativo de científica, a pesquisa deve ser feita de modo sistematizado, utilizando para isso método próprio e técnicas específicas e procurando um conhecimento que se refira à realidade empírica.

A partir da definição de Rudio (2004), entende-se que para uma atividade ser considerada pesquisa científica, ela deva apresentar métodos e técnicas que permitam realizar uma investigação sistemática de um determinado fenômeno de interesse. Somente na área das ciências humanas, existe uma grande variedade de métodos e técnicas que podem ser utilizados em pesquisas. Seu uso apropriado dependerá das características de cada pesquisa.

As características das pesquisas relacionam-se com a maneira como elas se classificam. Para classificar esta Dissertação, toma-se como referência critérios de classificação segundo Gil (1999, 2008), Bogdan e Biklen (1994) dentre outros que são: as finalidades; abordagem do problema; os níveis; e os procedimentos técnicos utilizados. A seguir, explicam-se estes critérios e a classificação desta pesquisa quanto aos mesmos.

2.1.1 Quanto à finalidade

Para Gil (1999) e Silva e Menezes (2005), quanto ao critério de finalidade, as pesquisas podem ser puras, quando tem por objetivo a busca do conhecimento, tendo em vista a generalização do mesmo por meio da construção de leis e teorias, sem a preocupação direta com suas aplicações, ou pesquisas aplicadas, quando se voltam à produção do conhecimento tendo em vista aplicá-lo numa realidade circunstancial. Esta pesquisa classifica-se como aplicada, pois há interesse nas implicações práticas que os resultados desta pesquisa possam gerar para a prática dos professores de Física de níveis médio e superior.

2.1.2 Quanto à abordagem do problema

Na abordagem do problema existem dois enfoques clássicos: quantitativo, quando há uma preocupação com a quantidade com que um fenômeno ou evento se repete e qualitativa, quando o interesse está em como ocorre determinado fenômeno ou evento. Em outras palavras, para Bogdan e Biklen (1994, p49) pesquisas qualitativas se interessam mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos.

Para Kaplan e Duchon (1988) a pesquisa qualitativa apresenta como principal característica a inserção do pesquisador no contexto da pesquisa e na interpretação dos resultados.

Uma vez que o objetivo geral desta pesquisa tem interesse em responder como a realização de práticas presenciais pode contribuir para promover a aprendizagem significativa, ou seja, investigar o processo e não simplesmente os resultados, sua classificação é qualitativa. Outros fatos que também caracterizam ser esta Dissertação de natureza qualitativa são: a pesquisa de campo do tipo intervenção que foi desenvolvida, o que caracterizou o envolvimento direto do pesquisador com a realidade pesquisada e o tipo de análise dos resultados, de perfil interpretativo.

2.1.3 Quanto aos níveis

No que diz respeito aos níveis, segundo Gil (1999, 2008) as pesquisas podem ser: exploratórias, quando pretendem desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos; descritivas, quando pretendem descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis; explicativas, quando possuem uma

preocupação central em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

A pesquisa em questão define-se como exploratória, pois pretendeu formular e investigar de forma mais precisa, buscando indícios de inter-relações, entre experimentação de bancada e softwares de simulação e modelagem computacionais para a aprendizagem de Física.

Gil (1999, p 43) informa que pesquisas exploratórias geralmente constituem a primeira etapa de uma investigação mais ampla, as quais exigem revisão de literatura ou discussão com especialistas para melhor delimitar seu campo de pesquisa. Tendo em vista este fato, a presente pesquisa apresenta como uma de suas etapas uma revisão bibliográfica, baseada em artigos publicados no período de 2000 a 2010, sobre o uso pedagógico do laboratório experimental e dos softwares de simulações/modelagens computacionais no processo de aprendizagem de física, contidos nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Ciência e Educação, Experiências em Ensino de Ciências, no período entre os anos 2000 a 2010, e nos congressos: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (edições: 2002, 2004, 2006, 2008, 2010), Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (edições: 2007, 2009), Simpósio Nacional de Ensino de Física (edições 2005, 2007, 2009).

2.1.4 Quanto aos procedimentos técnicos

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, para Gil (2008) as pesquisas se classificam como:

Bibliográfica- desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos;

Documental- vale-se de materiais que não receberam ainda tratamento analítico;

Experimental- consiste em selecionar um tema de pesquisa, selecionar as variáveis que possam influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;

Estudo de caso- é o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos para se ter amplo e detalhado conhecimento;

Pesquisa-ação- trata-se de uma pesquisa de base empírica, que se destina a realizar uma ação ou resolver um problema de modo colaborativo entre pesquisadores e pesquisados.

Segundo Morin (2004), Pesquisa-ação é um procedimento metodológico de investigação constituído de cinco componentes:

- a) Contrato- Se trata da negociação ou entendimento, deliberadamente aceito entre as partes. Requer que os termos do contrato devem estar claros e explicitamente expressados, que sejam de fácil e com objetivos precisos;
- b) Participação- Decorre antes de uma cooperação entre os diferentes participantes;
- c) Mudança- Finalidade da pesquisa-ação integral que visa transformar a ação e o discurso recorrendo aos valores dos participantes. Implica deixar os atores realizarem uma ação concreta, correspondente as suas necessidades, permitindo observar verdadeiras mudanças e facilita a tomada de consciência;
- d) Discurso- É o entendimento que passa da espontaneidade a um esclarecimento, favorecendo o engajamento. O homem toma consciência da realidade sócio-cultural que estrutura sua vida e, ao mesmo tempo, de suas capacidades de mudar a realidade circundante;
- e) Ação- Tratar-se-á de planejar ações, indicando suas possibilidades de realização com base na reflexão das circunstâncias que as favorecem. É recomendado deixar a chance aos participantes de encontrarem mecanismos de participação, de tomar o tempo necessário para considerar todos os elementos de um problema.

Esta Dissertação, em sua etapa de campo por meio da intervenção, desenvolveu ações colaborativas entre alunos e professor-pesquisador visando a melhoria da aprendizagem de conteúdos de física, contemplou alguns dos componentes de Pesquisa-ação acima citados. A partir deste fato e levando em consideração que com os resultados deste estudo será possível extrair conhecimentos e gerar reflexões para a própria prática do professor-pesquisador de Física, estabelecendo uma relação constante entre teoria x prática e pesquisa x ação, esta dissertação apresenta como procedimento metodológico traços de Pesquisa-ação.

Concluído a classificação da pesquisa, apresentam-se agora as fases e ações desenvolvidas na pesquisa de campo.

2.2 Fases e ações de desenvolvimento da prática pedagógica

A etapa de campo da presente dissertação transcorreu na forma de prática pedagógica. Seu desenvolvimento ocorreu na EEFM Dr. Gentil Barreira, localizada no bairro do Conjunto Ceará, na periferia da cidade de Fortaleza e pertencente à rede estadual de ensino cearense. A referida escola, no ano de 2011, contava com um contingente de aproximadamente 1200 alunos, abrangendo desde a sexta série do ensino fundamental até ao terceiro ano do ensino médio, sendo que apresentava três turmas de terceiro ano do ensino médio, distribuídas nos três turnos.

Em um momento preliminar de desenvolvimento da pesquisa, o pesquisador reuniu-se com os professores de Física da referida escola, e os indagou sobre o programa de Física que era abordado no ensino médio, bem como quais os tópicos de Física ministrados no terceiro do ensino médio até o mês de Agosto de 2011. Os professores relataram que o programa de Física do ensino médio, em linhas gerais, contemplava os seguintes conteúdos: Mecânica (1^o ano), Termologia, Ondas e Ótica (2^o ano), Eletricidade, Magnetismo e Tópicos de Física Moderna (3^o ano). Quanto aos tópicos de Física, os professores informaram que já haviam ministrados os seguintes tópicos: Cargas Elétricas, Eletrização e Lei de Coulomb, Campo Elétrico, Potencial Elétrico, Corrente Elétrica, Resistência Elétrica e Lei de Ohm, sendo que naquele momento, estava sendo ministrado o tópico Associação de Resistores Elétricos.

Após ter contato com os professores de física das referidas turmas durante o mês de Agosto do ano de 2011, escolheu-se desenvolver a experiência pedagógica com a turma do terceiro ano turno tarde, uma vez que esta possuía a menor quantidade de alunos dentre as três turmas existentes (apenas 22 alunos), o que eventualmente representava para o pesquisador a oportunidade de uma maior proximidade com os pesquisados, o que potencialmente poderia contribuir para o desenvolvimento e acompanhamento da pesquisa de campo junto aos alunos. As demais turmas apresentavam 28 e 30 alunos.

Escolhida a turma, o pesquisador apresentou-se para os alunos, sucedendo-se um processo de diálogo, onde os indagou sobre o que achavam das aulas de Física: se

gostavam desta matéria, se possuíam dificuldades de aprendizagem quanto à mesma, se gostariam de promover alguma mudança nas aulas de Física, se haviam utilizado algum software para auxiliar a aprendizagem de Física, se já haviam executado alguma prática experimental durante o estudo de Física e se tais práticas eram executadas com frequência.

Os alunos, em sua maioria, relataram que não gostavam de estudar Física, que as aulas de Física eram boas, mas que deveriam sofrer mudanças, de modo que não se resumisse apenas a parte teórica. Também relataram que ainda não tinham utilizado software como ferramenta de aprendizagem e que pouco havia participado de práticas experimentais, apesar de a escola possuir um laboratório experimental de bancada de Ciências, relativo às disciplinas de Física, Química e Biologia. Em virtude destes relatos, o pesquisador procurou convencer os alunos a participar da pesquisa, apresentando sua proposta de prática pedagógica e as novidades que a mesma contemplava para a aprendizagem de Física.

Após a ocorrência da adesão voluntária de todos os alunos da referida turma de terceiro ano, pode-se estabelecer um acordo de participação dos mesmos. Isto foi feito aos explicá-los de forma mais detalhada em que consistia a pesquisa, como ela seria desenvolvida e o qual papel eles irão desempenhar. A pesquisa de campo foi desenvolvida em cinco semanas, dividida em três fases, descritas a seguir:

2.2.1 Fase 1- Sondagem dos conhecimentos prévios concernente ao tema associação de resistores elétricos

Na fase 1, em razão do tópico de Física que os alunos estavam estudando até a época da aplicação do questionário era a associação de resistores elétricos, a ação 1.1 desenvolvida foi a aplicação de um questionário para sondar indícios dos conhecimentos prévios (AUSUBEL;NOVAK; HANESIAN, 1968; MOREIRA, 1999; RIBEIRO *et al*, 2008) relativos a circuitos elétricos simples, onde foram arguidos os seguintes tópicos: cálculo de resistência equivalente, propriedades de associações em série e em paralelo de resistores, conhecimento de instrumentos de medição voltímetro e amperímetro, cálculo de tensão e intensidade de corrente elétrica em circuitos simples, mapeamento de dificuldades de aprendizagem relativos a conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas(o respectivo questionário se encontra no apêndice A). A discussão detalhada dos resultados será apresentada no capítulo 3, porem adianta-se que foram

detectadas um conjunto de dificuldades de aprendizagem relativos ao tópico circuitos elétricos simples.

Dentro de uma proposta de aprendizagem significativa ausubeliana (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968; NOVAK, 2010), um dos propósitos da aplicação do respectivo questionário foi mapear as dificuldades de aprendizagem que os alunos possuísem, quanto ao tópico de estudo, de modo que fosse possível fornecer informações para orientar o planejamento das aulas teóricas e das atividades de simulação computacional, como descrito adiante.

2.2.2 Fase 2- Construção e consolidação de conhecimentos concernentes ao tema associação de resistores elétricos

Na fase 2, desenvolveram-se 3 ações pedagógicas, denominadas: “realizar aulas teóricas (ação 2.1)”, “desenvolver atividades de simulação e modelagem computacional (ação 2.2)” e “execução de prática experimental de bancada e análise de resultados (ação 2.3)”, voltadas para o desenvolvimento e consolidação da aprendizagem significativa e colaborativa, no tocante ao tema associação de resistores elétricos, instrumentação e medidas elétricas de circuitos elétricos simples.

A fase 2 inicia-se na segunda semana, por meio da ação 2.1 relativa a promoção de aulas teóricas concernentes ao tema associação de resistores elétricos, decorridas durante a segunda semana prática pedagógica, através da realização de duas aulas, com duração de cinquenta minutos, cada. O objetivo destas aulas foi desenvolver conhecimentos prévios e suprir dificuldades de aprendizagem, quanto ao desenvolvimento mais consolidado de conhecimentos relacionados ao tema associação de resistores elétricos. Finalizaram-se as aulas teóricas com a apresentação e discussão de um mapa conceitual síntese sobre o tema em estudo (vide apêndice B).

Na terceira semana, foi desenvolvida a segunda ação, 2.2, da fase 2, “desenvolver atividades de simulação e modelagem computacional”, que consistiu na promoção de atividades de simulação e modelagem computacionais, de modo a desenvolver e ressignificar conhecimentos relativos a propriedades das associações em série e em paralelo de resistores e desenvolvimento de habilidades de medição elétrica, com uso do voltímetro e amperímetro, consistindo assim no desenvolvimento de organizadores prévios segundo Ausubel (2003). Tais atividades foram inspiradas no

trabalho de Dorneles, Araújo e Veit (2006), que aborda o uso de software educativo de simulação modelagem para minimizar dificuldades de aprendizagem.

Na presente pesquisa, inter-relaciona-se o artigo anteriormente citado, incorporando-se pressupostos pedagógicos de outros autores: uma abordagem construtivista segundo Matui (2006), no que corresponde a construção de conceitos por meio da mediação do professor; construcionista, segundo Valente (2002), relativo ao processo de construção do conhecimento, incorporando-se o auxílio pedagógico do computador, no caso, evocando-se a formação de ciclo espiral da aprendizagem; colaborativa, conforme Valente (1999) e Torres, Alcantara e Irala (2004) respectivamente, referente ao desenvolvimento da aprendizagem por meio da construção de conhecimentos, de forma colaborativa entre Professor-Pesquisador e alunos.

Ressalte-se que as atividades de simulação e modelagem computacional propostas na ação 2.2, almejavam re-significar e consolidar os conhecimentos e habilidades dos alunos, em temas de eletricidade, para criar mecanismos facilitadores da aprendizagem (AUSUBEL, 2003; RIBEIRO, 2010; RIBEIRO *et al*, 2011; NOVAK, 2010), durante a execução de atividades da prática experimental de circuitos em bancada, caracterizadas na ação 2.3.

Para o desenvolvimento das atividades de simulação e modelagem computacional, sem perda de generalidade, foi investigado na literatura o uso de software educativos (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006; FREITAS, 2007; TEIXEIRA, 2005 *apud* TEIXEIRA, 2008; SILVANO, 2011; CRUZ, 2012; MARTINS, 2009; VALENTE, 2012), segundo os aspectos pedagógicos e operacionais dos mesmos. Para atender aos pressupostos argumentados na presente sessão 2.2.2, optou-se pela escolha de software que disponibilizassem formas representacionais icônicas (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006) dos elementos necessários para se simular e modelar circuitos elétricos e apresentassem interface comunicacional com características de maior interatividade homem-máquina.

Nesta direção, optou-se pela escolha de 2 *softwares* icônicos, para realizar as atividades de simulação e modelagem dos circuitos elétricos, previstas na presente dissertação. Quanto à escolha, primeiramente se questionam os aspectos de se promover o uso pedagógico de um determinado *software* educativo (VALENTE; BUSTAMANTE, 2009), de forma a facilitar o desenvolvimento da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010).

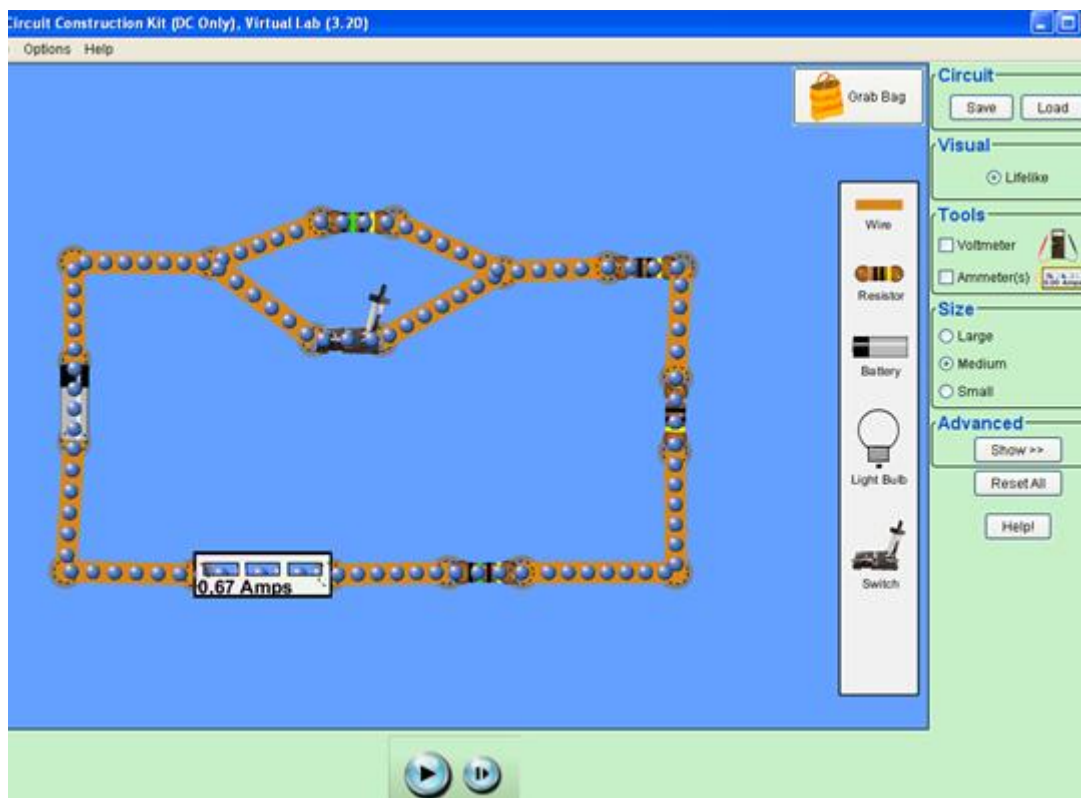
Outro fator norteador constitui investigar a utilização de um determinado software para auxiliar o desenvolvimento de práticas pedagógicas dos alunos (PERKINS *et al.*, 2006; WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2008; ZARA; 2011; FREITAS, 2007; DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2007).

Finalmente, o fato de utilizar, articuladamente, diferentes *softwares*, com recursos diferenciados de simulação e modelagem poderá favorecer a re-significação e maturação de conhecimentos prévios (AUSUBEL, 2003; MARTINS, 2009; MIRAS, 2007).

Sem perda de generalidade, optou-se pelo uso articulado de dois *softwares* para realizar as atividades pedagógicas da pesquisa de campo pretendidas na presente dissertação, como argumentado a seguir (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2007; FREITAS, 2007; PERKINS *et al.*, 2006; WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2008; ZARA; 2011).

O primeiro adotado foi o *software PhET* (PERKINS *et al.*, 2006; WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2008; ZARA; 2011), cuja sigla em inglês traduzida para o português que dizer: Tecnologia Educacional de Física, através do uso de seu aplicativo para simulação e modelagem de circuitos de resistores elétricos, denominado *Circuit Construction kit dc*, do site *Phet Physics* (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>). O *PhET* foi desenvolvido pela Universidade do Colorado, Estados Unidos, sendo de uso gratuito, permite a escolha de idioma, disponibilizado em 28 opções, e não exige maiores conhecimentos de programação. A figura 2.2 ilustra uma aplicação, no caso de simulação e modelagem de circuitos elétricos:

Figura 2.2: Simulação através do aplicativo do *PhET*, denominado, *Circuit Construction kit dc*, do site *Phet Physics*. Trata-se de um software icônico que permite montar e estudar o comportamento de circuitos elétricos de corrente contínua, contendo: resistores, baterias, lâmpadas, fios e interruptores. O software também permite fazer medidas elétricas através de volímetros e amperímetros. Referência:<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>.



Tomando como referência principal a pesquisa de Dorneles, Araújo e Veit (2006), com o respectivo software foi possível desenvolver atividades de perfil exploratório (simulação) (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006), em que os alunos alteravam parâmetros relacionados aos elementos que compõem os circuitos, tais como: valores de resistores e baterias, posições de interruptores, entre outros elementos, o que possibilita e facilita uma melhor compreensão das leis, conceitos, propriedades e funcionamento dos circuitos elétricos simples, como no caso de perfil criativo (modelagem) (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006), onde os alunos são capazes de realizar novas aprendizagens relacionadas ao tema de estudo.

O referido *software PhET* permite simular e modelar circuitos elétricos contendo elementos como: fios, resistores e lâmpadas que podem ter seu valor numérico de resistência variado, baterias (que também podem ter sua tensão variada) chaves e medidores elétricos de tensão e corrente. Na tela do software, ilustrada na figura 2.2, é possível clicar e arrastar os elementos icônicos, disponibilizados pelo *software*, que se encontram no canto direito da tela, e poder, criativamente, construir e visualizar o funcionamento do circuito desejado na área em azul, a qual é semelhante a um arranjo

de dispositivos elétricos reais, trabalhados numa bancada experimental de um laboratório de física.

Quanto às bolinhas visualizáveis na figura 2.2, elas representam os portadores de carga elétrica em movimento, simulando a passagem de corrente elétrica através do fio. Na parte intitulada *grab bag*, localizado no canto direito superior da figura 2.2, é possível escolher diferentes elementos amostrais, para compor os condutores do circuito elétrico, tais como clipe de papel e nota de um dólar, de modo que se possa, experimentalmente, medir e avaliar a condutividade elétrica¹⁹ dos mesmos. O *software* ainda permite realizar medidas elétricas de corrente e voltagem, ao se clicar e arrastar os ícones representativos dos instrumentos de medição, no caso, voltímetro e amperímetro (um exemplo disto é o amperímetro ilustrado na figura acima, 2.2, por um retângulo branco, onde se lê 0,67 ampères) na parte da tela do *software* intitulada *tools*.

Por meio do citado *software PhET*, promoveu-se com os alunos, na terceira semana da prática pedagógica, como será apresentado no capítulo 3, a denominada atividade de simulação e modelagem 2.2.1, contida na ação 2.2, relacionada à associação em série de resistores.

Em seguida, na terceira semana da prática pedagógica e no mesmo dia, se realizou a denominada, atividade de simulação e modelagem 2.2.2, contida na ação 2.2, utilizando novamente o *PhET*, concernente a uma associação de três resistores em paralelo e um resistor em série com os anteriores, mas cujo arranjo de circuitos pode ser modificado pelos alunos. Informa-se que as atividades de modelagem e simulação apresentam roteiros de atividades laboratoriais, os quais são preenchidos pelos alunos, de modo a promover a aprendizagem de circuitos elétricos simples. Os referidos roteiros de atividades laboratoriais encontram-se no apêndice C.

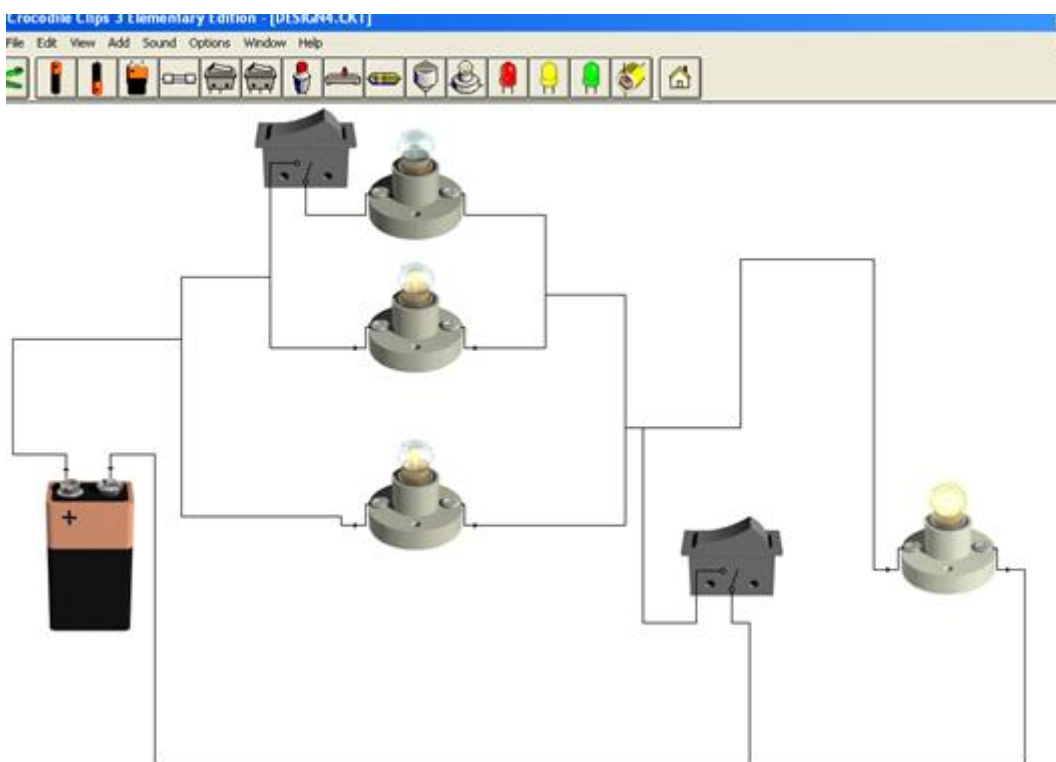
Dentro da proposta de realização das atividades de simulação e modelagem computacionais, através do processo interativo de vivência colaborativa dos alunos, com a representação da fenomenologia física, associada à simulação computacional dos modelos de circuitos em série e paralelo pretende-se: superar dificuldades de aprendizagem relacionadas aos conceitos físicos de diferença de potencial, resistência equivalente e intensidade de corrente elétrica; re-significar e construir novos conhecimentos sobre circuitos e associação de resistores em série e paralelo; maturar

¹⁹Para Máximo e Alvarenga (2008), condutividade elétrica é uma grandeza física que representa a capacidade que um material apresenta de conduzir corrente elétrica. Quanto maior for a condutividade elétrica de um material, menor será a resistência a passagem de corrente elétrica que o mesmo apresenta.

novas concepções e conhecimentos de como sistematizar a abordagem de diferentes tipos de arranjos de circuitos como um sistema; identificar o comportamento da diferença de potencial e da intensidade de corrente elétrica em um circuito misto, contendo resistores associados em série e em paralelo.

O segundo *software* escolhido e utilizado na fase 2 e ação 2.2 da prática pedagógica da pesquisa foi o *Crocodile Physics* (http://www.crocodile-clips.com/en/Crocodile_Physics/) (FREITAS, 2007), ilustrado na figura 2.3 e atendendo aos mesmos princípios pedagógicos e operacionais argumentados na discussão apresentada concernente ao *software PhET*:

Figura 2.3: Simulação *Crocodile Physics* do site Crocodile. Trata-se de um software que permite simular circuitos contendo diversos elementos tais como: lâmpadas, resistores, fios, baterias até motores elétricos, com grau de representação mais real do que o software *Circuit Construction kit dc* e apresenta funcionamento semelhante a este, apesar de não apresentar os medidores elétricos. Referência: http://www.crocodile-clips.com/en/Crocodile_Physics/.



Complementa-se que a escolha do *software Crocodile* para ser utilizado nas atividades de simulação e modelagem computacionais, se deu pelo fato de que o mesmo

possui um grau de representação icônica mais próxima à de elementos reais que compõem um circuito elétrico simples, se comparado ao *software PhET-Circuit Construction kit dc*, permitindo assim aos alunos visualizar imagens e representações mais próximas do mundo real (FREITAS, 2007). O *software Crocodile* possui recursos de simulação semelhantes ao do *Circuit Construction kit dc*, sendo possível construir circuitos contendo reostato de cursor²⁰, diodos²¹ emissores de luz (LED) e motores elétricos. Contudo, o *software Crocodile* utilizado não possui ícones que disponibilizem instrumentação para se realizar medidas de grandezas elétricas, como voltímetros e amperímetros, apesar de ser possível realizar leituras de corrente e tensão, uma vez que se aproxime o mouse dos elementos dos circuitos.

Com base nas possibilidades de uma melhor representação do mundo real, utilizou-se o *software Crocodile* para que os alunos pudessem executar a denominada atividade de simulação e modelagem 2.2.3, contida na ação 2.2, cuja representação se encontra na figura 2.3, que corresponde a analisar um circuito misto, contendo lâmpadas elétricas incandescentes.

A importância da atividade de simulação e modelagem 2.2.3 supracitada está no fato de que, conforme o trabalho de Dorneles, Araújo e Veit (2006), circuitos elétricos contendo lâmpadas incandescentes serviram como referência para sondar dificuldades de aprendizagem relativos aos conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas, como foi apresentado no referencial teórico desta dissertação.

Na atividade de simulação e modelagem 2.2.3, por meio de seu roteiro, como será descrito no capítulo 3 seguinte, os alunos montaram o circuito no simulador, manipularam os interruptores de circuito, observando o que acontece com as eventuais mudanças de brilho das lâmpadas, o que pode ser ocasionado pela mudança de comportamento do circuito, no tocante a eventuais variações nos valores de corrente e tensão, que podem ocorrer entre os bornes das lâmpadas e nos ramos de um circuito.

Tal processo de interação perante as etapas de modelagem e simulação potencializa novas possibilidades junto aos alunos, o que pode facilitar a análise do

²⁰De acordo com Máximo e Alvarenga (2008), reostato de cursor é um aparelho utilizado para controlar a intensidade de corrente elétrica em um circuito. Trata-se de um fio com uma determinada resistência, apresentando dois terminais, sendo que um deles é um cursor que se acopla em pontos variados do fio. Seu funcionamento está relacionado com o fato de que a resistência elétrica de um fio é diretamente proporcional ao seu comprimento.

²¹ Segundo Máximo e Alvarenga (2008) diodo é um componente elétrico usado em circuitos de corrente elétrica alternada, para polarizá-los, ou seja, permitir que a corrente elétrica circule apenas em um sentido.

comportamento dos circuitos e realização das etapas de medidas experimentais de corrente e tensão.

Desta forma, tais atividades pedagógicas podem desencadear entre os alunos a vivência com novas situações de aprendizagem e, assim, desenvolverem novas competências e habilidades para analisar circuitos como o da figura 2.3, relacionando o brilho de lâmpada com os conceitos de diferença de potencial, corrente e resistências elétricas, desenvolvendo assim organizadores prévios (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968; FREITAS, 2007) para a posterior realização da prática experimental de bancada sobre circuitos contendo lâmpadas elétricas, proposta na ação 2.3 e também promovendo a integração pedagógica entre os laboratórios de informática e experimental de bancada (RIBEIRO *et al.*, 2011; RIBEIRO, 2012), possibilitando ampliar o campo conceitual dos circuitos elétricos simples. Informa-se que ao longo do desenvolvimento das atividades de simulação e modelagem computacionais, gravaram-se em vídeo as diversas interações que os alunos promoveram com os softwares e com o professor-pesquisador.

Na quarta semana da prática pedagógica, concluiu-se a fase 2, através da realização da ação 2.3, onde explorou-se com os alunos uma atividade experimental de bancada (o roteiro da respectiva atividade experimental encontra-se no apêndice D), em que os mesmos deveriam ordenar e explicar o brilho de três lâmpadas elétricas, fazendo medidas de voltagem e corrente elétricas e anotando os resultados em um roteiro. Esta atividade experimental possuía o propósito de desenvolver competências e habilidades de medição elétrica, bem com fazer com que os alunos consigam relacionar e interpretar os conceitos de diferença de potencial, resistência e corrente elétrica, ao observarem e analisarem as variações de comportamento do circuito, que ocorrem durante a realização das etapas dos experimentos, utilizando o artifício de investigação do comportamento de variação do brilho das lâmpadas observados nos circuitos série e paralelo simulados. Tal atividade experimental foi inspirada nas dificuldades relacionadas ao conceito de resistência elétrica, relatadas no artigo de Dorneles, Araújo e Veit (2006).

Na quinta semana da prática pedagógica, desenvolveu-se conjuntamente com os alunos uma discussão envolvendo os resultados obtidos com o experimento de bancada relacionado com a ação 2.3, procurando estabelecer pontes entre teoria e prática, momentos em que houve desencadeamento de novas re-significações conceituais. Tal estratégia pedagógica estimulou os alunos para melhor compreender o

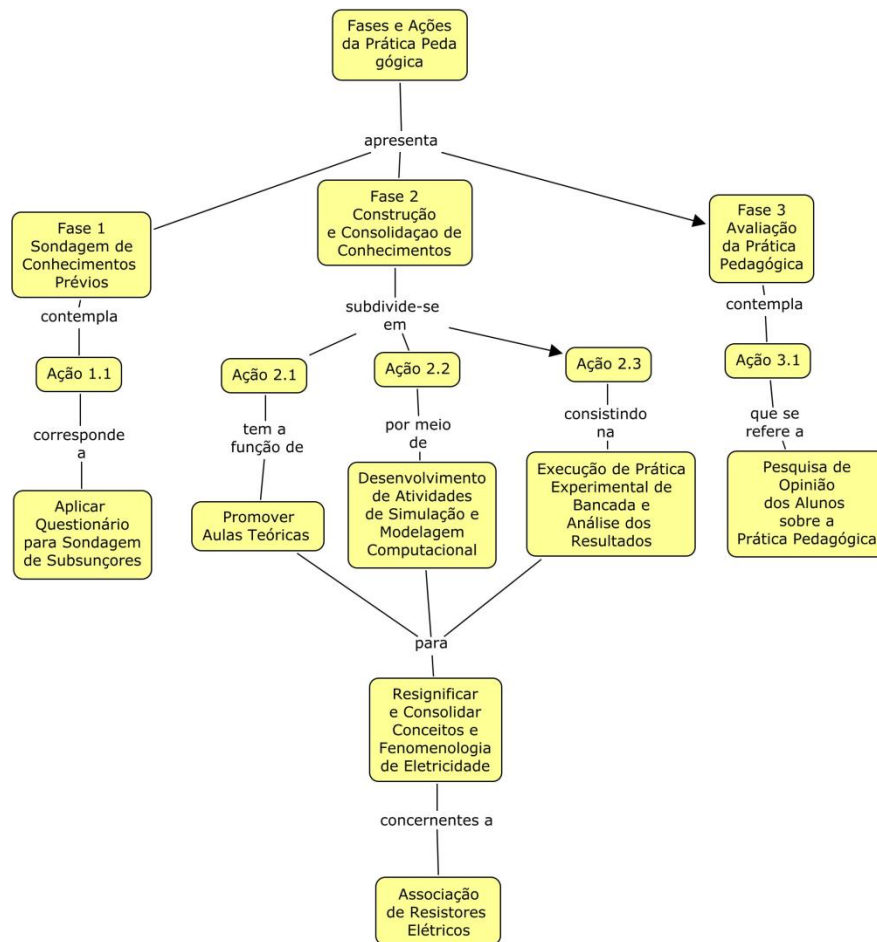
problema experimental à luz dos conceitos de física, convergindo-se para a teorização da associação de resistores elétricos. Os dados da referida discussão foram registrados através de vídeo e anotações nos roteiros da prática experimental preenchidos pelos alunos.

2.2.3 Fase 3- Avaliação dos alunos da prática pedagógica

Na fase 3, realizada ainda durante a quinta semana de decorrência da prática pedagógica, encerrou-se a pesquisa campo por meio da ação 3.1, denominada de avaliação dos alunos da prática pedagógica, com a aplicação do questionário de avaliação da prática pedagógica, com questões abertas e de múltipla escolha (MATTAR, 1994), que se encontra no apêndice E. O objetivo da ação 3.1 consistia em que alunos pudessem avaliar a prática pedagógica, encampando aspectos como motivação (AUSUBEL, 2003; LABURÚ, 2006) no sentido de verificar indícios do papel da mesma no desenvolvimento do processo de aprendizagem, bem como verificar indícios de avanços e dificuldades surgidas.

A figura a seguir apresenta um mapa conceitual que sintetiza as fases e ações da prática pedagógica, desenvolvidas durante a realização da pesquisa de campo:

Figura 2.4: Mapa conceitual representando as fases e ações desenvolvidas durante a realização da pesquisa de campo.



2.3 Análise e Interpretação de dados

Para investigar os dados coletados na presente pesquisa, utilizaram-se dois tipos de técnicas de análise de dados. A primeira técnica consistiu na análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES, GALIAZZI, 2006). Para estes autores, a análise textual discursiva consiste num processo metodológico, através da qual se desenvolvem técnicas sistemáticas que facilitam realizar a análise de textos, de forma rigorosa e criteriosa, de modo a se obter a compreensão dos fenômenos investigados.

Sem perda de generalidade, a referida técnica apresenta quatro etapas, onde as três primeiras compõem um ciclo. Tais etapas são as seguintes:

1- Desmontagem dos textos (unitarização): Inicialmente, realizam-se leituras minuciosas dos materiais textuais coletados (textos, gravações em áudio, gravações em vídeo, etc) para que se consiga delimitar um conjunto de textos amostra, a qual irá constituir o

corpus de análise. Logo em seguida, o respectivo conjunto de textos é desmontado para se atingir unidades constituintes para se conseguir perceber os sentidos dos textos em diferentes limites de seus pormenores. Para Moraes (2003) o pesquisador é quem decide em que medida irá fragmentar seus textos, resultando em análises de maior ou menor amplitude;

2- Estabelecimento de relações (categorização): Logo após a elaboração das unidades constituintes, procura-se construir relações entre as mesmas, combinando-as e classificando-as no sentido de compreender como esses elementos unitários podem ser reunidos na formação de conjuntos mais complexos, as categorias. De acordo com Moraes (2003, p 195-198), o processo de imersão de categorias pode ser elaborado por três métodos: a) Dedutivo- quando se elaboram categorias antes mesmo de se analisar os corpus de análise, sendo que as categorias são deduzidas das teorias que servem de fundamento para a pesquisa; b) Indutivo- quando se imerge categorias com base nas informações contidas no corpus de análise, em que por um processo de comparação e contraste constantes entre as unidades de análise, o pesquisador vai organizando conjuntos de elementos semelhantes; c) Intuitivo- quando são elaboradas categorias a partir de uma inspiração repentina do pesquisador, devido a uma intensa impregnação com os dados coletados;

Segundo Moraes (2003) as categorias devem apresentar três propriedades:

- Validade- uma categoria deve representar adequadamente as informações categorizadas, atendendo aos objetivos da análise. Para que o pesquisador valide o conjunto de categorias que elaborou, por vezes, pode contar com o auxílio de outro pesquisador;
- Homogeneidade- as categorias de um mesmo conjunto precisam ser construídas a partir de um mesmo princípio;
- “Exclusão mútua”- as categorias não necessariamente são excludentes entre si pois, dependendo do foco ou da perspectiva em que esteja sendo examinada, uma unidade de análise pode ser classificada em mais de uma categoria;

3- Captando o novo emergente (comunicação): A partir da unitarização e categorização do corpus de análise, constrói-se um metatexto²², o qual representa um modo de compreensão e teorização dos fenômenos investigados;

²² A partir do artigo de Moraes (2003), entende-se que metatexto é um texto descritivo e interpretativo relativo ao conjunto de compreensões que o pesquisador elabora, à medida que analisa um conjunto de

4- Auto-organização: o ciclo de análise descrito (unitarização, categorização, comunicação) constitui um processo auto-organizado do qual emergem novas compreensões. Os resultados finais, criativos e originais, não podem ser previstos. Mesmo assim é essencial o esforço de preparação e impregnação para que a emergência do novo possa concretizar-se.

A técnica da análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011) foi empregada para se analisar o conjunto de dados obtidos mediante a prática pedagógica desenvolvida durante a pesquisa de campo. Os dados analisados constituíam-se de: respostas fornecidas pelos alunos aos questionários de subsunções sobre associação de resistores elétricos e medição simples e questionário de opinião sobre a prática pedagógica; informações registradas pelos alunos nos roteiros e narrativas transcritas dos alunos e do professor pesquisador, gravadas em vídeo, durante as atividades de simulação e modelagem computacional e prática experimental de bancada.

O conjunto de dados descrito foi delimitado em corpus de análise, dividido em unidades de análise, e em seguida, agrupou-se estas unidades em categorias. Ressalta-se que a elaboração de categorias, durante esta pesquisa, se deu tanto de forma dedutiva, a partir do referencial teórico, como indutiva, com base em informações contidas no corpus.

Para realizar uma análise mais aprofundada, de modo a investigar inter-relações de ordem mais sistêmica, qualitativa e complexa, entre as diversas categorias emergentes, do tipo: correlações que permitam se inferir como determinadas variáveis possam se apresentar relativamente mais significativas que outras ou, ainda, que estejam imbricadas mais relativamente entre si, utilizou-se uma classe de mapeamento cognitivo denominada “análise qualitativa de dados multidimensionais” (OKADA, 2008), segundo uma proposta aqui caracterizada a partir das contribuições de Almouloud (2008), Almeida (2008) e Prado (2003) onde foi utilizado o *software CHIC*, denominado classificação hierárquica implicativa e coesitiva, que foi originalmente desenvolvido por Almouloud, sob a orientação de Regis Grás, da Universidade de Nantes, França. Tinha como objetivo original realizar a análise quantitativa de funções estatísticas, partindo-se de dados multidimensionais.

dados mediante a técnica de análise textual discursiva. Em resumo, o metatexto é o produto final obtido ao se desenvolver um ciclo de análise textual discursiva em um conjunto de dados.

Antes de propriamente apresentar as características e forma de uso do *CHIC*, adianta-se que, em certos grupos de pesquisa do Doutorado em Educação:currículo da PUCSP, a partir de meados dos anos 1990 do século XX, em função da necessidade de analisar qualitativamente grandes quantidades de dados, obtidos em pesquisas na área de educação, vêm sendo desenvolvidas propostas que permitem o uso do software *CHIC* para se proceder à **análise qualitativa de dados multidimensionais** (ALMEIDA, 2000; BORGES, 2009; CANALES, 2007; PRADO, 2003), o que vem sendo incorporado por outras Universidades, citando o caso da UFC (GÓES, 2012), em muito contribuindo para a análise de dados multidimensionais, presentes em pesquisa no campo da educação.

Segundo GOES (2012), o software *CHIC*:

tem por finalidade proporcionar uma análise qualitativa de um espaço amostral, a partir de um estudo quantitativo de dados multidimensionais, relacionando aprendizes e categorias (variáveis), definindo relações entre as categorias, produzindo índices de similaridade ou semelhanças estatísticas de relacionamento (valores numéricos de probabilidade entre 0 e 1) e apresentando uma estrutura das categorias através das árvores de similaridade (gráficos)

Para realizar procedimentos de análise qualitativa de dados multidimensionais, Almeida (2008, p 326), através do uso do software *CHIC*, utiliza o recurso da classificação hierárquica de similaridade, expressa através de árvores de similaridade, geradas pelo *CHIC*, a partir de arquivos de entrada de dados. Desejava investigar, em um curso de formação continuada, contextualizada na realidade da escola pública e na prática do professor e voltada para a inserção do computador na prática pedagógica. Para tanto utilizou, como dados de pesquisa de campo, os inúmeros registros de professores-alunos, postados em fóruns de discussão temática. Tais dados representavam os diversos momentos de interação telecolaborativa e assíncrona, tecidos entre os alunos, durante o processo de formação. O objetivo da pesquisa de Almeida era mapear percepções, visualizar conexões sobre diversos ângulos e matizes, refletir sobre as articulações mais significativas, para compreender a complexidade do contexto em estudo, evidenciar avanços e ambigüidades e, sobretudo, construir novos conhecimentos e visões sobre o tema.

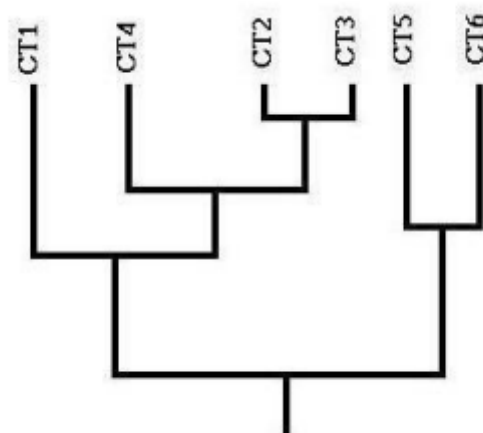
Para entender como funciona o software *CHIC* no processo de análise qualitativa de dados multidimensionais, toma-se emprestado a explicação de Almeida (2008):

A relevância da metodologia reside em partir de dados que emergem da realidade, identificar unidades de análise, transformá-las em termos emergentes, organizá-los em planilhas e tratá-los com o software *CHIC*, cujas árvores de similaridade permitem testar diferentes hipóteses até se encontrar as ramificações mais significativas conforme características do fenômeno em estudo.(p. 335)

Conforme relata Almeida (2008) acima, uma das saídas de dados gerados pelo software *CHIC* são as árvores de similaridade, que correspondem a uma estrutura gráfica de categorias de forma hierárquica e relacional (GOES, 2012, p66). Um exemplo de árvore de similaridade é a figura 2.5, onde observa-se que cada árvore é constituída por ramos, na forma de bifurcações sucessivas e articuladas através de nós. Nas terminações superiores, observam-se as diversas categorias emergentes.

Numa abordagem de uma análise qualitativa, quanto mais distante da base da árvore estiver uma categoria, ela é relativamente mais significativamente representativa do que as demais categorias, em relação a todo o universo de categorias. De uma forma comparativa análoga, quanto mais próxima lateralmente estiverem as categorias entre si, mais elas guardam uma relação de similaridade entre si.

Figura 2.5: Um exemplo de árvore de similaridade para um conjunto de categorias analisados pelo software *CHIC* (GOES, 2012, p 72)



Para o pesquisador, tal recurso de representação gráfica de todas as categorias emergentes lhe permite visualizar todas e as relações acima apontadas,

facilitando uma visão integrada e sistêmica de todo o conjunto de categorias. Adianta-se que o pesquisador pode ficar então surpreso ao, inesperadamente, ver que determinada categoria pode estar assumindo um papel, perante as demais, totalmente inesperado, o que lhe pode suscitar novos caminhos em como construir a análise interpretativa e estabelecer novas formas de inter-relações no processo de análise (ALMOULOUD, 2008, p 305-306). E tal fator via se tornando mais significativo à medida que aumenta a complexidade do universo de dados coletados numa pesquisa de campo.

Outro exemplo de uso do *CHIC* para análise qualitativa de dados multidimensionais é a pesquisa de doutorado de Prado (2003), que consistiu na análise do processo de aprendizagem de professores-alunos no contexto do Curso de Especialização em Desenvolvimento de Projetos Pedagógicos realizados com as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação, desenvolvido no programa de Pós-Graduação em Educação Currículo da PUCSP, entre os anos de 2000 e 2001. O objetivo do curso era propiciar ao professor da escola pública o aprendizado dos recursos computacionais e de suas implicações pedagógicas tanto no âmbito teórico como prático. Para investigar o cumprimento do propósito do curso, a pesquisadora analisou os registros textuais de alguns dos fóruns de discussão, identificou categorias emergentes e tratou tais categorias por meio do software, gerando árvores de similaridade. O foco da pesquisadora se concentrou em analisar as convergências entre as categoriais emergentes, por meio das associações em que alguns dos nós detectados nas árvores estavam presentes e classificou-as como classes e subclasses, as quais receberam denominações de acordo com as relações que se sintetizavam o universo de reflexão dos professores-alunos.

Com base no que foi apresentado acima, a forma como metodologicamente procedeu-se a análise dos dados transcorreu de acordo com as seguintes etapas:

1^o Unitarização e Categorização (MORAES, 2003)- Os dados compostos pelas falas gravadas em vídeo por alunos e Professor-Pesquisador e material escrito pelos alunos foram mapeados, divididos em unidades de análise e agrupados em categorias, tomando por base o referencial teórico adotado, fatos observados durante o desenvolvimento da pesquisa de campo e os objetivos pretendidos com a pesquisa.

2^o Validação das Categorias (MORAES, 2003) – Após a definição das categorias é necessário novamente explorar o material de pesquisa, para revalidar estas. Nesta etapa, é importante convidar outro pesquisador para realizar a validação das categorias e emitir um parecer, que pode ser um colega de grupo de pesquisa, orientador

ou especialista no uso do *CHIC*. No contexto desta pesquisa, foi convidada a professora da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará, Dra Maria José Costa dos Santos Barros, para exercer o papel de validadora externa das categorias analisadas.

3^o Preparação de dados de entrada para processamento no *CHIC* (ALMOULOU, 2008) – Após a maturação das categorias, preparou-se os dados para processá-los no *CHIC*, versão 4.2. Para isso, organizaram-se os dados relativos aos alunos, Professor-Pesquisador e categorias, em um arranjo matricial, formado por linhas e colunas, onde o mesmo é composto por um conjunto de informações binárias do tipo 0 (aluno não atendeu a categoria) e 1 (aluno atendeu a categoria). Um exemplo deste arranjo preparatório matricial encontra-se na figura 2.6 abaixo, que é um exemplo de variáveis binárias organizada em uma planilha *Excel* a serem tratadas pelo *CHIC* :

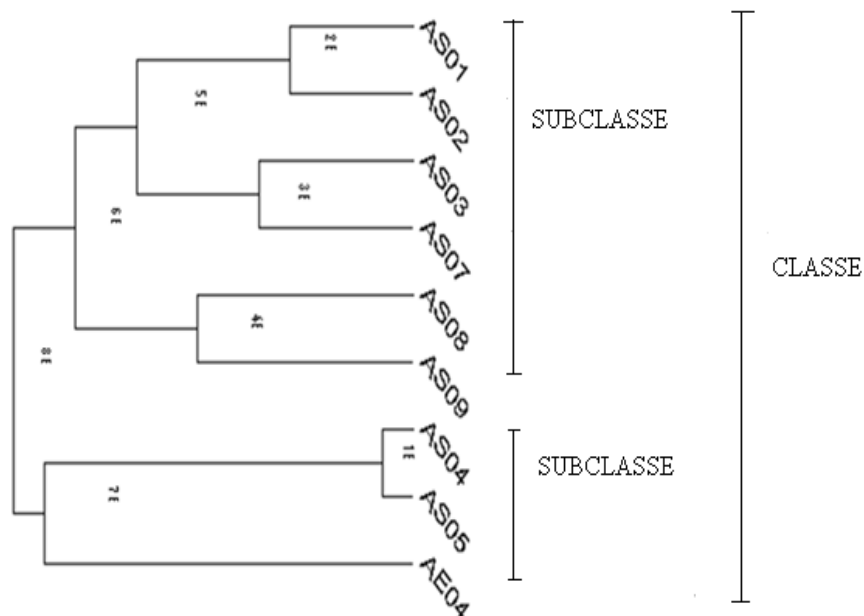
Figura 2.6: Tabela Excel com conjunto de variáveis binárias a ser tratada pelo software *CHIC* (ALMOULOU, 2008, p 312).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		WA1	WA2	WA3	WA4	WA5	WA6	WA7	WA8	WA9	WA10	WA11	WA12	WA13
2	e1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	e2	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4	e3	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
5	e4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	e5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	e6	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
8	e7	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
9	e8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	e9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	e10	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
12	e11	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
13	e12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	e13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	e14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
16	e15	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
17	e16	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
18	e17	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1

4^o Realização do processamento de dados de entrada no *CHIC* (ALMOULOU, 2008; PRADO, 2003)- Após a organização dos dados na forma matricial, por meio de uma planilha no software *Excel*, executou-se o software *CHIC*, sendo que foi escolhido gerar saída de dados na forma de árvores de similaridade. Em

tais árvores, procurou-se analisar e interpretar os nós de similaridade formados entre as categorias, duas a duas, à luz do referencial teórico e dos objetivos da pesquisa baseado na proposta metodológica de Prado (2003), em que cada árvore é dividida em classes e subclasses, como ilustra a figura 2.7 abaixo:

Figura 2.7: Árvore de similaridade obtida como saída de dados tratados pelo software *CHIC*, com divisão em classes e subclasses



No capítulo 3, a seguir, são apresentados fatos ocorridos durante o desenvolvimento da pesquisa de campo, bem como os resultados obtidos das análises realizadas nos dados coletados.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo apresentam-se a análise e discussão dos resultados coletados durante a realização das etapas de campo da presente pesquisa, que foi realizada segundo as ações e respectivas fases associadas, conforme definidas no capítulo 2, e mapeadas cognitivamente (OKADA, 2008; GÓES, 2012) no mapa conceitual da figura 2.4 (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010).

Os instrumentos e a coleta de dados de campo, obtidos a partir de registros de áudio e texto, gerados pelos alunos e Professor-Pesquisador, foram constituídos da seguinte maneira:

- registros textuais dos alunos, elaborados no questionário para sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos sobre associação de resistores elétricos, apresentado no apêndice A e caracterizado pela **ação 1.1** da **fase 1**;

- roteiros impressos das atividades pedagógicas de simulação e modelagem computacional **ASMC 2.2.1** (atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.1: estudo de circuito de resistores em série, utilizando o *software PhET*), **ASMC 2.2.2** (atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.2: estudo de circuito de resistores misto, utilizando o *software PhET*), **ASMC 2.2.3**. (atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.3: estudo de circuito de resistores misto, utilizando o *software Crocodile*), apresentados no apêndice C e caracterizados pela **ação 2.2** da **fase 2**, e que foram utilizados pelos alunos para desenvolver o estudo colaborativo de circuitos de resistores elétricos;

- registros textuais dos alunos, elaborados no roteiro impresso da atividade pedagógica de experimentação de bancada **AEB** (atividade de experimentação em bancada: estudo de circuito de resistores em paralelo, utilizando um kit de associação de resistores mista), apresentado no apêndice D e caracterizado pela **ação 2.3** da **fase 2**, e que foi utilizado pelos alunos para desenvolver o estudo colaborativo de circuitos de resistores elétricos, no intuito de elaborar organizadores prévios, (re) significar e maturar conhecimentos (AUSUBEL, 2003, NOVAK, 2011) de eletricidade e circuitos de resistores elétricos (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; FREITAS, 2007, RIBEIRO *et. al*, 2008a).

Complementam a coleta de dados de campo trechos transcritos de:

- relatos dos alunos e Professor-Pesquisador, gravados pelo último, na forma de vídeo e áudio, decorridos durante o transcurso das atividades de modelagem e simulação computacional (**ação 2.2 da fase 2**); e informações escritas, referentes a respostas, observações e análises, registradas pelos alunos nos questionários de experimentação de bancada **AEB (ação 2.3 da fase 2)** e no questionário de avaliação sobre a prática pedagógica, caracterizado pela **ação 3.1 da fase 3** e apresentado no apêndice E.

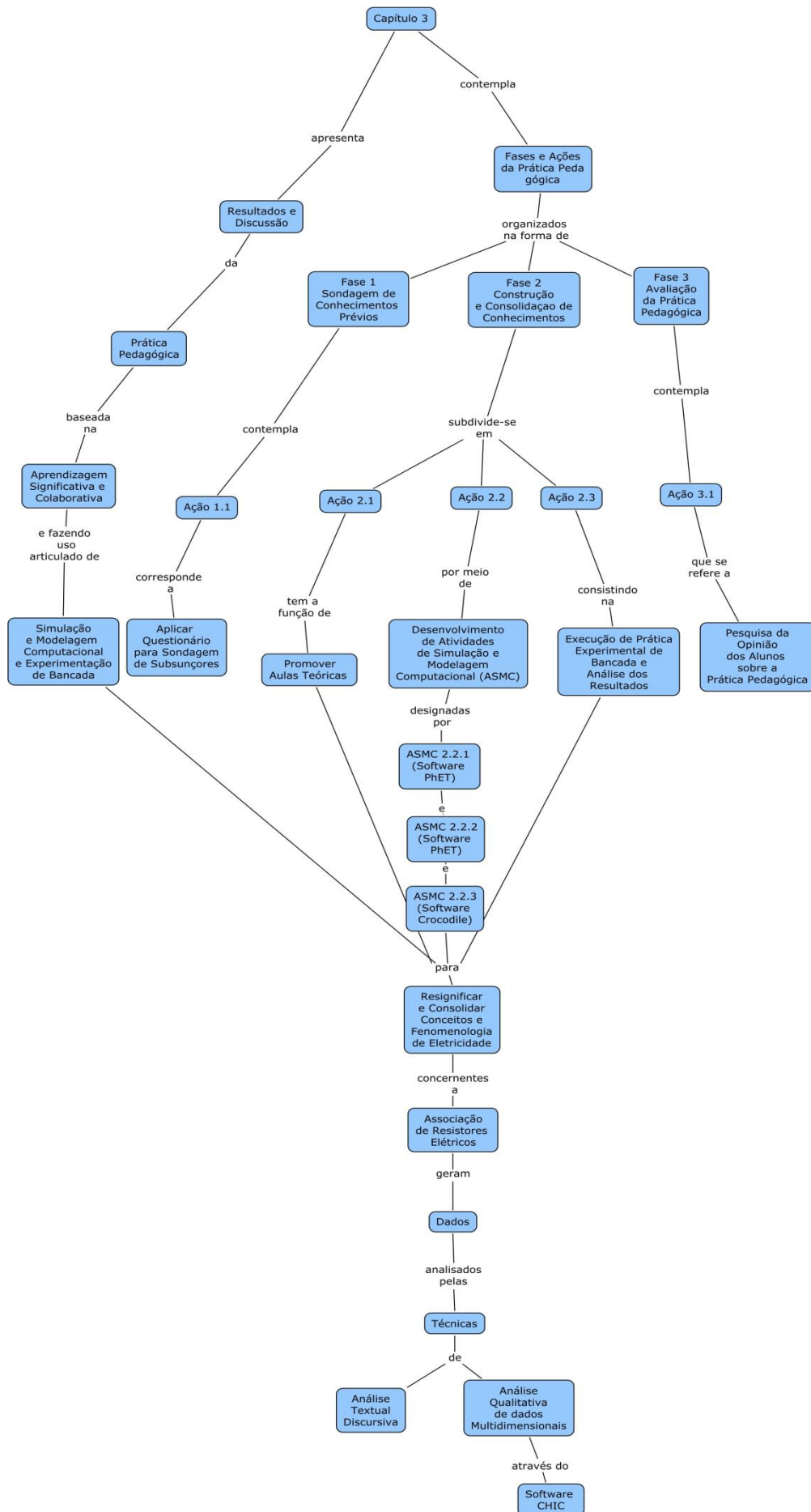
Adianta-se que em subseções mais posteriores, quando sejam abordados aspectos mais abrangentes e críticos, concernentes ao desenvolvimento da análise e discussão de resultados, para tanto utilizando técnicas da análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011; GÓES, 2012) e técnicas da análise qualitativa de dados multidimensionais, (MORAES, 2003; GALIAZZI, 2011; OKADA, 2008; PRADO, 2008), nestas ditas subseções, os dados de campo coletados na presente pesquisa serão mapeados e trabalhados de maneira mais sistêmica, de forma a estabelecer relações hierárquicas e multirrelacionais entre os dados analisados, à luz do referencial teórico adotado (ALMEIDA, 2000; ALMEIDA, 2008; ALMOULOUD, 2008; CANALES, 2007; GOES, 2012; OKADA, 2008; PRADO, 2003).

Já nas próximas subseções que se sucedem, ao analisar e discutir os resultados obtidos nas ações colaborativas, realizadas entre alunos e Professor-Pesquisador, durante o transcurso das práticas pedagógicas de simulação e modelagem computacional e práticas experimentais de bancada, as respectivas citações de determinados trechos de narrativas e registros impressos dos alunos, utilizadas na análise e discussão apresentada, serão mapeados de forma mais imersiva e cíclica (GOES, 2012; MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011; OKADA, 2008). Re-enfatiza-se que o núcleo principal da análise e discussão dos dados de campo da pesquisa foi elaborado nas subsessões que caracterizam a análise qualitativa de dados multidimensionais (ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; OKADA, 2008; PRADO, 2003; PRADO, 2008).

Quanto ao tempo relativo à realização das atividades da prática pedagógica, arbitrou-se que os dias e semanas de decorrência da mesma são contados a partir da data em que foi aplicado o questionário de sondagem de conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, o dia 17/10/2011. Para garantir o anonimato dos alunos participantes da pesquisa, fez-se referência aos mesmos por meio de pseudônimos, conforme o seguinte critério de enumeração: ALUNO1, ALUNO 2, ALUNO 3 e assim por diante.

O mapa apresentado na figura 3.1 a seguir apresenta os tópicos que serão abordados no capítulo 3:

Figura 3.1: Mapa conceitual apresentando os elementos do capítulo 3, relativo aos resultados e discussão dos dados da pesquisa de campo.



Na sessão consecutiva é apresentada a discussão da sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos, relativo ao tema resistores e suas associações.

3.1 Fase 1: ação 1.1 - Discussão dos conhecimentos prévios dos alunos, relativo ao tema resistores e suas associações.

Na figura 3.2, apresenta-se uma foto dos alunos, durante um momento em que respondiam individualmente ao questionário de sondagem de conhecimentos prévios.

Figura 3.2- Foto dos alunos da EEFM Dr. Gentil Barreira respondendo ao questionário de conhecimentos prévios, concernente ao tema associação de resistores elétricos, durante a **ação 2.1** da **fase 1** da experiência pedagógica.



Na **ação 1.1** da **fase 1**, aplicou-se um questionário para verificar conhecimentos prévios, para se constituir evidências dos subsunçores (AUSUBEL, 2003; FREITAS, 2007; NOVAK, 2010), que os alunos possuíam sobre temas de eletricidade, destacando-se associação de resistores elétricos, uma vez que este conteúdo

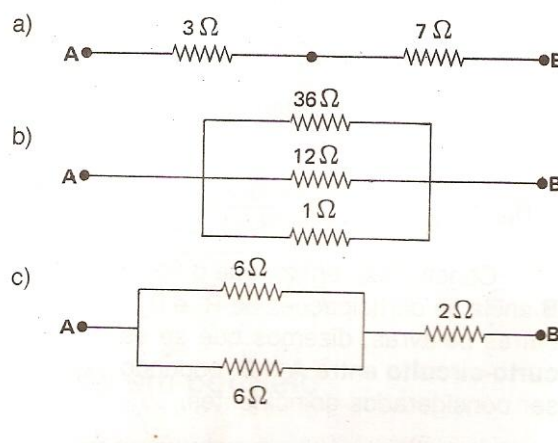
estava sendo trabalhado com os mesmos, nas atividades curriculares de sala de aula, antes do início da pesquisa de campo (MIRAS, 2010). Adianta-se, que, individualmente, todos os alunos da turma responderam ao citado questionário, que se encontra no apêndice A.

A seguir apresenta-se o enunciado de cada questão, o objetivo pretendido e o desempenho dos alunos observado em cada questão:

A questão 1 destinava-se a investigar os conhecimentos prévios dos alunos, relacionados ao tema eletricidade e se conseguiam calcular a resistência equivalente de diferentes associações de resistores, sendo que o item “a” era referente a uma associação em série, o item “b” a uma associação em paralelo, e o item “c”, a uma associação mista de resistores:

01-Determine o valor da resistência equivalente entre os pontos A e B das seguintes associações:

Figura 3.3: Arranjos de circuitos de resistores elétricos, correspondentes aos itens a, b e c da questão 1, concernentes ao questionário de sondagem de conhecimentos prévios dos alunos (ação 1.1.).



Uma análise das respostas dos alunos revelou que, em torno de 19 (86 %) deles, não conseguiam obter a resistência equivalente em nenhum dos itens da questão 1 do questionário. Isto se configura como um indício preliminar de que os alunos apresentavam dificuldades de compreensão e cálculo de resistência equivalente em circuitos elétricos resistivos (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; FREITAS, 2007). Outras possíveis dificuldades que podem estar associadas são: limitações para identificar associações em série e em paralelo de resistores e/ou não possuir domínio conceitual suficiente de conceitos de eletricidade, como resistência, corrente e diferença de potencial ou ainda não conseguir estabelecer inter-relações entre citados conceitos (DORNELES, ARAÚJO, VEIT, 2006; FREITAS, 2007).

Destaca-se que, na seção 1.6 do referencial teórico desta dissertação, capítulo 1, é apresentado o quadro 3, concernente ao conjunto de dificuldades de aprendizagem relacionadas com os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétricas, baseados no trabalho de Dorneles, Araújo e Veit (2006), incorporando naquela sessão uma discussão de tais dificuldades. Tal citado conjunto de dificuldades de aprendizagem, é estratégico para se investigar o perfil das eventuais dificuldades ou facilidades de aprendizagem dos alunos que participaram da presente pesquisa possam apresentar durante o estudo de circuitos de resistores.

Incorpora-se à argumentação supra descrita, que a discussão dos dados de campo, no tocante às atividades pedagógicas efetivadas colaborativamente por alunos, relativa às ações efetivadas nas fases 1, expressa pela ação 1.1 (sondagem dos conhecimentos prévios) e fase 2, conforme as ações 2.1 (promover aulas teóricas), 2.2 (desenvolvimento de atividades de simulação e modelagem computacional) e 2.3 (execução da prática experimental de bancada), tais atividades pedagógicas visaram promover a facilitação e desenvolvimento da aprendizagem colaborativa e significativa (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010; MIRAS, 2010; VALENTE, 2002), no contexto do estudo de circuitos elétricos, realizado pelos alunos.

A questão 2 pretendeu investigar indícios de conhecimentos que os alunos possuíam no tocante a propriedades de associações em série, de modo a resolver um problema, por meio da análise do comportamento de um circuito de uma árvore da natal, quanto ocorria uma determinada falha no mesmo, conforme o enunciado a seguir:

02-Sabe-se que quando apenas uma lâmpada de árvore de natal queima, todas as outras não acendem. A razão disso é por que:

- a) A associação é em série, com a mesma corrente para todas as lâmpadas, por isso se uma delas queima a corrente será interrompida em todo o circuito.
- b) A associação é em paralelo, com a mesma corrente para todas as lâmpadas, por isso se uma lâmpada queima a corrente será interrompida em todo o circuito.
- c) Deve-se verificar a qualidade dos fios.
- d) NRA

Na análise das respostas, apenas 03 (13%) alunos pesquisados não responderam corretamente esta questão. Isto pode pressupor que os alunos, em sua minoria, não conseguiam estabelecer relações entre os conceitos de corrente e

resistência elétricas, bem como eventualmente não sabiam utilizar devidamente o conceito de corrente elétrica.

A questão 3 intencionava verificar os conhecimentos dos alunos concernente a associação de resistores em paralelo, ao indagar os alunos sobre propriedades deste tipo de associação:

03-As instalações elétricas das casas são do tipo associação em paralelo porque:

- a) Os aparelhos ficam submetidos a uma mesma corrente elétrica.
- b) Os aparelhos vão dissipar menor energia possível.
- c) Os aparelhos não irão queimar nessa associação.
- d) Todos os aparelhos ficam sob a mesma tensão.

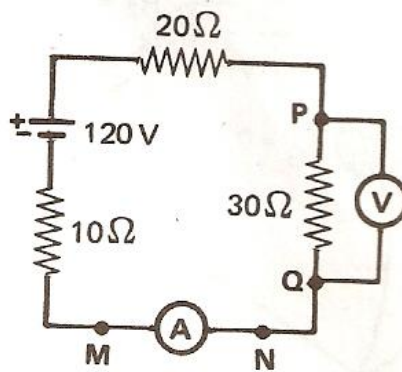
Pela análise das respostas, 17 (77%) alunos não conseguiram responder corretamente esta questão, o que sugere indícios preliminares que associação de resistores em paralelo não é de fácil compreensão para os alunos investigados. Isto pode ser um indício de que os alunos não conseguiam relacionar os conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica (DORNELES, ARAÚJO, VEIT, 2006).

A questão 4 apresentava um duplo propósito junto aos alunos: no item a, investigar se os alunos possuíam alguma noção preliminar relativa a instrumentos de medição elétrica, como voltímetros e amperímetros, e nos itens b e c, verificar se os alunos conseguiam empregar a lei de ohm para obter valores de corrente e voltagem elétricas, em um determinado circuito elétrico:

04- Para o seguinte circuito da figura abaixo, responda:

- a) O que significam as letras A e V na ilustração?
- b) Qual a intensidade de corrente elétrica que atravessa o circuito?
- c) Qual a tensão elétrica sobre o resistor de 30Ω ?

Figura 3.4: Arranjo de circuito de resistores elétricos, correspondentes aos itens a, b e c da questão 4, concernentes ao questionário de sondagem de conhecimentos prévios dos alunos (ação 1.1.).



A análise das respostas revelou que 13 (59 %) alunos não responderam o item a, o que corresponde a haver indícios de uma limitação de conhecimentos básicos para identificar a representação imagética de aparelhos de medidas elétricas. Quanto aos itens b e c, 14 (64%) alunos não as responderam, o que eventualmente está associado ao fato dos alunos não conseguirem aplicar a lei de Ohm para resolução dos problemas (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006). Isto pode caracterizar indícios que os alunos apresentam dificuldades conceituais, o que não lhes permitiu calcular valores de intensidade de corrente elétrica e de diferença de potencial em circuitos elétricos, bem como não saber utilizar o conceito de resistência equivalente para calcular estes valores requeridos (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006).

As questões de números 5 a 7 procuravam identificar dificuldades de aprendizagem, quanto aos conceitos de potencial elétrico (voltagem), diferença de potencial, corrente e resistência elétricas (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006). Nestas questões, os alunos deveriam empregar e relacionar tais conceitos para poder resolver o problema do brilho de lâmpadas elétricas.

As questões de 5 a 7 solicitavam que os alunos conseguissem ordenar o denominado “brilho de lâmpadas elétricas”, sendo que as lâmpadas deveriam ser entendidas como resistores idênticos. Também tinha como propósito averiguar se os alunos apresentavam dificuldades em compreender e utilizar os conceitos de corrente, resistência elétrica, resistência equivalente, diferença de potencial elétricos e inter-relacioná-los para a resolução de problemas de circuitos de resistores elétricos, conforme Shaffer e McDermont (1992) *apud* Dorneles, Araújo e Veit (2006) :

Figura 3.5: Circuito teste utilizado no questionário de conhecimentos prévios para investigar dificuldades de aprendizagem dos alunos quanto aos conceitos de resistência elétrica e resistência elétrica equivalente (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006)

05- Ordene as lâmpadas abaixo do maior brilho para o menor.

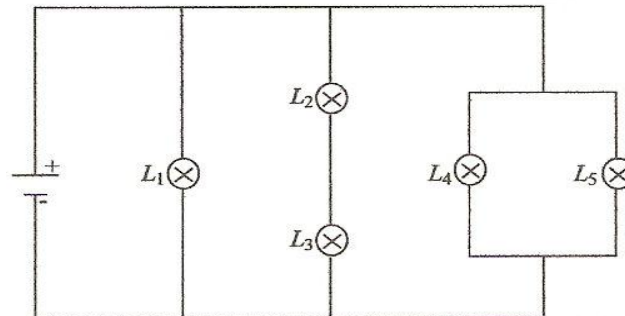


Figura 3.6: Circuitos teste utilizado no questionário de conhecimentos prévios para investigar dificuldades de aprendizagem dos alunos quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial elétricos (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006)

06- Ordene as lâmpadas abaixo do maior brilho para o menor brilho

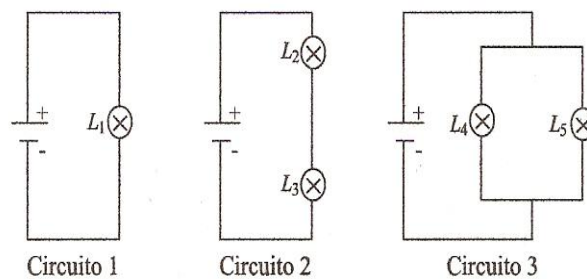
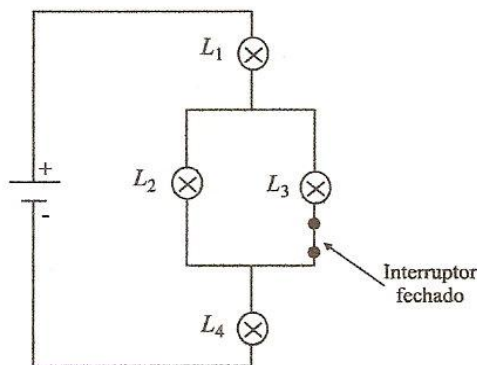


Figura 3.7: Circuitos teste utilizado no questionário de conhecimentos prévios para investigar dificuldades de aprendizagem dos alunos quanto aos conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial elétricos (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006)

07- Ordene o brilho das lâmpadas abaixo quando o interruptor está fechado. O que acontece com o brilho da lâmpada L_1 quando o interruptor for aberto ?



Ao analisar as respostas dos questionários dos alunos, pode-se verificar que nenhum deles respondeu às questões 5, 6 e 7. Isto revela indícios que os alunos apresentam preocupantes deficiências de aprendizagem relativas aos conceitos de corrente, tensão e resistência elétricas e associação de resistências elétricas, uma vez que não conseguem empregar e relacionar tais conceitos para resolver as questões 5 a 7 (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006), relacionadas a problemas de circuitos de resistores, representados por lâmpadas elétricas.

Em síntese, concluída a discussão das respostas às questões do questionário feito pelos alunos, ação 2.1, observa-se é necessário promover uma intervenção pedagógica, ao nível de: realizar uma ação, na forma de aulas teóricas, para suprir as deficiências conceituais evidenciadas junto aos alunos, na ação 2.1, de forma, numa visão da aprendizagem ausubeliana (AUSUBEL, 2003; MIRAS, 2010; NOVAK, 2010), a consolidar novos conhecimentos dos alunos, nos temas de eletricidade em discussão, o que é discutido na sessão 3.2, a seguir:

3.2 Fase 2 – Construção e consolidação de conhecimentos de eletricidade e associação de resistores elétricos.

Nas subseções a seguir, são discutidos os dados de campo correspondentes às ações que compõem a fase 2: 2.1 (promover aulas teóricas), 2.2 (desenvolvimento de atividades de simulação e modelagem computacional) e 2.3 (execução da prática experimental de bancada).

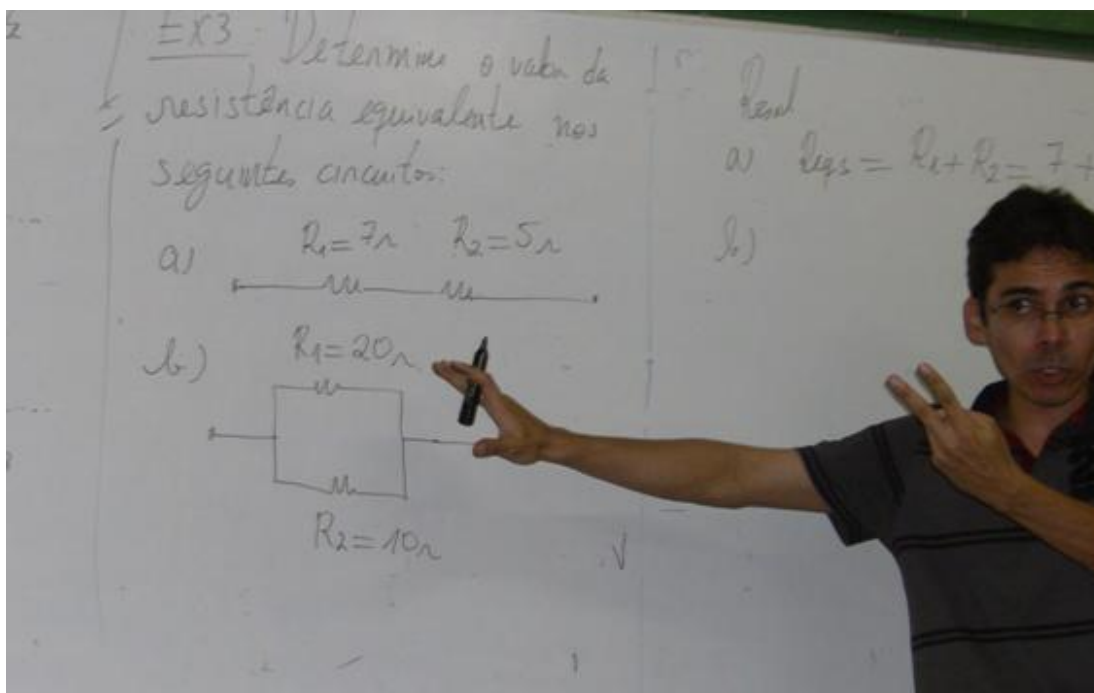
3.2.1 Fase 2:ação 2.1 - Promover aulas teóricas para (re) significar e consolidar conceitos.

Na semana seguinte ao término da sondagem e análise dos conhecimentos prévios de eletricidade e circuitos de resistores elétricos, no dia 24/10/2011, iniciou-se a fase 2 da prática pedagógica, através da realização da ação 2.1 (promover aulas teóricas).

Nesta intenção, foram desenvolvidas atividades que visavam contribuir para diminuir as dificuldades de aprendizagem investigadas anteriormente. Uma vez que se constataram nos alunos evidências de fragilidades no domínio de conhecimentos básicos em eletricidade, ou seja, pré-requisitos conceituais necessários para que os alunos realizassem estudos e práticas de simulação, modelagem e experimentação em bancada, relacionadas a circuitos de resistores elétricos. Sem perda de generalidade, adotou-se como estratégia pedagógica ministrar duas aulas teóricas, de cinquenta minutos, cada, concernentes a temas de eletricidade e circuitos elétricos (AUSUBEL, 2003; CRUZ, 2012; DORNELES; ARAUJO; VEIT; 2006; FREITAS, 2007; SILVANO, 2011; MIRAS, 2010; NOVAK, 2010; caracterizou-se por uma exposição e mediação do professor junto aos alunos, seguida de uma discussão colaborativa de temas da teoria de eletricidade e circuitos de resistores elétricos. Como recursos pedagógicos auxiliares, foram utilizados slides. Além dos conceitos de resistência, diferença de potencial, corrente elétrica, trabalhou-se colaborativamente a resolução de alguns problemas envolvendo o emprego das leis de Ohm, para solução de circuitos de resistores elétricos em série e paralelo, além de problemas envolvendo associação de resistores e dispositivos para medição de grandezas elétricas.

A figura 3.8, a seguir, apresenta uma foto tirada durante a realização das aulas teóricas. Observa-se que o Professor-Pesquisador está discutindo, e posteriormente mediando, em sala com os alunos uma atividade de resolução de problemas de circuitos de resistores elétricos em série e paralelo.

Figura 3.8- Foto de aula teórica concernente ao tema resistores e circuitos de resistores, realizada através da ação 2.2, da fase 2 da prática pedagógica



Finalizaram-se as aulas através da apresentação, discussão colaborativa e distribuição de um mapa conceitual, resumindo o tema associação de resistores elétricos (vide apêndice B). Tal atividade colaborativa (VALENTE; BUSTAMENTE, 2009) teve o intuito de revisar, (re) significar, diferenciar progressivamente e consolidar conceitos de eletricidade (AUSUBEL, 2003; FREITAS, 2007; MIRAS, 2010; NOVAK, 2010; RIBEIRO et al., 2008a), tendo em vista emergir elementos para compor e realizar as demais ações da prática pedagógica. Desta forma, finalizada a ação 2.1 da fase 2, partiu-se para a realização da etapa seguinte da prática pedagógica, a ação 2.2 (desenvolvimento de atividades de simulação e modelagem computacional colaborativas), como discutido na sessão 3.2.2, a seguir.

3.2.2 Fase 2: Ação 2.2 - Atividades de simulação e modelagem computacional concernente ao tema associação de resistores elétricos.

Na terceira semana, dia 31/10/2011, prosseguiu-se com a fase 2 da pesquisa, através da realização da ação 2.2, quando se intencionou trabalhar com os alunos as atividades de simulação e modelagem computacional, para desenvolver organizadores prévios, que auxiliassem os alunos, sob a ótica da aprendizagem ausubeliana (AUSUBEL, 2003; MIRAS, 2010; NOVAK, 2010) e colaborativa (VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009), a trabalharem o desenvolvimento e re-

significação de conceitos relacionados à voltagem, corrente e resistência elétricas, medidas elétricas envolvendo os medidores voltímetro e amperímetro, conhecimentos sobre associações em série e paralelo de resistores e problemas associados.

Compareceram as atividades de simulação e modelagem computacionais, um efetivo de 15 alunos, divididos em 6 equipes e distribuídos em duplas e ternos.

Para realizar as ações de simulação e modelagem computacional **ASMC 2.2.1**, **ASMC 2.2.2**, **ASMC 2.2.3** da **ação 2.2** (desenvolvimento de atividades de simulação e modelagem computacional), como foi descrito no capítulo 2, utilizaram-se três simulações. Re-enfatizando a argumentação apresentada no capítulo 2, metodologia, a primeira delas, **ASMC 2.2.1**, denominada “atividade de simulação e modelagem 2.2.1”, foi realizada através do uso pedagógico e colaborativo do software *Circuit Construction Kit DC*, do site *PhET Physics* (PERKINS *et al.*, 2006; WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2008; ZARA; 2011).

3.2.2.1 Ação 2.2 - Atividade de simulação e modelagem computacional 1 (ASMC 2.2.1): estudo de circuito de resistores em série.

Sem perda de generalidade, a **ASMC2.2.1** foi realizada na terceira semana, no dia 31 de outubro de 2011. Os alunos foram convidados a comparecer ao laboratório de informática da escola EEFM, no qual estava instalado o *software PhET* e esta atividade colaborativa teve uma duração aproximada de 45 minutos. Houve a mediação do presente Professor-Pesquisador. Inicialmente os roteiros de atividade de simulação computacional foram entregues na forma impressa aos alunos, que já estavam acomodados nos computadores, arranjados em duplas e ternos. Houve a leitura e discussão colaborativas dos roteiros. Seguiu-se a fase da realização da simulação e modelagem com o uso do *PhET*.

O esquema representativo do circuito da atividade de simulação computacional 1, ver apêndice C, bem como a representação imagética desta, obtida com o uso do *software PhET* (PERKINS *et al.*, 2006; WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2008; ZARA; 2011), estão representados nas figuras 3.9a e 3.9b respectivamente:

Figura 3.9a- Esquema do circuito de resistores que corresponde a atividade de simulação computacional 1 (**ASMC 2.2.1**).

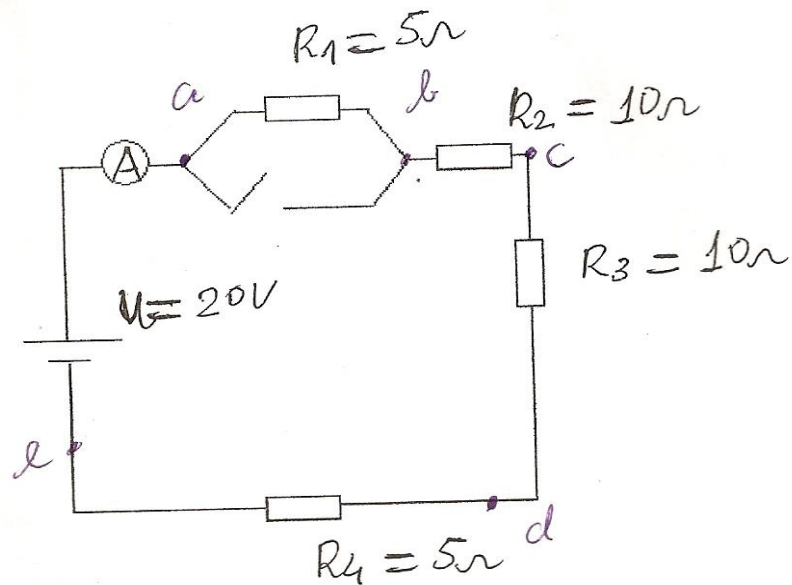


Figura 3.9b- Representação imagética do circuito de resistores da atividade de simulação computacional 1 (ASMC 2.2.1), obtida com o uso do *software PhET* (PERKINS *et al.*, 2006; WIEMAN; ADAMS; PERKINS, 2008; ZARA; 2011), obtida pelos alunos.



Nas figuras 3.9a e b, a ASMC 2.2.1 consistia de um arranjo de quatro resistores, associados em série a uma bateria. Em um determinado trecho do circuito havia uma bifurcação, onde a corrente elétrica poderia passar por um caminho sem

resistência elétrica ou por uma das resistências da associação, ao se manipular uma chave (interruptor).

A figura 3.10, a seguir, apresenta uma foto tirada quando os alunos e o Professor-Pesquisador, colaborativamente desenvolviam atividades de simulação e modelagem computacional de circuito em série de resistores (ASMC 2.2.1), fazendo o uso pedagógico do *software PhET*. Verifica-se na figura 3.10 que o aluno da esquerda está transcrevendo anotações, discutidas e repassadas com e pelo aluno do centro, que observa atentamente o circuito de resistores em série. Já a aluna da direita, interage com outros dois colegas vizinhos, à sua direita, que não são visíveis na foto.

Figura 3.10- Alunos colaborativamente desenvolvendo atividades de simulação e modelagem computacional de circuito em série de resistores (ASMC 2.2.1), fazendo o uso do *software PhET*.



Os procedimentos que compunham o roteiro da **ASMC 2.2.1** e as respectivas ações voltadas a contribuir para o desenvolvimento da aprendizagem colaborativa e construcionista (DORNELES; ARAUJO, VEIT, 2006; FREITAS, 2007; MIRAS, 2010; RIBEIRO *et al.* 2011; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009) e ausubeliana (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010), são os seguintes:

Procedimento 1: Abra o *software Circuit Construction* do *PhET* e opere com a simulação de acordo com o esquema abaixo.

Procedimento 2: Ao fechar o interruptor, o que acontece com a resistência equivalente da associação? Por quê? Objetivo esperado: observar que a corrente elétrica se desvia para trechos de circuito com a menor resistência possível e inter-relacionar o desvio a alteração na resistência equivalente.

Procedimento 3: O que aconteceu com a corrente elétrica no circuito uma vez que a chave foi fechada? Objetivo: identificar alterações na intensidade de corrente elétrica uma vez que o circuito elétrico sofre alterações em sua resistência.

Procedimento 4: Meça a diferença de potencial entre os pontos a e d com a chave fechada e depois com a chave aberta. Há alguma diferença? Por quê? Objetivo: medir a diferença de potencial em um trecho do circuito e observar alterações na mesma, associando a alteração com mudanças na resistência equivalente.

Procedimento 5: O que acontece com a diferença de potencial e a corrente elétrica entre os pontos d-e se a resistência R4 atingir seu valor máximo? (O que está argumentado aqui entre parênteses, não consta na questão originalmente apresentada aos alunos: no caso, foi mediado junto aos mesmos, por ocasião do desenvolvimento desta atividade utilizando o *software PhET*, que R4 atingir o valor máximo, significa o aluno utilizar o valor de $R4 = 100$ ohms como o valor máximo utilizável no circuito). Por quê? Objetivo: perceber modificações no comportamento da voltagem e corrente elétricas, quando o valor da resistência elétrica de um trecho do circuito é alterada.

Ressalta-se que, em determinadas narrativas dos alunos, transcritas textualmente ao longo do capítulo e coletadas, quer através de gravação de vídeo com áudio, ou através de textos escritos, produzidos pelos alunos e registrados nos instrumentos de coleta de dados, foram acrescentados comentários explicativos, colocados entre parênteses. A seguir, são brevemente apresentadas e discutidas algumas destas transcrições de áudio.

Com o desenvolvimento dos procedimentos da **ASMC 2.2.1**, percebeu-se indícios de interação colaborativa entre Professor-Pesquisador e alunos, na visão de VALENTE (2003), como se ilustra no exemplo abaixo, onde a ALUNA 4 interage com o Professor-Pesquisador, ao realizar o procedimento 3 da **ASMC 2.2.1** (enunciado: O que aconteceu com a corrente elétrica no circuito uma vez que a chave foi fechada? Por que?).

Professor-Pesquisador: “*O que aconteceu com a corrente elétrica no circuito uma vez que a chave foi fechada?*”

ALUNA 4.: “*alterou aqui*”(aluna apontando para o amperímetro, que pode ser identificado na figura 3.5b, na parte inferior do circuito, registrando um valor de leitura visualizável)

Professor-Pesquisador: “*É...é o que está indicando ai né?*”

ALUNA 4.: “*Não é Professor?... aumentou aqui né?*”(aluna apontando para o amperímetro)

Professor-Pesquisador: “*Hum?... é!*”

Na interação acima, entre professor e a ALUNA 4, observa-se, nas narrativas tecidas, haver indícios de identificação visual (SILVANO, 2011) da variação de corrente elétrica virtual, observado e comentado pela ALUNA 4, ao analisar, no circuito exibido pelo PhET, o comportamento da variação de corrente no circuito, no ramo “ab”, composto pela chave, que é um trecho considerado sem resistência elétrica. Contudo a ALUNA 4 não conseguiu explicitar uma análise de tal ocorrência, em função da variação da resistência elétrica equivalente, e, conseqüente, variação da corrente elétrica no circuito, como um todo (DORNELES, ARAUJO; VEIT, 2006).

Também foi possível identificar vestígios que o processo de aprendizagem colaborativa dos alunos se sucedeu por meio de interações discente-discente, como o diálogo entre a ALUNA 1 explicando para a ALUNA 12 os resultados obtidos nos procedimentos 2 e 4 da respectiva simulação:

Narrativas obtidas a partir do procedimento 2:

ALUNA1.: “... *quando ela ta fechada, a corrente ta pra cá*” (aluna apontando para o trecho do circuito sem resistência onde está a chave)

ALUNA 12: “... *ah!, então ta!*”

Na interação acima, as ALUNAS1 e 12 se restringiram apenas a, visualmente (SILVANO, 2011), observar e comentar no circuito exibido pelo **PhET**, o comportamento da variação de corrente elétrica virtual no circuito, mas sem explicitar uma análise da ocorrência, em função da variação decorrida no fechamento da chave, no trecho “ad” do circuito, o que ocasiona uma mudança no valor da resistência equivalente, e, conseqüentemente, da corrente neste trecho (DORNELES, ARAUJO; VEIT, 2006).

Narrativas obtidas a partir do procedimento 4:

ALUNA 12:“... *a chave aberta o quê?*”

ALUNA1.: “... *diminuí o voltímetro*”

Na interação acima, novamente, as ALUNAS 1 e 12 se restringiram apenas a, visualmente (SILVANO, 2011), observar e comentar no circuito exibido pelo *PhET*, o comportamento da variação de tensão elétrica virtual no circuito, mas sem explicitar uma análise da ocorrência, em função da variação decorrida da abertura da chave, no trecho “ad” do circuito, o que ocasiona uma mudança no valor da resistência equivalente, e, conseqüentemente, da tensão elétrica virtual neste trecho.

Adianta-se que, quanto aos dados da prática pedagógica, coletados através dos registros textuais dos alunos, os mesmos serão analisados de forma mais imersiva e sistêmica em subseções posteriores, que abordem aspectos mais abrangentes e críticos, concernentes ao desenvolvimento da análise e discussão de resultados relativos às atividades de simulação e modelagem computacional **ASMC 2.2.1** e **ASMC 2.2.2**, utilizando, para tanto, técnicas da análise textual discursiva (MORAES, 2003; GÓES, 2012) e técnicas da análise qualitativa de dados multidimensionais, (MORAES, 2003; OKADA, 2008; PRADO, 2008).

3.2.2.2 Ação 2.2 - Atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.2 ASMC 2.2.2: (estudo de circuito de resistores em paralelo).

Rememorando, sendo o estudo de circuitos de resistores em paralelo ou mistos uma atividade que exige dos alunos um maior domínio de conhecimentos, se comparado com o estudo de circuitos de resistores em série. Entre outros motivos, destaca-se que a corrente elétrica se distribui em ramos nos circuitos paralelos e mistos, então isto eventualmente exige dos alunos lidar com resistências equivalentes em paralelo, para proceder ao aprofundamento do estudo de circuitos, o que demanda dos alunos maiores níveis de abstração de raciocínio e domínio e inter-relação entre os conceitos de diferença de potencial, corrente resistência e resistência (DORNELES, ARAUJO; VEIT, 2006). E do ponto de vista da aprendizagem significativa, pedagogicamente, os alunos deveriam estudar primeiramente os circuitos em série, de forma a constituírem organizadores prévios e subsunçores (AUSUBEL, 2003; FREITAS, 2007; MIRAS, 2010; NOVAK, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2008a).

Por tais argumentos supraexpostos, foi concebido se realizar a **ASMC 2.2.2** (estudo de circuito de resistores em paralelo e misto), após haver concluído com os

alunos as atividades da **ASMC 2.2.1** (estudo de circuito de resistores em série), o que é descrito a seguir.

Logo em seguida à conclusão da ASMC 2.2.1, trabalhou-se colaborativamente com os 15 alunos a realização da ASMC 2.2.2 no laboratório de informática da escola EEFM, no qual estava instalado o *software PhET*. Esta atividade teve uma duração aproximada de 45 minutos e foi realizada na terceira semana, no dia 31 de outubro de 2011.

Houve inicialmente a leitura e discussão colaborativas do roteiro de atividade de simulação computacional, já que os alunos estavam acomodados nos computadores, arranjados em duplas ou ternos. Seguiu-se a fase da realização da experimentação e modelagem com o uso do *PhET* (PERKINS *et al*, 2006; WIEMAN; ADAMS; PERKINS; 2008; ZARA, 2011).

O esquema representativo do circuito da atividade de simulação e modelagem computacional **ASMC 2.2.2**, ver apêndice C, bem como a representação imagética desta, obtida com o uso do *software PhET*, estão representados nas figuras 3.11a e 3.11b, respectivamente:

Figura 3.11a- Esquema do circuito de resistores que corresponde a atividade de simulação computacional 2 (ASMC 2.2.2)

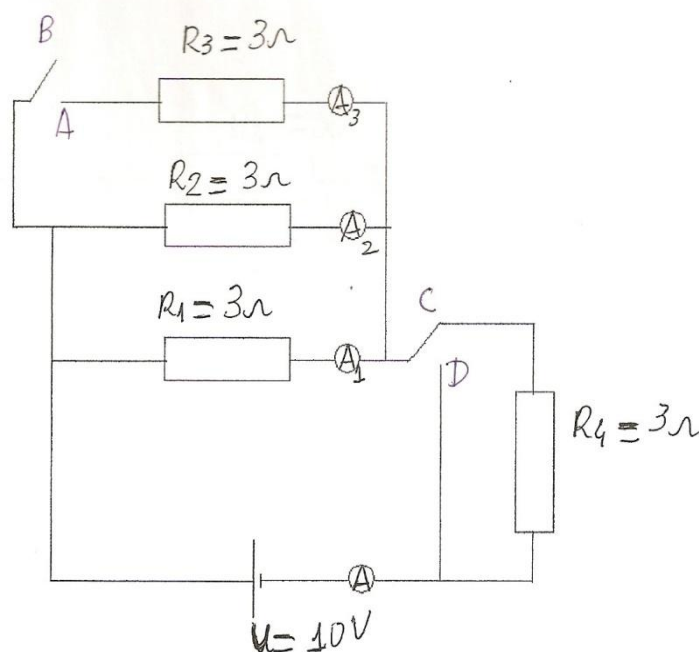
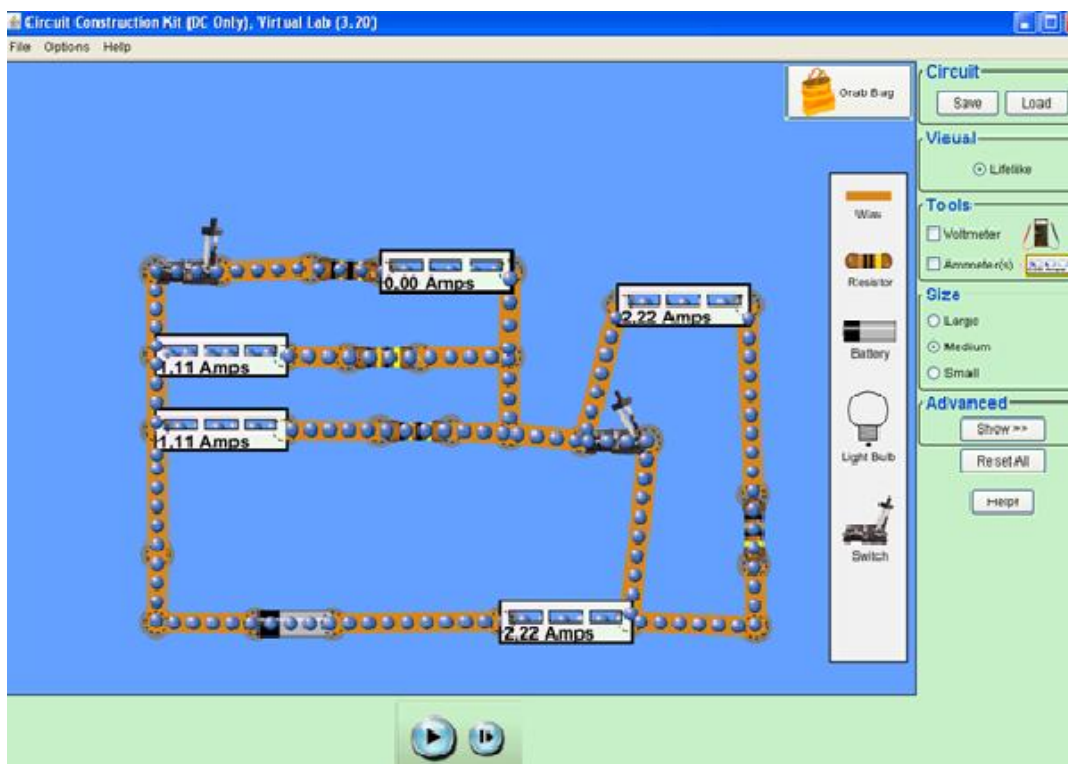


Figura 3.11b- Representação imagética do circuito de resistores da atividade de simulação e modelagem computacional 2.2.2 (ASMC 2.2.1), obtida com o uso do *software PhET*, obtida pelos alunos.



Nas figuras 3.11 a e b, a **ASMC 2.2.2** consistia de um arranjo de dois resistores associados em paralelo. Estes também poderiam ser associados em paralelo a um terceiro resistor, caso se fechasse a chave a-b (interruptor na região esquerda e superior do circuito). Estes resistores eventualmente podem ser associados em série com um quarto resistor, formando uma associação mista de resistências ao se deixar aberto o interruptor c-d (interruptor na parte mediana-direita do circuito). O circuito era alimentado por uma bateria de 10 volts, e possuía um conjunto de cinco amperímetros (caixas retangulares brancas ilustradas na figura 3.6.b), tendo cada um destes a finalidade de realizar a medida de corrente em cada ramo diferente.

Os procedimentos que compunham o roteiro da **ASMC 2.2.2** e suas respectivas metas de aprendizagem eram as seguintes:

Procedimento 1: Abra o software *Circuit Construction* e opere com a simulação 2 de acordo com o esquema abaixo:

Procedimento 2: Em que posições devem estar as chaves a-b e c-d, abertas ou fechadas, para que se tenha somente resistores associados em paralelo? Objetivo: desenvolver habilidades de identificação de resistores em série e paralelo.

Procedimento 3: Quando as chaves estão abertas, quantos resistores encontram-se em série? E em paralelo? Objetivo: diferenciar associação em série e em paralelo de resistores.

Procedimento 4: Com as chaves nas posições a e d (fechadas), mude o valor de R3 para 50 ohms. Explique o comportamento dos valores i_1 , i_2 e i_t (corrente total no circuito). Logo em seguida, retorne R3 para o seu valor original. Objetivo: perceber alterações na intensidade da corrente elétrica, uma vez que se altere o valor de uma resistência elétrica de um conjunto de resistências associadas em paralelo.

Procedimento 5: Com as chaves nas posições a e c, altere novamente o valor de R3 para 50 ohms. Explique porque neste caso todas as correntes variam. Objetivo: perceber alterações na intensidade da corrente elétrica, uma vez que se altere o valor de uma resistência em uma associação mista.

Em virtude da complexidade de tal circuito, percebeu-se que poucos alunos conseguiram montá-lo e executar qualitativamente seus procedimentos, o que eventualmente pode ser associado limitações de conhecimentos prévios e competências e habilidade no desenvolvimento de atividades laboratoriais.

Um exemplo que ilustra isso são os resultados que o ALUNO 17 e o ALUNO 5 obtiveram ao executar o procedimento 4 da respectiva simulação, sendo que os mesmos conseguem perceber que a intensidade da corrente elétrica sob R1 e R2 (i_1 e i_2 respectivamente) muda para o valor de 3,33 ampères quando o valor de R3 é alterado para 50 ohms:

“... em 50ohms i_1 e i_2 ficam em 3,33 amperes” (Registro textual colaborativo dos alunos 5 e 17).

3.2.2.3 Ação 2.2 - Atividade de simulação e modelagem computacional 3 ASMC 2.2.3: (estudo de circuito de resistores em paralelo).

As atividades pedagógicas realizadas durante a **ASMC 2.2.2**, são de fundamental importância para se proceder ao desenvolvimento da **ASMC 2.2.3** (AUSUBEL, 2003; MIRAS, 2010; DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; NOVAK,

2010), que corresponde a um circuito semelhante ao da **ASMC 2.2.2**, porém contendo o recurso de uso de lâmpadas idênticas desempenhando o papel pedagógico de resistores elétricos.

O objetivo complementar da **ASMC 2.2.3** em relação às atividades pedagógicas **ASMC 2.2.1** e **ASMC 2.2.2** era de re-significar conceitos e desenvolver as concepções físicas e a aprendizagem colaborativa dos alunos, com o auxílio pedagógico de circuitos de lâmpadas elétricas (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; FREITAS, 2007), fazendo-se o uso de conceitos prévios estudados (AUSUBEL, 2003; MIRAS, 2010; NOVAK, 2010; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012) no tema circuitos elétricos de resistores. Relembrando, a **ASMC 2.2.3** foi executada como auxílio pedagógico do software *Crocodile Physics*(FREITAS, 2007; RAMOS, 2009a, 2009b; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012; VALENTE, 2002).

O esquema representativo do circuito da **ASMC 2.2.3**, ver apêndice C, bem como a representação imagética desta, obtida com o uso do software *Crocodile* estão representados nas figuras 3.12a e 3.12b, respectivamente:

Figura 3.12a- Esquema do circuito de resistores que corresponde a atividade de simulação e modelagem computacional 3 (**ASMC 2.2.3**).

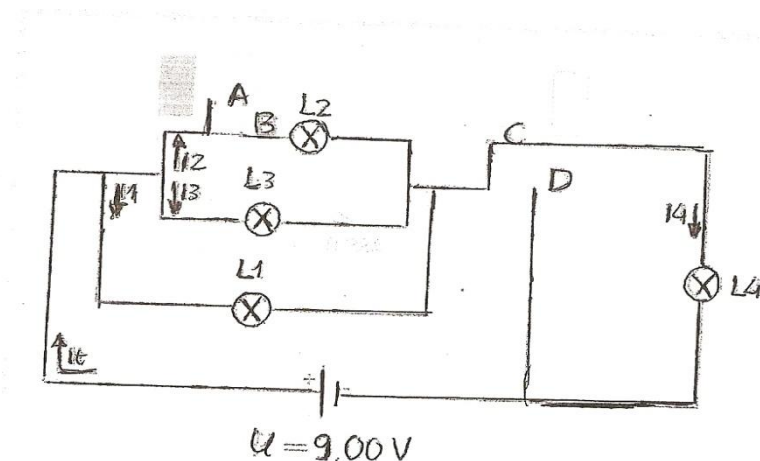
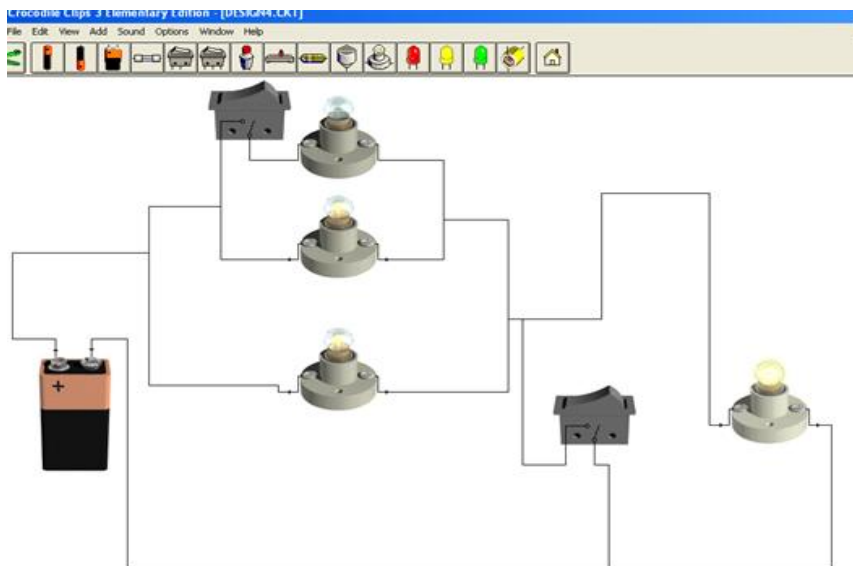


Figura 3.12b- Representação imagética do circuito de resistores da atividade de simulação computacional 3 (**ASMC 2.2.3**), obtida com o uso do software *Crocodile*, mediada pelo professor-pesquisador.



Sem perda de generalidade, em virtude das dificuldades que a maioria dos alunos apresentaram para montagem e execução da **ASMC 2.2.2**, o Professor-Pesquisador resolveu mediar a montagem do circuito da **ASMC 2.2.3**, e executar os procedimentos de forma colaborativa com os alunos (VALENTE, 2003), de modo a favorecer que os alunos conseguissem acompanhar o desenvolvimento das atividades relacionadas ao processo de simulação e modelagem do respectivo circuito. Para isso, resolveu utilizar seu próprio computador para executar os procedimentos **ASMC 2.2.3**, projetando a imagem gerada no computador, em uma das paredes do laboratório de informática, por meio de um *data show*, de forma a partilhar com os alunos tais representações imagéticas observadas durante a realização do experimento do circuito de lâmpadas, como ilustrado na figura 3.12b. De posse destes recursos, a discussão colaborativa poderia facilitar a inclusão dos alunos presentes.

Os procedimentos que compunham o roteiro da **ASMC 2.2.3** e seus respectivos objetivos foram os seguintes:

Procedimento 1: Abra o software *Crocodile* e monte o circuito da simulação 3 ilustrado na figura abaixo.

Procedimento 2: Quando as chaves estão nas posições B (fechada) e C (aberta), L1 e L4 brilham? Objetivo: distinguir entre lâmpadas acesas e apagadas em função da posição da chave.

Procedimento 3: Quando as chaves estão nas posições B e D (fechadas), ao abrir a chave A-B, o que acontecerá com brilho de L1? Por quê? Objetivo: Para lâmpadas

associadas em paralelo, identificar possíveis alterações em seus brilhos devido a exclusão de uma lâmpada do circuito com a alteração na posição da chave.

Procedimento 4: Para as chaves nas posições A e C (abertas) explique o que acontece com L1, L3 e L4 ao se fechar a chave A-B. Objetivo: Para lâmpadas associadas de forma mista, identificar possíveis alterações em seus brilhos devido a inclusão de uma lâmpada do circuito com a alteração na posição da chave.

Procedimento 5: O que podemos concluir nesta simulação? Objetivo: identificar lâmpadas como resistores e ser capaz de deduzir que as propriedades dos circuitos série e paralelo de resistores se manifestam também com lâmpadas.

Os alunos elaboraram os resultados da discussão colaborativa de cada procedimento em seus roteiros. Uma breve análise de seus registros textuais revelou que uma minoria de alunos foi capaz de visualizar, na simulação feita no *Crocodile*, relações entre: os comportamentos dos brilhos de lâmpadas, que os alunos tinham percepção que estes representavam os resistores nos circuitos, e os respectivos rearranjos, sofridos nas configurações dos resistores que compunham os circuitos, em função das combinações de abertura e fechamento dos interruptores elétricos (chaves), feitas pelos alunos, como exemplifica a resolução do ALUNO 17, para os procedimentos 2, 3 e 4 da **ASMC 2.2.3:**

Procedimento 2: ALUNO 17: “ *L1 está com pouca força e L4 com força toda*” (na linguagem coloquial empregada pelo ALUNO 17, força se relaciona com a intensidade de brilho)

Procedimento 3: ALUNO 17: “ *não altera o brilho de L1*”

Procedimento 4: ALUNO 17: “ *L1 e L3 está com menor força e L4 com maior*”.

Nota-se nas narrativas acima que o ALUNO 17 não consegue empregar uma linguagem mais científica, consequentemente relacionar as leis e conceitos de eletricidade, para expressar suas ações exploratórias, quando está visualizando e analisando as variações do comportamento físico do circuito de resistores, enquanto executa colaborativamente os procedimentos indicados no roteiro de simulação computacional. Dorneles, Araujo e Veit (2006) discutem (ver quadro 2 do capítulo 1 da dissertação), em concepções alternativas evidenciadas junto aos alunos, fatores relacionados às dificuldades de aprendizagem de circuitos elétricos, causadas por problemas entre a linguagem coloquial e a linguagem científica, o que é evidenciado nas supracitadas narrativas do ALUNO 17.

Re-enfatizando, apesar de poucos alunos conseguirem executar os procedimentos da **ASMC 2.2.3**, estes não foram capazes de interpretar o comportamento das lâmpadas elétricas, tomando por base a teoria da associação de resistores elétricos, sendo está uma das metas pretendidas com a **ASMC 2.2.3** (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006). Em função disso, o Professor-Pesquisador sentiu a necessidade de rediscutir cada um das **ASMC**, para garantir o cumprimento dos objetivos pretendidos.

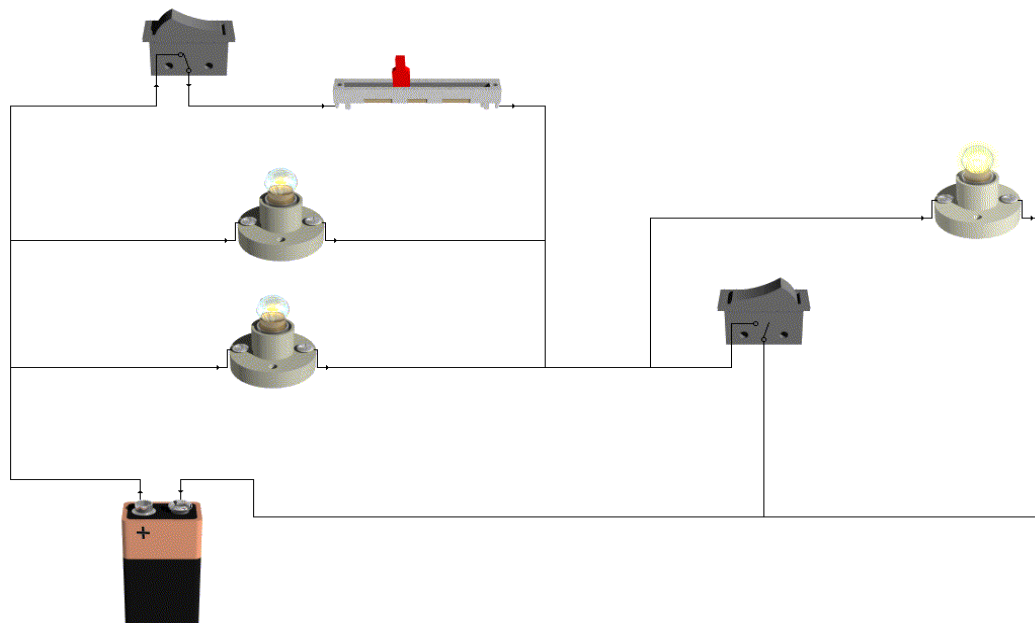
Assim, na semana seguinte, dia 14/11/2011, o Professor-Pesquisador conduziu os alunos ao laboratório de informática da EEFM Dr Gentil Barreira e executou, com os mesmos, cada uma das **ASMC**. Nesta ocasião, mais uma vez o Professor-Pesquisador procurou discutir, colaborativamente com os alunos, o mapa conceitual, apresentado ao final das aulas teóricas, desenvolvidas na ação 2.1 da fase 2, concernentes a associação de resistores elétricos e destacar as informações do mesmo.

Nesta atividade extra, foram ressaltadas as propriedades das associações em série e em paralelo. Desse modo, foram executadas novamente as simulações **ASMC 2.2.1** e **2.2.2** pelo professor-pesquisador, em seu no computador, de modo que, colaborativamente, os alunos pudessem consolidar conhecimentos com relação à teoria de circuitos elétricos simples.

Uma vez que os circuitos relativos as atividades pedagógicas de simulação e modelagem **ASMC 2.2.2** e **ASMC 2.2.3** eram de certa forma semelhantes, o Professor-Pesquisador construiu uma nova versão da **ASMC 2.2.2** através do software *Crocodile Physics*, ilustrada na figura 3.13 abaixo, substituindo os resistores por lâmpadas e por um reostato de cursor. O objetivo era fazer com que os alunos visualizassem e interpretassem o comportamento do circuito composto por lâmpadas incandescentes da **ASMC 2.2.3** por meio dos conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas contemplados na teoria e nos circuitos das **ASMC 2.2.1** e **2.2.2**.

Desta forma, sem perda de generalidade, os alunos mostraram evidências que puderam perceber o efeito sistêmico de se alterar o valor de uma resistência (reostato) e verificar o efeito decorrente, concernente à variação da corrente do circuito. O Professor-Pesquisador mediu junto aos alunos uma ação pedagógica, utilizando a variação de resistência no reostato, de forma a facilitar os alunos a perceberem que o brilho das lâmpadas estava associado à maior ou menor intensidade de corrente.

Figura 3.13- Representação imagética da segunda versão **ASMC 2.2.2** do conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais realcionada a associação de resistores elétricos, desenvolvida por meio do software *CrocodilePhysics*.



3.2.3 Fase 2: ação 2.3- Execução de prática experimental de bancada e análise de resultados relativo ao tema resistores e suas associações.

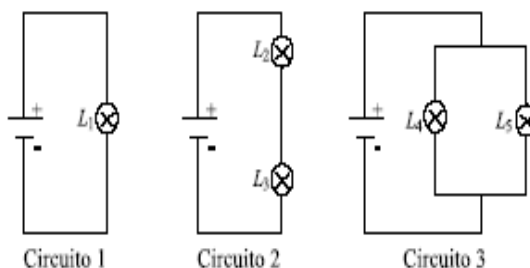
Sem perda de generalidade, na quarta semana, no dia 07/11/2011, os alunos, em número de 17, foram convidados a comparecer ao laboratório experimental de ciências da escola, no qual se encontrava montado o kit da prática de resistores elétricos, cujo arranjo apresenta certa similaridade ao trabalhado no **ASMC 2.2.3**. Esta atividade, colaborativa, teve uma duração aproximada de 1 h e 30 m.

Inicialmente os roteiros de atividade ação pedagógica 2.3 foram entregues na forma impressa, às 6 equipes de alunos, arranjados em duplas ou ternos, e que já estavam acomodados na bancada. Houve a leitura e discussão colaborativas dos roteiros.

Logo em seguida, apresentou-se aos mesmos o experimento que seria trabalhado, sendo que antes se procurou discutir com todos os alunos o pré-laboratório, onde foram apresentados três circuitos elétricos contendo lâmpadas, ilustrados na figura

3.14 abaixo, com a intenção de discutir e revisar colaborativamente conhecimentos de eletricidade e circuitos elétricos:

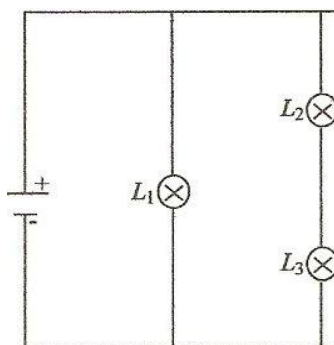
Figura 3.14- Circuitos contendo associações em série e em paralelo de lâmpadas incandescentes, de mesmo valor de resistência elétrica. Tais circuitos foram usados para trabalhar os conhecimentos prévios dos alunos, antes da execução da prática experimental de bancada.



O primeiro circuito da figura 10 apresentava apenas uma lâmpada, o segundo possuía duas lâmpadas associadas em série, e o terceiro duas lâmpadas associadas em paralelo. Pediu-se que os alunos pudessem explicar qual a ordem do brilho das lâmpadas, qual brilha mais e qual brilha menos, e por que. Para responder tal questionamento, pediu-se que os alunos tratassem as lâmpadas como resistores atravessados por corrente, bem como utilizassem os conhecimentos sobre associações em série e paralelo de resistores. Gradativamente ao andamento desta atividade, colaborativamente alguns dos alunos começaram a responder que a lâmpada do circuito 1 apresentava maior brilho, enquanto que as lâmpadas do circuito 2 apresentavam o menor brilho, porém não sabiam responder qual a ordem das lâmpadas do circuito 3. Entretanto, a maioria dos alunos não conseguia interagir e compreender o que acontecia no circuito.

Após a fase de pré-laboratório, pediu-se que os alunos analisassem ao circuito real que seria utilizado no experimento, cuja configuração está ilustrada na figura 3.15 abaixo:

Figura 3.15- Esquema representativo do circuito real utilizado na atividade experimental de bancada.



O passo seguinte foi proceder à fase da realização da atividade de experimental de bancada, cujo esquema representativo do circuito da atividade experimentação de bancada (**AEB**) pode ser visto no apêndice D. Para realizar suas anotações e discussões colaborativas escritas, as equipes de alunos acomodavam precariamente os roteiros sobre a bancada, conforme pode ser observado na figura 3.16. Ainda nesta figura, observa-se, no plano anterior, a presença do Professor-Pesquisador, colaborando com uma equipe de 3 alunos. De uma das alunas, a foto registra apenas parte de sua cabeleira. Para realizar o experimento, cada equipe compareceu individualmente à bancada ilustrada na figura 3.16.

Figura 3.16 - Prática experimental sobre associação de resistores elétricos realizada na fase 3 da experiência pedagógica



O experimento consistia num circuito elétrico, contendo três lâmpadas (L1, L2 e L3), com mesmo valor de resistência elétrica, e uma fonte de tensão contínua de 9V. A lâmpada L1 está em série com a fonte de tensão, enquanto que as lâmpadas L2 e L3 estão em série entre si e em paralelo com L1, conforme pode ser visto na figura 3.11. O propósito do experimento era os alunos, colaborativamente, realizarem medidas de tensão, corrente e resistência elétricas em cada lâmpada, seguindo os procedimentos recomendados no roteiro de prática experimental, utilizando para tais finalidades o instrumento de medição multímetro.

A partir das medições efetivadas, mediadas pelo Professor-Pesquisador, os alunos deveriam constituir elementos e informações, de forma que pudessem ordenar e explicar o brilho das lâmpadas em função de seus conhecimentos sobre a teoria de eletricidade e circuitos elétricos de resistores.

Sem perda de generalidade, e a partir da análise das narrativas dos alunos gravadas em áudio e vídeo, feitas pelo Professor-Pesquisador, durante a execução da prática de bancada, pode-se perceber evidências que os alunos desenvolveram organizadores prévios, de forma a relacionar e re-significar as informações, representações e conceitos de eletricidade, expressas nos esquemas impressos de circuitos elétricos e circuito real de bancada. Um exemplo que ilustra este fato é o questionamento que o professor-pesquisador mediu junto a uma equipe de alunos, no

caso, o ALUNO 8, ALUNO 17 e ALUNO 5, para identificar quais as lâmpadas do circuito impresso, L1, L2 e L3, correspondiam ao circuito real de bancada prática:

Professor-Pesquisador: “... qual é a lâmpada L1? Qual é a L2? E qual é a L3?”

ALUNO 5: “L1... L2... L3” (transladando a linguagem coloquial expressa pelo ALUNO 5, a equipe relata que L1 é a primeira lâmpada localizada no protoboard da esquerda para a direita, L2 a terceira e L3 a segunda)

Professor-Pesquisador: “dois, três... dois a do meio, três essa daqui” (Professor-Pesquisador explica que L2 e L3 são as segunda e terceira lâmpadas da esquerda para a direita, respectivamente).

Ressalta-se que os ALUNOS 5, 8 e 17 interagiram entre si na condução da prática de bancada e que o ALUNO 5 interagiu verbalmente com o Professor-Pesquisador perante os demais. A resposta do ALUNO 5 acima acertou a correspondência da lâmpada L1 entre os circuitos, mas errou as demais, evidenciando que o aluno não conseguiu relacionar corretamente uma representação imagética do circuito com o correspondente circuito real.

Do ponto de vista da aprendizagem ausubeliana (AUSUBEL, 2003), ao interagir com o ALUNO 5 (VALENTE, 2002; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009), discutindo qual é a correspondência correta entre as demais lâmpadas do circuito, o Professor-Pesquisador promoveu o desencadeamento de interação colaborativa, na forma de uma diferenciação progressiva (AUSUBEL, 2003, MOREIRA, 1999), no tocante ao desenvolvimento da aprendizagem, re-significando a tentativa do aluno em estabelecer as inter-relações entre as representações esquemática e real do circuito.

Para realizar as medidas elétricas, estimulou-se a participação colaborativa e cooperativa dos alunos, evitando que os mesmos executassem ações de uma forma imprecisa. Mas que refletissem (VALENTE; BUSTAMENTE, 2009) sobre como deveriam obter as medidas da tensão, corrente e resistência elétricas em cada lâmpada do circuito por meio do uso do multímetro. Um exemplo disto encontra-se nas medições de tensão elétricas das lâmpadas do circuito realizadas pela equipe constituída por: ALUNA 8, ALUNO 17 e ALUNO 5, auxiliados pedagogicamente pela mediação do Professor-Pesquisador (VALENTE; BUSTAMENTE, 2009):

Professor-Pesquisador: “...se daqui está saindo 9 volts, a maior tensão que tá saindo aqui é 9 volts, qual vai ser a escala que você vai utilizar aqui?... daqui prá cá, qual a escala que você vai utilizar? Se no máximo é 9 volts que tá vindo prá cá?”

ALUNA 8.: “20”

Professor: “20!... certo?”

Ao realizarem colaborativamente as medidas elétricas, pode-se notar que um desafio para os alunos foi realizar medidas de corrente elétrica nas lâmpadas, uma vez que isto exigia uma maior habilidade de utilizar o multímetro, pois o mesmo deveria ser inserido dentro do circuito elétrico. Assim, desenvolveu-se um processo de aprendizagem interativo com os alunos, de modo que os mesmos pudessem, colaborativamente, e em menor escala, cooperativamente, realizar com sucesso tais medidas, o que favorece aos mesmos desenvolver competências e habilidades para realizar medição, leitura e interpretação de medidas elétricas (FREITAS, 2007, RIBEIRO *et al*, 2008a).

Com a conclusão da prática, os alunos deveriam utilizar os conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas, bem como conhecimentos sobre associações em série e em paralelo de resistores para explicar a ordem do brilho das lâmpadas elétricas observadas (DORNELES, ARAUJO, VEIT, 2006; FREITAS, 2007, RIBEIRO *et al* 2008a).

Ao analisar os registros dos alunos nos roteiros, sem perda de generalidade, pode-se perceber preliminarmente que, em sua maioria, os alunos buscaram utilizar os conceitos de tensão e corrente elétricas para tentar interpretar o brilho das lâmpadas, sendo que tais grandezas foram medidas com a finalidade de se proceder à interpretação do fenômeno em estudo. Porém, nenhum deles utilizou os conceitos de eletricidade, de forma mais concisa, para caracterizar uma análise mais embasada formalmente, no que se refere aos comportamentos dos circuitos observados durante a simulação, o que demonstrou nos alunos evidências de deficiências de domínio conceitual.

Ainda da análise dos registros textuais dos alunos, poucos deles, ainda que de forma errônea, mostraram sinais que tentaram se reportar às associações em série e em paralelo de resistores para tentar explicar o comportamento do brilho das lâmpadas.

Uma vez que no desenvolvimento dos procedimentos da prática experimental, cada uma das 6 equipes demandou um tempo bastante elevado, não foi possível promover discussões dos resultados obtidos, sendo que o Professor-Pesquisador decidiu fazê-lo na semana seguinte.

Por fim, na quinta semana, dia 14/11/2011 finalizou-se a fase 2 da pesquisa de campo: construção e consolidação de conhecimentos de eletricidade e associação de

resistores.

Na referida data, o Professor-Pesquisador desenvolveu com os alunos uma discussão colaborativa dos resultados obtidos com o desenvolvimento da prática experimental. Para fazê-lo, inicialmente o Professor-Pesquisador resgatou os três circuitos do pré-laboratório e estimulou os alunos a pensar na explicação do brilho das lâmpadas tomando por base os conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas, de forma semelhante ao que foi feito na aula do dia 07/11/2011.

Logo em seguida, o Professor-Pesquisador fez uma síntese dos resultados solicitando a participação dos alunos. Em um primeiro momento, o Professor-Pesquisador desenhou na lousa o circuito, e perguntou para os alunos quais lâmpadas estavam em série. Alguns alunos ainda se confundiram, assim o Professor-Pesquisador aproveitou a chance para explicar a diferença entre circuitos série e paralelo de resistores.

A seguir, o Professor-Pesquisador desenhou na lousa uma tabela onde se encontravam os valores de tensão, corrente e resistência em cada lâmpada. Procurou preenche-la com valores que eles tinham obtido. Neste momento, o Professor-Pesquisador discutiu com os alunos a razão das variações dos valores medidos por meio da teoria dos erros, onde se fez interação com o ALUNO 6 como se ilustra a seguir:

Professor-Pesquisador: “... *várias pessoas mediram vários valores diferentes* (referindo-se aos valores de corrente e voltagem elétricas sob as lâmpadas do circuito), *vocês viram que as vezes oscilaram valores, né?*”

ALUNO 6.: “*éééé!*”

Professor-Pesquisador: “*porque que esses valores oscilam? porque existe o erro, certo?... quando se faz medidas experimentais existe o erro...*”

ALUNO 6: “*nunca vai sair o mesmo resultado...*”

Professor-Pesquisador: “*nunca vai sair um resultado exatamente igual, certo?... vai sair resultados a-pro-xi-mados, certo?*”

Assim, o Professor-Pesquisador discutiu com os alunos que o brilho de cada lâmpada está associado com a intensidade de corrente e tensão elétricas. O Professor-Pesquisador discutiu de forma colaborativa com os alunos que a lâmpada L1 brilha mais porque por ela há maior corrente e tensão, enquanto que as outras lâmpadas têm menores valores destas grandezas, como foi medido pelos alunos.

Para entender porque pelas lâmpadas L2 e L3 passa menos corrente elétrica, o Professor-Pesquisador valeu-se do fato das respectivas lâmpadas estarem em série, e

neste caso quanto mais lâmpadas, menor é a intensidade da corrente elétrica. O Professor-Pesquisador fez uma analogia do circuito das lâmpadas trabalhado na prática com o de três resistores idênticos em uma associação mista, dois em série e um terceiro em paralelo com os outros dois. O Professor-Pesquisador simplificou o respectivo circuito contendo os três resistores, para tanto, substituiu os dois resistores em série por seu equivalente, no caso possuindo o dobro da resistência. Então, perguntou para os alunos onde a corrente iria passar com mais facilidade, no lado R ou no lado 2R. Alguns conseguiram responder corretamente, enquanto que outros ficaram confusos. Ao final, o Professor-Pesquisador explicou que é mais fácil a corrente passar pelo lado R, pois tem menos resistência do que em 2R.

Na subseção seguinte apresenta-se uma análise e discussão dos dados de campo coletados na presente pesquisa, trabalhados de forma mais imersiva e sistêmica, de forma, de forma a estabelecer relações hierárquicas e multirrelacionais entre os mesmos. Desta forma, será caracterizado o decorrente processo de análise dos mesmos, baseados nas técnicas de análise textual discursiva (MORAES, 2003; GÓES, 2012) e análise qualitativa de dados multidimensionais (PRADO, 2003; PRADO, 2008).

3.3 Análise qualitativa multidimensional da prática pedagógica, numa perspectiva da análise textual discursiva.

Nesta subseção, discute-se o processo de análise dos resultados obtidos durante a prática pedagógica. Para tanto os dados de campo, coletados nas diversas ações realizadas colaborativamente pelos alunos e mediadas pelo Professor-Pesquisador, envolvendo o uso de software de simulação e modelagem, a experimentação de bancada e o questionário de avaliação da prática pedagógica foram criticamente trabalhados através de análise textual discursiva (MORAES, 2003; GÓES, 2012) e análise qualitativa de dados multidimensionais (PRADO, 2003; PRADO, 2008).

3.3.1 Obtenção das categorias representativas da prática pedagógica através do uso da técnica da análise textual discursiva.

Inicialmente, tomando por base a metodologia da análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011), conforme se argumentou na seção 2.3

do capítulo de metodologia, sendo que, à medida que se julgou necessário²³, fez-se a delimitação dos dados coletados, na forma de registros textuais produzidos pelos alunos, expressos nos roteiros das atividades de simulação e modelagem computacionais da ação 2.2 (ASMC 2.2.1 e ASMC 2.2.2), bem como gravações em áudio e vídeo das falas do Professor-Pesquisador e dos alunos, registradas em interações desenvolvidas nas ações 2.2 (ASMC 2.2.1 e ASMC 2.2.2) e 2.3. A referida delimitação permitiu construir um corpus de análise dos dados coletados (MORAES, 2003; GOES, 2012).

Sem perda de generalidade, a partir da definição do corpus de análise (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011), e subsequentes estágios de imersão, fragmentação, re-elaboração, momentos de incerteza e dúvidas, característicos do desenvolvimento do processo de análise textual discursiva, se elencaram as denominadas unidades de análise, sendo que as mesmas, posteriormente, foram re-significadas e agrupadas em categorias.

Contudo, os elementos obtidos dos processos de unitarização e categorização, podem sofrer sucessivos estados cíclicos de recombinação, o que demanda do pesquisador novas releituras e re-significações, a partir da re-análise dos textos do corpus de análise e assim por diante (MORAES, 2003), (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Adianta-se que, na presente pesquisa, o desenvolvimento do processo de análise textual discursiva, que permitiu ao Professor-Pesquisador caracterizar as categorias representativas da mesma, se estabeleceu aproximadamente entre os meses de dezembro de 2011 a maio de 2012. Neste período, houve uma série de interações orientador-orientando, quando foram discutidas as ações realizadas durante os ciclos associados ao processo de obtenção das categorias. Complementa-se que a convalidação das categorias foi finalizada em novembro de 2012 e, re-enfatizando, realizada pela Profa. Doutora Maria José Costa dos Santos Barros. A realização do estágio de convalidação das categorias (GÓES, 2012; PRADO, 2003) se realizou com a submissão da documentação dos registros das categorias e do projeto de dissertação em andamento. Citada convalidadora realizou um ciclo de (re) leituras textuais e (re)

²³Moraes e Galiazzi (2011) argumentam que, à medida que o sujeito imerge em seu processo de constituição fragmentação, unitarização e categorização das unidades textuais do corpus de análise, eventualmente aumenta o grau de complexidade e subjetividade da análise, o que pode sinalizar para a eventual necessidade de delimitar o processo de unitarização e categorização, embora os autores considerem o desenvolvimento da análise como um processo sempre em construção.

análise das categorias, interagindo com o presente mestrando, até se atingir um consenso processual de convalidação.

Esclarece-se que não são apresentados, no texto da presente pesquisa, os sucessivos extratos gerados pelo presente Professor-Pesquisador, durante o processo de estabelecimento das unidades de análise e categorias e suas respectivas recombinações. Argumentando ainda que, segundo Moraes e Galiazzi (2011), sendo a análise textual discursiva um processo sempre em estado de construção, optou-se por apresentar na dissertação apenas a fase final considerada como de “caracterização das categorias”.

A obtenção de tais categorias, representadas nas tabelas 2 e 3 e nominadas, contendo siglas associadas do tipo ASxx e AExx²⁴, foi realizada após decorrido um processo cíclico de análise textual discursiva e se baseou nos seguintes métodos (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2006; GÓES, 2012):

1) Método dedutivo - Tomando por referência conceitos e pressupostos relativos a Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), Novak (2010), a Aprendizagem Colaborativa, de acordo com Valente (2003) e Torres Alcantara e Irala (2004), Construcionismo, segundo Valente (2002), resultados e previsões de pesquisas relativas à experimentação de bancada e uso de softwares de simulação e modelagem computacional na aprendizagem de Física (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006; RIBEIRO *et al.* 2008a; RIBEIRO *et al.* 2011), elencaram-se categorias a priori, as quais encontram-se agrupadas na tabela 1:

Tabela 1: Categorias elencadas dedutivamente, obtidas a partir da análise dos registros de dados referentes as atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e prática experimental de bancada e seus respectivos descritores

Categorias elencadas dedutivamente a partir do referencial teórico	Descritivo das Categorias	Número de alunos relacionados
Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional (AS04)	Construção colaborativa de conhecimentos pelos alunos e Professor-Pesquisador, durante a realização de atividades de modelagem e simulação de circuitos elétricos de resistores, através da	08

²⁴ Os códigos representativos de categoria do tipo AS se relacionam a atividades de simulação e modelagem computacional, AE, a experimentação de bancada e, xx, é um código numérico de 2 dígitos, identificador da categoria.

	interação docente-aluno.	
Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional (AS05)	Construção colaborativa de conhecimentos pelos alunos, durante a realização de atividades de modelagem e simulação de circuitos elétricos de resistores, através da interação aluno-aluno.	10
Desenvolvimento da aprendizagem através das interações docente-discentes em atividades de prática de bancada (AE03)	Construção colaborativa de conhecimentos pelos alunos e professor-pesquisador, durante a realização de atividades de experimentação em bancada de circuitos elétricos de resistores, através da interação docente-discentes.	12

Somam-se a estas categorias as obtidas indutivamente, ou seja:

2) Método indutivo - Com base nos dados contidos no corpus de análise, constituídas pelas diversas falas transcritas de alunos e professor pesquisador, bem como registros textuais contidos nos roteiros das **ASMC 2.2.1** e **2.2.2** e da prática de bancada, sem perda de generalidade, elencaram-se categorias de maneira indutiva, as quais se encontram discriminados na tabela 2, a seguir:

Tabela 2: Categorias emergidas indutivamente, obtidas a partir da análise dos registros de dados referentes às atividades de simulação e modelagem computacional (**ASMC 2.2.1** e **2.2.2**) e prática experimental de bancada e seus respectivos descritores.

Categorias emergidas indutivamente a partir das atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e experimentação em bancada	Descritivo das categorias	Número de alunos relacionados
Perceber alterações na intensidade da corrente elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série (AS01)	Identificar relações de causa e efeito entre resistência equivalente e intensidade da corrente elétrica para uma associação de resistores em série	15

Perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série (AS02)	Identificar relações de causa e efeito entre resistência equivalente e tensão elétrica para uma associação de resistores em série	15
Perceber que alterações na tensão elétrica em um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas neste mesmo trecho (AS03)	Identificar relações de causa e efeito entre resistência equivalente, intensidade de corrente elétrica e tensão elétrica em um determinado trecho de circuito	13

Tabela 2: Categorias emergidas indutivamente, obtidas a partir da análise dos registros de dados referentes às atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e prática experimental de bancada e seus respectivos descritores (Continuação)

Categorias emergidas indutivamente a partir atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e experimentação em bancada	Descritivo das categorias	Número de alunos relacionados
Aprendizagem por descoberta (AS06)	Capacidade de dar significado a fenômenos observados tomando por base a teoria dos circuitos elétricos resistivos	02
Promover a medição e registro de grandezas físicas utilizando voltímetro e amperímetro (AS07)	Realizar atividades de modelagem e simulação, utilizando o <i>software PhET</i> , para realizar medidas e registro de tensão e corrente elétricas, utilizando os instrumentos virtuais icônicos de medição voltímetro e amperímetro.	15
Identificar alterações na intensidade de corrente elétrica, utilizando o	Utilizando o <i>software PhET</i> , identificar inter-relações entre resistência	04

<i>software</i> PhET, a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo (AS08).	equivalente e intensidade de corrente elétrica, para uma associação de resistores em paralelo,	
Verificar que a corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível (AS09)	Discernir que entre 2 ramos de um circuito elétrico com resistências diferentes, a corrente elétrica flui pelo ramo com menor resistência	12

Tabela 2: Categorias emergidas indutivamente, obtidas a partir da análise dos registros de dados referentes às atividades de simulação e modelagem computacional (**ASMC 2.2.1 e 2.2.2**) e prática experimental de bancada e seus respectivos descritores (Continuação)

Categorias emergidas indutivamente a partir atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e experimentação em bancada	Descritivo das categorias	Número de alunos relacionados
Desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas (AE01).	Desenvolver habilidades para o uso do multímetro, no intuito de realizar medidas de grandezas elétricas, nos kits de circuitos elétricos de bancada, como diferença de potencial e corrente.	09
Relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada (AE02).	Inter-relacionar diferentes formas de representação de conceitos de eletricidade, procurando comparar a representação de circuitos de resistores elétricos em papel com circuitos construídos em kits de bancada.	06

Interpretação, ressignificação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das lâmpadas (AE04).	Ser capaz de interpretar o fenômeno do brilho de lâmpadas elétricas, observando-se as mesmas, nos kits de circuitos elétricos de bancada, com base na teoria dos circuitos de resistores elétricos série e paralelo.	11
---	--	----

Tabela 2: Categorias emergidas indutivamente, obtidas a partir da análise dos registros de dados referentes às atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e prática experimental de bancada e seus respectivos descritores (Continuação)

Categorias emergidas indutivamente a partir atividades de simulação e modelagem computacional (ASMC 2.2.1 e 2.2.2) e experimentação em bancada	Descritivo das categorias	Número de alunos relacionados
Despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida (AE05)	Identificar e tentar compreender flutuações em medidas experimentais, realizadas nos kits de circuitos elétricos de bancada.	01
Ler e interpretar medidas elétricas (AE06).	Ser capaz de ler e interpretar fisicamente medidas elétricas, realizadas no kit experimental de bancada obtidas e com o uso do multímetro.	11

Concluída a etapa de obtenção das categorias, a próxima subseção trata do desenvolvimento da análise qualitativa multidimensional utilizando o software de mapeamento cognitivo de dados multidimensionais *CHIC* (ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; OKADA, 2008; PRADO, 2003; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a).

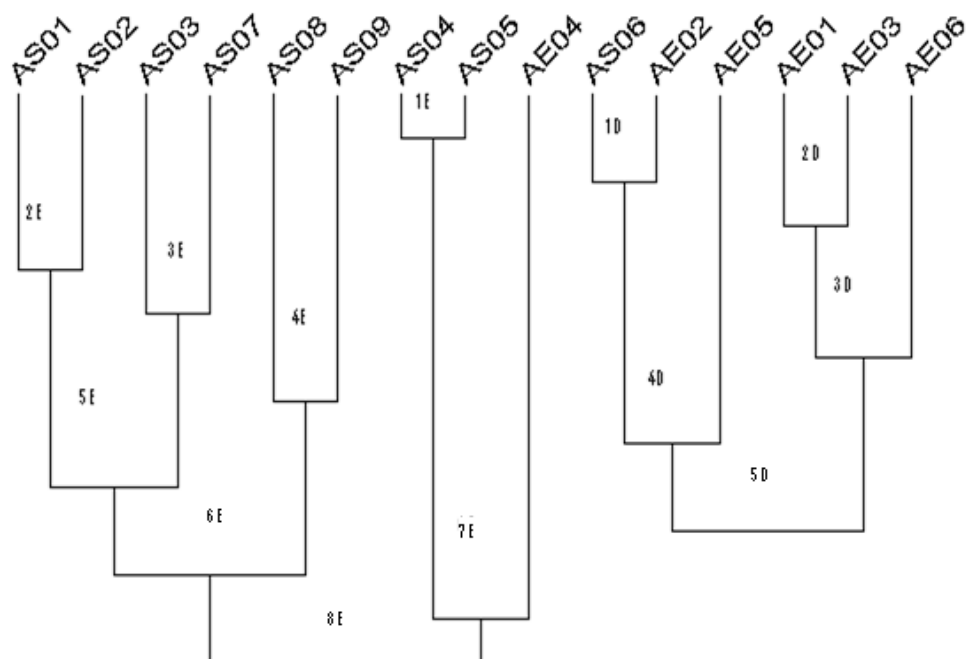
3.3.2 Análise qualitativa de dados multidimensionais, inter-relacionado as atividades de simulação e modelagem ASMC 2.2.1 e 2.2.2 e de prática experimental de bancada, concernentes à fase 2 da prática pedagógica.

Nesta subseção acrescentam-se ao processo de análise recursos da técnica de mapeamento cognitivo de dados multidimensionais, através do uso do software *CHIC*, como discutido nos capítulo de metodologia (ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; OKADA, 2008; PRADO, 2003; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a).

Sem perda de generalidade, adotando os procedimentos metodológicos explicitados no capítulo 3 (ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; OKADA, 2008; PRADO, 2003; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a), quanto à organização dos dados para compor a planilha *Excel* de entrada de dados no *CHIC*, na primeira linha, foram armazenados os códigos das categorias dedutivas e indutivas, em número de 15, ver tabelas 1 e 2, representativas das atividades de simulação e modelagem computacional ASMC 2.2.1 e 2.2.2 e de prática experimental de bancada, concernentes à fase 2 da prática pedagógica. Quanto à primeira coluna da tabela *Excel*, esta foi preenchida com os códigos dos alunos e do professor-pesquisador, em número de 22.

No passo seguinte, o arquivo *Excel*, contendo os dados preenchidos, é processado no *CHIC*. Para proceder à análise qualitativa de dados multidimensionais (ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; OKADA, 2008; PRADO, 2003; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a), entre os arquivos de saída do *CHIC*, se escolhe a árvore de similaridade, no caso, aqui representada pela figura 3.17:

Figura 3.17 - Árvore de similaridade exibindo as inter-relações concernentes as categorias representativas da atividades pedagógicas de modelagem e simulação ASMC 2.2.1 e 2.2.2 e de prática experimental de bancada.



Código das categorias	Título da categoria
AS01	Perceber alterações na intensidade da corrente elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série
AS02	Perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série
AS03	Perceber que alterações na tensão elétrica em um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas neste mesmo trecho
AS04	Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional
AS05	Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional
AS06	Aprendizagem por descoberta
AS07	Promover a medição e registro de grandezas físicas utilizando voltímetro e amperímetro
AS08	Identificar alterações na intensidade de corrente elétrica, utilizando o <i>softwarePhET</i> , a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo
AS09	Verificar que a corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível
AE01	Desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas
AE02	Relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada
AE03	Perceber que alterações na tensão elétrica em um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas neste mesmo trecho
AE04	Interpretação, ressignificação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das lâmpadas
AE05	Despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida
AE06	Ler e interpretar medidas elétricas

Como fundamentado no capítulo 2, referente à metodologia, apresenta-se a seguir a discussão das categorias visualizadas na árvore de similaridade 1, da figura 3.17 (ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; PRADO, 2008; MORAIS; VALENTE, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a). Para tanto as categorias serão investigadas, à luz do referencial teórico, narrativas dos alunos e Professor-Pesquisador, anotações dos roteiros das atividades de simulação computacional e experimentação de bancada, produzidas ao longo da experiência pedagógica.

Seguindo Moraes (2003) e Morais e Galiazzi (2011), re-enfatizando, a análise textual discursiva consiste em um ciclo auto-organizado composto de três estágios: desconstrução, onde o material de análise é fragmentado em unidades, ou seja, ocorre a unitarização; emergência, onde se busca organizar o caos formado pela unitarização, procurando agrupar as unidades de análise em categorias; comunicação, onde se pretende construir um metatexto, que corresponde às novas compreensões, formuladas pelo pesquisador e atingidas por meio dos dois estágios anteriores.

No contexto desta pesquisa, as categorias utilizadas para gerar as árvores do *CHIC* incorporam resultados consolidados dos estágios de unitarização e categorização, enquanto que a análise e interpretação dos elementos contidos nestas árvores de similaridade produzem as novas compreensões, de caráter qualitativo, que emergem do material analisado, perante a visão do pesquisador. Neste sentido, são construídos metatextos que correspondem aos elementos interpretativos das informações distribuídas espectralmente e inter-relacionadas nas árvores de similaridade, atendendo a critérios hierárquicos.

Visualizando-se a figura 3.17, identificam-se duas grandes classes, uma a esquerda e outra a direita. A classe²⁵ da esquerda apresenta uma predominância de categorias relacionadas às atividades de simulação computacional, enquanto que na classe da direita, predominam categorias relacionadas a atividade experimental de bancada. Com o propósito de organização, os nós formados em ambas as árvores foram numerados da seguinte forma: 1E, 2E, 3E... etc, para a classe da esquerda e 1D, 2D, 3D...etc, para a classe da direita.

²⁵ A partir da pesquisa de Prado (2003), compreende-se que classe é um conjunto de categorias que está agrupado em um dos ramos da árvore de similaridade, ao qual é atribuído significados e interpretações, pelo pesquisador.

Prossegue-se a análise qualitativa das categorias escolhendo a classe que possui o maior número destas e o nó mais significativo²⁶ da árvore de similaridade, que é a da esquerda, sendo que se nomeou esta classe e suas respectivas subclasses, semelhante à pesquisa de Prado (2003), como se apresenta no quadro 4:

Quadro 4: Classes e Subclasses identificadas na árvore de similaridade

Classes e subclasses da árvore de similaridade 1	Figura
Classe 1- desenvolvendo conhecimentos prévios com as atividades de simulação	3.13
Subclasse 1a-Aprendizagem colaborativa	3.14
Subclasse 1b-Aprendizagem significativa por meio da interação com os softwares de simulação computacional	3.15
Classe 2- desenvolvendo conhecimentos prévios com a atividade experimental de bancada	3.16
Subclasse 2a-aprendizagem por descoberta	3.17
Subclasse 2b-aprendizagem significativa e cooperativa de circuitos elétricos por meio da experimentação de bancada	3.18

A análise qualitativa multidimensional tem como um dos focos, investigar de que forma os nós formados entre as categorias estão inter-relacionados e hierarquizados em relação aos outros nós, contidos em outras classes e subclasses. Geralmente este tipo de análise tende a se iniciar pelas categorias do nó mais significativo, contido em cada classe, onde se analisa a similaridade destas categorias,

²⁶Segundo Prado (2003), nó é o termo utilizado para referenciar uma classe ou sub-classe formada apenas por duas categorias. O nó mais significativo é aquele que representa as categorias com maior similaridade dentre todo o conjunto de categorias que constituem a árvore de similaridade.

auxiliando na análise e compreensão das contribuições dos demais nós formados ao longo da classe (ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; PRADO, 2008; MORAES; VALENTE, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a).

Contudo, dado o grau de complexidade em se tentar analisar qualitativamente categorias organizadas, nas árvores de similaridade, de forma hierárquica e inter-relacionadas entre os nós, tal processo apresenta características de efeitos cíclicos, eventualmente levando o pesquisador a imergir sucessivamente junto aos dados de campo utilizados ou em textos do referencial teórico, provocando um movimento cíclico de vai e vem e momentos de insegurança e confusão (ALMEIDA, 2000; ALMEIDA, 2008; PRADO, 2008), que são análogos aos efeitos descritos no processo da análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI; 2011; GOES, 2012).

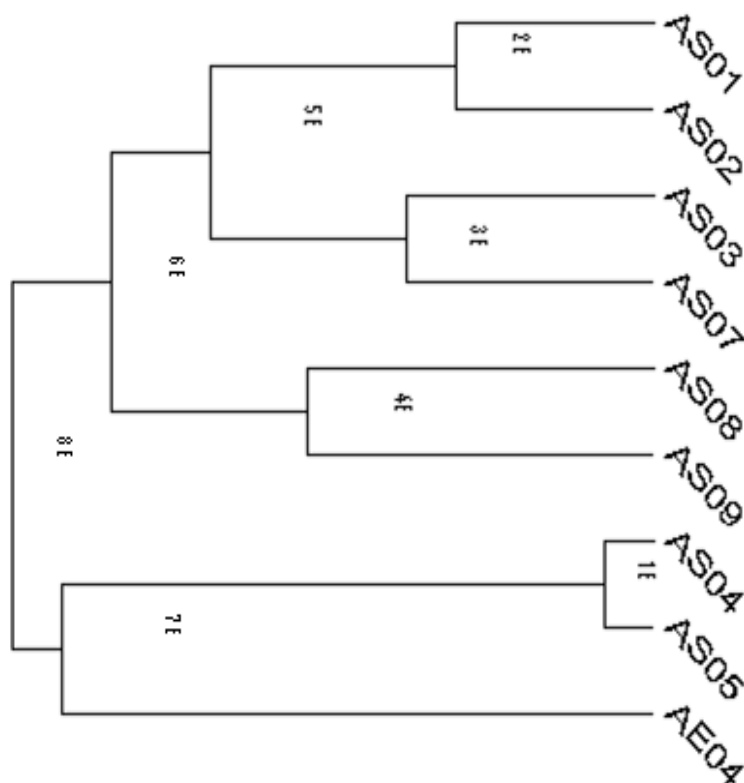
Acrescenta-se também, que no intuito de refinar a análise qualitativa multidimensional das categorias da árvore de similaridade, muitas vezes, através de um processo cíclico, é importante o pesquisador tentar estabelecer novas relações entre as fontes que geraram as categorias, exemplificando, buscar novas interpretações ou inter-relações entre narrativas de alunos e o que e como a árvore de similaridade organiza as categorias (ALMEIDA, 2000).

Para se identificar qual é o nó mais significativo, sabe-se que quanto menor a altura dos segmentos que unem duas categorias indicadas no *CHIC*, maior é o grau de significância destas duas categorias em relação às demais (ALMEIDA, 2000; GOES, 2012; MORAES; VALENTE, 2008; PRADO, 2003). Quanto mais lateralmente próximas estão as categorias entre si na árvore de similaridade, significa que há uma mais coesão entre as mesmas (correlação ou semelhança entre estas variáveis), ou seja, eles estão mais relacionadas entre si.

3.3.2.1 análise qualitativa de dados multidimensionais da classe 1: desenvolvendo conhecimentos prévios com as atividades de simulação computacional, complementadas com experimentação de bancada.

A classe 1 encontra-se ilustrada na figura 3.18:

Figura 3.18 – Classe 1- Desenvolvendo conhecimentos prévios através da realização de atividades de simulação computacional, complementadas por experimentação de bancada.



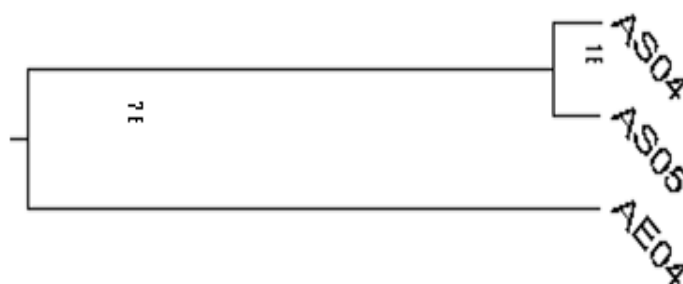
Código das categorias	Título da categoria
AS01	Perceber alterações na intensidade da corrente elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série
AS02	Perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série
AS03	Perceber que alterações na tensão elétrica em um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas neste mesmo trecho
AS04	Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional
AS05	Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional
AS07	Promover a medição e registro de grandezas físicas utilizando voltímetro e amperímetro
AS08	Identificar alterações na intensidade de corrente elétrica, utilizando o <i>software</i> PhET, a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo
AS09	Verificar que a corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível (AS09)
AE04	Interpretação, ressignificação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das lâmpadas

A classe 1, por ser constituída em sua maioria por categorias relacionadas com as atividades de simulação e modelagem computacional, revela o papel das mesmas no desenvolvimento da aprendizagem ao longo do transcurso da prática pedagógica. Entretanto, ressalta-se que a presente análise está atrelada à delimitação decorrida junto às fontes de dados que foram selecionadas para a constituição das categorias.

Complementando, a classe 1 é formada por duas subclasses, descritas a seguir:

Sub-Classe-1a-aprendizagem colaborativa: contempla 3 categorias, sendo 2 relativas às atividades de simulação computacional **ASMC 2.2.1** e uma a atividade de experimentação em bancada: desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional (**AS04**), desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional (**AS05**) que formam o nó **1E**, o mais significativo da classe, e interpretação, re-significação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das lâmpadas (**AE04**), correspondente ao nó **7E**.

Figura 3.19- Sub-Classe 1a- aprendizagem colaborativa



Código das categorias	Título da categoria
AS04	Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional
AS05	Desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional
AE04	Interpretação, ressignificação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das lâmpadas

Na respectiva subclasse, pode-se notar que categorias relacionadas as atividades de simulação e modelagem computacional (**AS04** e **AS05**) relacionam-se com uma categoria relativa a atividade de experimentação de bancada (**AE04**), sendo um indício de integração entre tais atividades.

O nó **1E**, que relaciona as categorias **AS04** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional) e **AS05** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional) por ser o mais significativo dentre todos os nós da classe 1, denota que ambas as categorias possuem um alto grau de similaridade e são as mais significativas dentre todas as outras categorias da árvore de similaridade 1, segundo a metodologia utilizada (ALMEIDA, 2008; PRADO, 2008; MORAES; VALENTE, 2008), revelando que o processo de interatividade entre os alunos e aluno-professor mostra-se como o principal elemento que favoreceu o desenvolvimento da aprendizagem nas ações pedagógicas **ASMC 2.2.1, 2.2.2** (simulação e modelagem computacional) e ação pedagógica 2.3 (experimentação de bancada). Entende-se este processo de interatividade ocorrido durante a experiência pedagógica como o desenvolvimento da aprendizagem colaborativa (VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009).

Um exemplo que ilustra o surgimento da categoria **AS04** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional) é a fala da ALUNA 4, quando esta realiza o procedimento 3 da **ASMC 2.2.1** (ver apêndice C) e interage com o Professor-Pesquisador:

Professor-Pesquisador: *O que aconteceu com a corrente elétrica no circuito uma vez que a chave foi fechada?*

ALUNA 4.: *alterou aqui* (aluna apontando para o amperímetro virtual)

Professor-Pesquisador: *É...é o que está indicando ai né?*

ALUNA 4: *Não é Professor?... aumentou aqui né?* (aluna apontando para o amperímetro virtual)

Professor-Pesquisador: *Hum?... é!*

No respectivo diálogo, o procedimento 3 da **ASMC 2.2.1** dizia respeito a verificar alterações na intensidade de corrente elétrica de um circuito com resistores associados em série, uma vez que uma chave (interruptor) fosse ligada ou desligada. A alteração na posição da chave implicava em incluir ou excluir uma resistência no

circuito da respectiva simulação. A partir do diálogo, vê-se que a ALUNA 4 interage com o Professor-Pesquisador, ao perceber alterações na corrente elétrica do circuito, uma vez que é capaz de identificar variações na leitura de um amperímetro que compõe o circuito. Analisando este diálogo, observa-se que o mesmo expressa indícios, ao longo do andamento da prática pedagógica, durante a **ASMC 2.2.1**, que a aprendizagem desenvolveu-se por meio de processo interativo e colaborativo entre o Professor-Pesquisador e a ALUNA 4 (MATUÍ, 2006; VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009).

No que diz respeito a categoria **AS05** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional), um indício de surgimento da mesma pode ser observado através do diálogo estabelecido entre os integrantes da equipe formada pelos ALUNOS 13 e 14, quando executavam o procedimento 4 (ver apêndice C) da **ASMC 2.2.1**. Tal procedimento consistia em identificar alterações na tensão elétrica no trecho a-d do circuito, uma vez que se abrisse e fechasse uma chave, o que correspondia a incluir e excluir um resistor no circuito de resistências associadas em série:

ALUNO 14.: *o que acontece com ela fechada?*

ALUNO 13.: *ela aumenta o voltímetro* (observa-se que o ALUNO 13 utilizou uma linguagem coloquial, concepção alternativa (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006), para expressar que houve um aumento no valor da diferença de potencial entre os pontos a-d).

Nas interlocuções verbais estabelecidas entre ALUNOS 13 e 14, percebe-se que os mesmos estabelecem uma colaboração entre si, para analisar e compreender o comportamento da variação de diferença de potencial decorrida em função da ligação da chave no trecho a-b do circuito, ver o procedimento 4 da **ASMC 2.2.1**. Ou seja, constroem novas concepções conceituais de modo colaborativo (VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009) conhecimentos sobre associação de resistores elétricos, com destaque para a variação da tensão elétrica.

Como as categorias estão mais significativamente inter-relacionadas, observa-se que a realização dos procedimentos 3 e 4 da **ASMC 2.1.1** indicam que as medidas de corrente e voltagem visualizadas através do amperímetro e voltímetro virtuais (as respectivas alterações de resistências equivalentes não foi discutido explicitamente pelos alunos) permitiram aos alunos, mediados pelo professor-

pesquisador concluir que houve variação de corrente e voltagem no circuito elétrico virtual.

Retornando à figura 3.19, identifica-se que na mesma subclasse 1a, o nó **1E** desencadeia o nó **7E**, que relaciona a categoria **AE04** (interpretação, re-significação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das lâmpadas), relacionada à questão 2 do roteiro da prática experimental de bancada (problema de circuitos envolvendo o brilho de lâmpadas, ver apêndice D) **com as categorias AS04** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional) e **AS05** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional).

A categoria **AE04** denota um indício de aprendizagem significativa combinatória (AUSUBEL, 2003), uma vez que a tentativa de interpretação do problema do brilho das lâmpadas (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006), a partir dos conceitos de tensão e corrente elétricas, representa a capacidade dos alunos de re-significar o conteúdo de estudo ampliando o campo conceitual dos circuitos elétricos simples, correspondendo a uma superação da dificuldade de aprendizagem de limitada compreensão dos conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas detectadas na fase 1 da pesquisa de campo. Entende-se também que o surgimento da respectiva categoria como a capacidade da atividade experimental de bancada de estabelecer pontes entre teoria e prática conforme as previsões de Seré, Coelho e Nunes (2003) e Coelho *et al* (2010).

Um exemplo que ilustra o possível entrelaçamento das categorias **AS04** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional), **AS05** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional) e **AE04** (interpretação, ressignificação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das lâmpadas) (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; FREITAS, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2008a) é o registro textual, elaborado colaborativamente pela equipe dos ALUNOS 2, 6 e 10, tentando interpretar o problema do brilho de lâmpadas elétricas do circuito da prática experimental de bancada, por meio dos conceitos de corrente elétrica e tensão elétrica, bem como buscando explicar o respectivo comportamento do circuito, fazendo uma analogia do mesmo com um circuito em série:

ALUNOS 2, 6 e 10 (registro textual elaborado colaborativamente): ... *a lâmpada L1 brilha mais porque tem a corrente maior e ela está em série e tem uma lâmpada, já as lampadas L2 e L3. Por exemplo L2 brilha menos porque tem duas lampadas e estão em série a lâmpada L3 brilha razoavelmente porque está em paralelo.*

L1- 2.93V

L2- 1.40V

L3- 1.61V

Neste registro textual, novamente observa-se restrições na linguagem utilizada pelos alunos (concepções alternativas de linguagem (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; FREITAS, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2008a)), ao tentar elaborar o registro textual para explicar os efeitos decorridos em função do brilho de lâmpadas. A equipe composta pelos alunos 2, 6 e 10 colaborativamente argumenta que a lâmpada L1, do circuito experimental, apresenta um brilho mais intenso que as demais, porque, a partir das medidas de corrente e tensão efetivadas com o multímetro, pela lâmpada L1 passa uma intensidade de corrente maior do que pelas lâmpadas L2 e L3, bem como L1 está submetida a uma maior tensão elétrica do que as demais (a equipe informa que a lâmpada L1 está submetida a uma tensão de 2.93V, enquanto que L2 e L3 apresentam 1,40 V e 1.61 V respectivamente).

Também neste registro textual, a equipe de alunos 2, 6 e 10 exhibe evidências de haver dificuldades em (re) significar, inter-relacionar e expressar, textualmente, conceitos de eletricidade, como: corrente, diferença de potencial, resistência, resistência equivalente e potência elétrica, que são vitais para a compreensão de fenômenos que decorrem durante a realização de experimentos, envolvendo associações de resistores em série e/ou em paralelo, pois não conseguem utilizar, de forma mais sistêmica e inter-relacionada tais conhecimentos, de forma a compreender o comportamento do brilho das três lâmpadas (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; FREITAS, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2008a).

A partir do entrelaçamento entre as categorias **AS04**(desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente), **AS05** (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente) e **AE04** (interpretação, re-significação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da análise do brilho das lâmpadas) com o encadeamento entre nós **1E** e **7E**, percebe-se

preliminarmente que o processo de aprendizagem colaborativo desenvolvido ao longo da prática pedagógica (tomando-se como base a realização sequencial das atividades pedagógicas **ASMC 2.2.1** (simulação e modelagem computacional) e a atividade experimental de bancada), é o fator que mais contribui para auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem significativa do tópico circuitos elétricos de resistores, tomando-se como base de análise, a análise qualitativa multidimensional (ALMEIDA, 2000; ALMEIDA, 2008; ALMOULOU, 2008; CANALES, 2007; GOES, 2012; PRADO, 2003; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a, 2011; RIBEIRO *et al*, 2011), a partir da interpretação do nó mais significativo da classe 1 da árvore de similaridade.

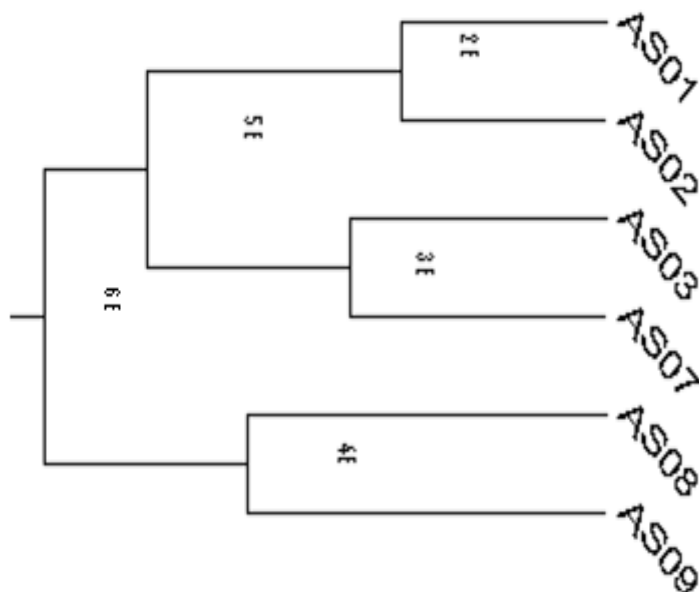
Destaca-se também a importância em se haver promovido a inter-relação entre atividades de simulação e experimentação em bancada, numa perspectiva ausubeliana, construtivista e colaborativa, contribuindo para promover a integração das TDIC, atividades de experimentação e currículo, o que contribui para uma mudança de visão e concepções pedagógicas docente e discente (ALMEIDA; VALENTE, 2011; AUSUBEL, 2003; RIBEIRO, 2012; MATUI, 2006; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009).

Complementa-se que a análise da subclasse 1a, aprendizagem colaborativa, indica traços comparáveis com as concepções postuladas Werlang, Schneider e Silveira (2008 a, b) e de Biassoto e Carvalho (2007), relativo ao uso de atividades de simulação computacional e de experimentação de bancada de forma a facilitar o processo de aprendizagem por meio da interação.

Subclasse-1b-aprendizagem significativa por meio da interação com os softwares de simulação computacional: esta subclasse, ver figura 3.20, é formada por 5 nós (**2E**, **3E**, **5E**, **4E** e **6E**) e seis categorias (**AS01**, **AS02**, **AS03**, **AS07**, **AS08** e **AS09**). As categorias são denominadas: “perceber alterações na intensidade de corrente elétrica a partir de modificações na resistência equivalente (**AS01**)”, “perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente (**AS02**)” que correspondem ao nó **2E**, “identificar que alterações na tensão elétrica de um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas deste mesmo trecho (**AS03**)”, “compreender voltímetro e amperímetro e suas medidas (**AS07**)” relativas ao nó **3E**, “identificar alterações na intensidade de corrente elétrica a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo (**AS08**)” e “perceber que a

corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível (AS09)”, ambas correspondendo ao nó 4E.

Figura 3.20: Subclasse 1b- Aprendizagem significativa por meio da interação com os softwares de simulação computacional



Código das categorias	Título da categoria
AS01	Perceber alterações na intensidade da corrente elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série
AS02	Perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente em série
AS03	Perceber que alterações na tensão elétrica em um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas neste mesmo trecho
AS07	Promover a medição e registro de grandezas físicas utilizando voltímetro e amperímetro
AS08	Identificar alterações na intensidade de corrente elétrica, utilizando o <i>software</i> PhET, a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo
AS09	Verificar que a corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível(AS09)

Na subclasse 1b, o nó mais significativo é o **2E**, que relaciona as categorias **AS01** (perceber alterações na intensidade de corrente elétrica a partir de modificações na resistência equivalente) e **AS02** (perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente). O surgimento da categoria **AS01** está relacionada com o desenvolvimento do procedimento 3 da **ASMC 2.2.1**, ver apêndice C, relativa a uma associação de quatro resistores em série, onde os alunos deveriam identificar alterações na intensidade de corrente elétrica, por meio da leitura de um amperímetro virtual, uma vez que alterassem a posição de uma chave elétrica. Tal alteração na posição da chave consistia em incluir ou excluir uma resistência elétrica de um circuito. O diálogo abaixo é um exemplo ilustrativo do surgimento da categoria **AS01**, onde o ALUNO 14 realiza o procedimento interagindo com o Professor-Pesquisador:

Professor-Pesquisador: *O que aconteceu com a corrente elétrica no circuito uma vez que a chave foi fechada?*

ALUNO 14: *O ampères aumentou* (observa-se que o ALUNO 14 utilizou uma linguagem coloquial, concepção alternativa (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006), para expressar que houve um aumento no valor da corrente elétrica virtual medida com o amperímetro).

O surgimento da categoria **AS02** (perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente) está relacionada com o desenvolvimento do procedimento 4 da **ASMC 2.2.1**, ver apêndice C, em que os alunos deveriam ser capazes de identificar alterações na tensão elétrica, através da leitura de um voltímetro, entre o trecho a-d do circuito da respectiva simulação, com a alteração na posição da chave. De maneira semelhante ao procedimento 3, a alteração na posição da chave correspondia a incluir ou excluir uma resistência do circuito elétrico. Um exemplo do surgimento da categoria **AS02** é o registro textual efetuado pela equipe dos ALUNOS 3 e 17 no roteiro da respectiva atividade:

ALUNOS 3 e 17 (registro textual elaborado colaborativamente): *Chave aberta= 16.67 V.*

ALUNOS 3 e 17 (registro textual elaborado colaborativamente): *Chave fechada= 16.00V.*

Nos registros textuais supracitados, a respectiva equipe de alunos identifica que, com a chave aberta, que significa construir o circuito com quatro resistências associadas em série, a tensão elétrica entre os pontos a-d vale 16,67 volts, enquanto que com a chave fechada, que corresponde a ter um circuito de apenas três resistências em série, a tensão elétrica entre os pontos a-d passa a ser de 16,00 volts. Teoricamente é esperado que ocorresse diminuição no valor da tensão no trecho a-d, quando a resistência diminui, o que foi visualizado pelos alunos.

Tomando por base as narrativas colaborativas supracitadas e elaboradas pelos ALUNOS 3 e 17 e, pelo ALUNO 14, observa-se que, com o desenvolvimento dos procedimentos 3 e 4 da **ASMC 2.2.1**, resultando no surgimento das categorias **AS01** (perceber alterações na intensidade de corrente elétrica a partir de modificações na resistência equivalente) e **AS02** (perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente), os alunos, apesar de conseguirem identificar alterações nos parâmetros de intensidade de corrente e tensão elétrica do circuito de resistores associados em série, estes não são capazes de vincular tais alterações com modificações na resistência equivalente do respectivo circuito. Desse modo, entende-se que o surgimento das categorias corresponde à um indício de formação de organizadores prévios (AUSUBEL, 2003) de leitura e interpretação de medidas de tensão e corrente elétricas, tão necessários ao longo do desenvolvimento da prática pedagógica, bem como superação da dificuldade de identificar a representação imagética de aparelhos de medição elétrica, dificuldade esta detectada na fase 1 da prática pedagógica.

Retornando a figura 3.20, subclasse 1b, observa-se que o nó **2E**, através do nó **5E**, encadeia-se com o nó **3E**, que relaciona as categorias **AS03** (identificar que alterações na tensão elétrica de um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas deste mesmo trecho) e **AS07** (simular computacionalmente a medição e registro de grandezas físicas, utilizando voltímetro e amperímetro). O surgimento de ambas as categorias, **AS03** e **AS07**, pode ser relacionado ao desenvolvimento do procedimento 5 da **ASMC 2.2.1**, ver apêndice C, que consistia em verificar alterações nas intensidades de corrente e tensão elétrica no trecho d-e do circuito da respectiva simulação, uma vez que os alunos realizassem alteração na resistência elétrica virtual do respectivo trecho, como ilustra o registro textual abaixo elaborado pela equipe dos ALUNOS 17 e 5:

ALUNOS 5 e 17 (registro textual elaborado colaborativamente): “... com 10,0 resistor, com a chave fechada fica em -6,67V e os amperes ficam em 0,67. Com 100,00 resistor, com a chave fechada fica em -16,67V e os amperes em 0,17.” (observa-se que os ALUNO 5 e 17 utilizaram uma linguagem colaborativa coloquial, concepção alternativa (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006), para expressar o valor da resistência em ohms e a leitura virtual do valor numérico do corrente em ampères entre os pontos d-e).

No respectivo registro textual, os alunos são capazes de identificar que cada vez que a resistência elétrica do trecho d-e do respectivo circuito sofre uma alteração, os valores de intensidade de corrente e tensão elétricas, do respectivo trecho, sofrem alterações. No caso, a equipe de alunos 5 e 17 relata que, quando a resistência do trecho passa de 10 ohms para 100 ohms, a tensão, no respectivo trecho, passa de 6,67 para 16,67 volts, enquanto que a intensidade de corrente elétrica passa de 0,67 para 0,17 ampères, o que é fisicamente esperado. Este registro textual é um indicio de que, por meio da **ASMC 2.2.1**, os alunos foram capazes de inter-relacionar conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas, o que contribui para se trabalhar de forma construcionista e colaborativa o processo de superação das dificuldades de aprendizagem, detectadas na fase 1 da prática pedagógica (ALMEIDA; VALENTE, 2011; AUSUBEL, 2003; DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006; MATUI, 2006; RIBEIRO, 2012; RIBEIRO *et al*, 2011; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009).

Da figura 3.20, subclasse 1b, observa-se que o nó **3E**, relacionado com as categorias **AS03** (identificar que alterações na tensão elétrica de um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas deste mesmo trecho) e **AS07** (compreender voltímetro e amperímetro e suas medidas), está encadeado com o nó 2E, relacionado com as categorias **AS01** (perceber alterações na intensidade de corrente elétrica a partir de modificações na resistência equivalente) e **AS02** (perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente). Tal encadeamento revela-se coerente com o desenvolvimento da **ASMC 2.2.1**, pois o surgimento das categorias **AS01** e **AS02**, que revelam indícios de formação de organizadores prévios (AUSUBEL, 2003), concernente ao procedimento de leitura e interpretação de medidas elétricas, utilizando instrumentos de medição virtuais, como voltímetro e amperímetro, potencialmente atuam como elementos facilitadores para que os alunos possam inter-relacionar conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas, como o fizeram no procedimento 5 da **ASMC 2.2.1**.

Tal eventual possibilidade de inter-relacionar conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas, configura-se como indício de aprendizagem significativa por meio de reconciliação integradora (AUSUBEL, 2003).

Na figura 3.20, subclasse 1b, se observa a formação do nó **4E**, que relaciona as categorias **AS08** (identificar alterações na intensidade de corrente elétrica a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo) e **AS09** (perceber que a corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível). A categoria **AS08** surge devido ao procedimento 4 da **ASMC 2.2.2**, ver apêndice C, que consistia em analisar o trecho do circuito com 3 resistores em paralelo (R1, R2 e R3), com as duas chaves fechadas e identificar alterações na intensidade de corrente elétrica que atravessava os resistores R1 e R2, bem como alterações na corrente total do circuito, uma vez que se mudasse o valor da resistência elétrica do resistor R3 de 3 ohms para 50 ohms. Um exemplo do surgimento da categoria **AS08** é verificado no registro textual da equipe formada pelas ALUNAS 4 e 18 ao realizarem o respectivo procedimento:

ALUNAS 4 e 18 (registro textual elaborado colaborativamente): *“Com 50 no resistor o valor fica em 3,33 amperes, e com o resistor 3,0 fica com o mesmo valor”*. (observa-se que as alunas utilizaram uma linguagem colaborativa coloquial, concepção alternativa (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006), para expressar o valor da resistência em ohms e a leitura virtual do valor numérico do corrente em ampères nos resistores R1 e R2).

Ressalta-se para o leitor que, no procedimento 4 da **ASMC 2.2.2**, ver apêndice C não se solicita a leitura do valor de R3. No respectivo registro textual do procedimento 4, colaborativamente (RIBEIRO *et al*, 2008a; RIBEIRO, 2012; VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009), a equipe de alunas 4 e 18 relatam, ao realizarem medições virtuais de corrente elétrica, utilizando o amperímetro do *PhET*, que a intensidade de corrente elétrica virtual, que atravessa os resistores R1 e R2 não sofrem nenhuma alteração, quando o valor do resistor R3 é alterado de 3 ohms para 50 ohms. Porém elas não conseguem registrar em suas descrições textuais relatos expressando como se sucedem as alterações na intensidade de corrente elétrica total do circuito, o que exigiria analisar, (re) significar e descrever o comportamento da corrente elétrica do circuito, valendo-se dos conceitos de eletricidade e resistência equivalente (AUSUBEL, 2003; DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006 e 2007).

Desse modo, o respectivo registro textual colaborativo das alunas 4 e 18 configura-se como um indício de que os alunos ainda apresentavam dificuldades de

aprendizagem (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007; RIBEIRO *et al*, 2008a; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012) relacionadas a empregar o conceito de resistência equivalente para analisar e compreender o comportamento da distribuição de corrente no circuito, como detectado na fase 1 da prática pedagógica, sondagem de conhecimentos prévios, ver apêndice A.

Uma razão que pode estar associada à dificuldade de não compreender e empregar o conceito de resistência equivalente é o surgimento da categoria **AS09** (perceber que a corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível), a qual tem origem no desenvolvimento do procedimento 2 da **ASMC 2.2.1**, ver apêndice C. Tal procedimento de simulação de circuito elétrico em série indagava sobre o que acontecia com a resistência equivalente da associação de resistores em série uma vez que a chave fosse fechada. Os alunos deveriam, a partir da percepção visual do desvio da corrente elétrica para o trecho sem resistência, onde se encontrava a chave, deduzir que tal desvio resultava na redução da resistência equivalente da associação. Um exemplo do surgimento da respectiva da categoria é expresso através do diálogo que a ALUNA 10 desenvolve com o Professor-Pesquisador, quando a equipe formada pelas ALUNAS 2, 6, 10 executou o respectivo procedimento 2.

Professor-Pesquisador :*Observaram...?*

ALUNA 10: *Não!*

Professor-Pesquisador: *Sim, vocês estão com a chave (interruptor) fechada, agora vejam com a chave aberta...mexam na chavinha ali, na chave, chave... isso... abra a chave... agora abre... pronto... o que foi que você observou?*

ALUNA 10: *Quando a chave esta fechada, (a corrente elétrica) passa por ali ...(o ramo do circuito que contém o resistor R1).*

Professor-Pesquisador: *Tem certeza?*

ALUNA 10: *Ah não!,passa por aqui (trecho sem resistor onde está a chave na posição fechada).*

Neste diálogo, a ALUNA 10, através da mediação do Professor-Pesquisador, visualizando o circuito do *PhET*, observa que a corrente elétrica desvia-se para o trecho sem resistência elétrica, porém não percebeu claramente como se produziu tal desvio de corrente elétrica no circuito, o que suscita evidências de que os alunos apresentavam dificuldades de aprendizagem (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007; RIBEIRO *et al*, 2008a; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012), relacionadas a se apropriar do conceito de resistência equivalente para analisar comportamento da

distribuição de corrente no circuito, como detectado na fase 1 da prática pedagógica, sondagem de conhecimentos prévios (vide apêndice A).

Desta maneira, a partir da análise do nó **4E**, o entrelaçamento das categorias **AS08** (identificar alterações na intensidade de corrente elétrica virtual a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo) e **AS09** (perceber que a corrente elétrica virtual passa por trechos com a menor resistência elétrica possível) revelam indícios de que os alunos não conseguem compreender que a resistência equivalente é uma abstração útil para analisar os efeitos da corrente ou a diferença de potencial em atividade de simulação de circuito com associação de resistores elétricos, como informa Dorneles, Araújo e Veit (2006).

No respectivo diálogo estabelecido no procedimento 2 da **ASMC 2.2.1** entre a ALUNA 10 e o Professor-Pesquisador, emergiu-se indícios de formação de uma espiral da aprendizagem (VALENTE, 2002). A ALUNA 10, quando executa colaborativamente o procedimento 2 da **ASMC 2.2.1**, concernente ao fechamento da chave, realiza as etapas de ação e execução da espiral de aprendizagem. A ALUNA 10, ao emitir uma conclusão sobre o efeito que se produz com o fechamento da chave, a mesma executa uma etapa de reflexão (VALENTE, 2002). Quando o Professor-Pesquisador chama atenção da ALUNA 10 de que sua conclusão, referente ao efeito do fechamento da chave está inconsistente, estimulando sua reformulação, a mesma desenvolve a etapa de depuração da espiral (VALENTE, 2002).

Finalmente, na classe 1 da árvore de similaridade da figura 3.18, identifica-se que as subclasses 1a e 1b, inter-relacionam-se por meio do nó **8E**. Apesar do nó **8E** representar uma similaridade de nível fraco²⁷, compreende-se que a relação entre subclasses 1a e 1b é predominantemente marcada por categorias representativas das atividades de simulação e modelagem computacional de circuitos de resistores em série e paralelo, **ASMC 2.2.1 e 2.2.2**, que foram realizadas com o auxílio pedagógico do *software PhET*. Entretanto ressalta-se que a presença da categoria **AE04** (interpretação, re-significação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da análise do brilho das lâmpadas), que advém da realização de atividades pedagógicas de experimentação em bancada de circuitos elétricos, inter-relacionou-se hierárquica e relacionalmente com o nó mais significativo da classe 1a, ou seja o nó 1E.

²⁷ Para Almeida (2008) *apud* Góes (2012), índice de similaridade é um valor que o *software CHIC* estabelece para medir a associação entre as categorias. Segundo Góes (2012), existem quatro faixas de índice de similaridade: muito forte, forte, moderada e discreta.

De modo geral, no tocante à classe 1a da árvore de similaridade, a análise qualitativa multidimensional (ALMEIDA, 2000; ALMEIDA, 2008; GOES, 2012; MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011; MORAIS; VALENTE, 2008; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a), englobando predominantemente atividades pedagógicas de simulação computacional **ASMC 2.2.1** e **2.2.2**, complementadas por atividades pedagógicas de experimentação em bancada de circuitos de resistores elétricos, permite expressar os seguintes argumentos:

- evidenciaram sinais da construção de conhecimentos colaborativos pelos alunos, mediados pelo professor (VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMENTE, 2009), na forma de uma compreensão preliminar do problema do brilho das lâmpadas à luz da teoria da associação de resistores elétricos (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007; FREITAS, 2007; RIBEIRO *et al*, 2008a; RIBEIRO, 2012).

- mostraram indícios que os alunos utilizam uma linguagem centrada em concepções alternativas conceituais, o que pode eventualmente contribuir para o surgimento de dificuldades de interpretação, (re) significação, inter-relacionamento e construção de novos conceitos (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007; FREITAS, 2007); e

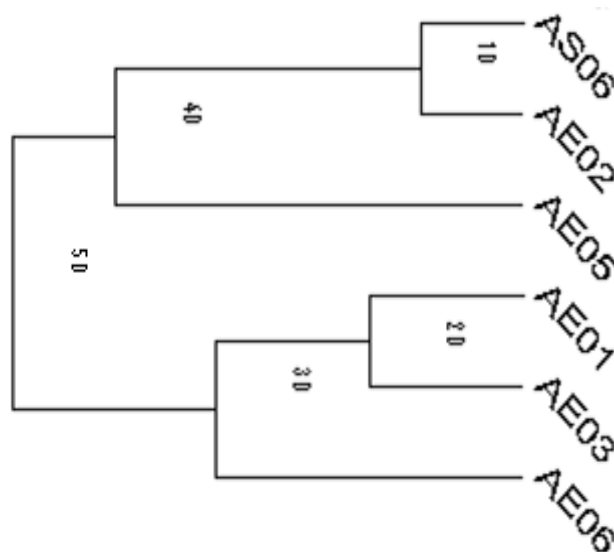
- emergiram evidências que os alunos não conseguem superar determinadas dificuldades de aprendizagem (AUSUBEL, 2003; DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007; FREITAS, 2007; MIRAS, 2010), no sentido de (re) significar e inter-relacionar conceitos de corrente, tensão, resistência e resistência equivalente, para analisar, compreender e produzir registros em áudio ou textuais, de maneira a poder expressar as variações de tensão e corrente, ocorridas durante a realização dos procedimentos associados às práticas de simulação **ASMC 2.2.1**, **2.2.2** e experimentação de bancada (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007).

Na subseção seguinte é apresentada a análise qualitativa multidimensional da classe 2 da árvore de similaridade.

3.3.2.2 análise qualitativa de dados multidimensionais da classe 2: desenvolvendo conhecimentos prévios com as atividades de experimentação de bancada, complementadas por simulação computacional.

A classe 2 encontra-se ilustrada na figura 3.21:

Figura 3.21- Classe 2- Desenvolvendo conhecimentos prévios através da realização de atividades de experimentação de bancada, complementadas por simulação computacional.



Código das categorias	Título da categoria
AS06	Aprendizagem por descoberta
AE01	Desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas
AE02	Relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada
AE03	Perceber que alterações na tensão elétrica em um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas neste mesmo trecho
AE05	Despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida
AE06	Ler e interpretar medidas elétricas

A classe 2, por ser constituída em sua maioria por categorias relacionadas com as atividades de experimentação em bancada, revela o papel da mesma no desenvolvimento da aprendizagem ao longo do transcurso da prática pedagógica. Entretanto, ressalta-se que a presente análise está atrelada à delimitação decorrida junto às fontes de dados que foram selecionadas para a constituição das categorias.

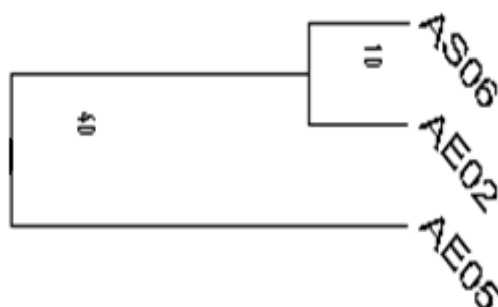
Complementando, a classe 2 é formada por duas subclasses, descritas a seguir:

Sub-Classe-2a- aprendizagem por descoberta: contempla 3 categorias, sendo 2 relativas às atividades pedagógicas de experimentação em bancada “capacidade de relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada

(**AE02**)” e “despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida (**AE05**)” e uma relacionada a atividade pedagógica de simulação computacional: **ASMC 2.2.2** “aprendizagem por descoberta (**AS06**)”.

Analisando a figura 3.22, as categorias (**AE02**) e (**AS06**) formam o nó **1D**, que é o de maior similaridade da classe , e, através do nó **4D** estas se encadeiam com a categoria (**AE05**).

Figura 3.22- Sub-Classe 2a- aprendizagem por descoberta



Código das categorias	Título da categoria
AS06	Aprendizagem por descoberta
AE02	Relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada.
AE05	Despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida

Visualizando a figura 3.22, sub-classe 2a, a similaridade entre as categorias **AS06** (aprendizagem por descoberta) e **AE02** (relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada) revela indícios significativos que, durante a realização dos procedimentos de interpretação dos roteiros impressos em papel, ilustrando os circuitos de resistores e a posterior fase de montagem dos circuitos, seja na atividade experimental de bancada, ou na tela do *software* de simulação computacional *PhET*, os alunos poderiam desenvolver uma aprendizagem por descoberta (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968; AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 1999). Uma narrativa de áudio, que representa o surgimento da categoria **AS06** é expressa pelo ALUNO 5, quando o mesmo, de modo acidental, produz e observa um

curto-circuito virtual, uma vez que estava montando colaborativamente o circuito da **ASMC 2.2.2**, sendo que o fato chamou a atenção da ALUNA 19, que era componente de outra equipe, e isto induziu uma mediação do Professor-Pesquisador:

ALUNO 5: *“olha aqui professor!... queimou!”* (o ALUNO 5 se refere a um curto circuito).

Professor-Pesquisador: *“queimou!... significa o quê?”*.

ALUNO 5.: *“que era muita voltagem?”* (o ALUNO 5 se refere à diferença de potencial).

Professor-Pesquisador: *“que entrou em curto circuito!... é um perigo!”*.

ALUNA 19: *“professor... cê viu que queimou aqui!”* (a ALUNA 19 se reporta ao que o ALUNO 15 observou).

Professor-Pesquisador: *“é um curto circuito isso aí... quando a resistência tá tão baixa, ele queima o circuito”*.

Na primeira narrativa do ALUNO 5, percebem-se indícios que o mesmo descobre o surgimento de um fenômeno estranho (curto-circuito, pois não havia sido apresentado aos alunos durante a aula teórica), no caso o curto circuito que se apresenta como um incêndio na tela do software *PhET*, uma vez que este tenta montar o circuito da simulação 2. O aluno busca associar um significado ao fenômeno, tentando inter-relacionar a causa do mesmo à sobrecarga de tensão decorrida no circuito elétrico, onde eventualmente a dedução do aluno sobre a causa do fenômeno possa ter ligação ao seu cotidiano. O Professor-Pesquisador, por sua vez, em sua primeira narrativa, em resposta ao ALUNO 5 procura instigar o aluno, para que este reflita que a causa do incêndio corresponde a uma diminuição excessiva da resistência do circuito, uma vez que o aluno alterou o valor da resistência no respectivo circuito, e não exatamente ao aumento brusco da tensão.

No que diz respeito à categoria **AE02** (relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada), seu surgimento está vinculado ao fato de que ao se realizar os procedimentos da prática experimental de bancada, os alunos precisavam ler informações contidas no roteiro impresso da prática experimental de bancada e interpretá-las, de modo que fizessem correspondência entre as representações esquemáticas e o circuito real, como ilustra o diálogo a seguir, quando o Professor-Pesquisador indaga a equipe formada pelos ALUNOS 5, 8 e 17 sobre a distinção das lâmpadas no circuito da prática experimental de bancada:

Professor-Pesquisador: ... *qual é a lâmpada L1? Qual é a L2? E qual é a L3?* (Professor-Pesquisador pergunta para a equipe quais das lâmpadas no circuito experimental correspondem às lâmpadas L1, L2 e L3 representadas iconicamente no roteiro da prática experimental de bancada)

ALUNO 5: *L1... L2... L3* (a equipe relata que a lâmpada L1 é a primeira lâmpada localizada no circuito experimental da esquerda para a direita, a L2 a terceira e a L3 a segunda, acertando apenas a equivalência de L1 entre os circuitos).

Professor-Pesquisador: *dois, três... dois a do meio, três essa daqui* (Professor-Pesquisador media que as lâmpadas L2 e L3 no circuito da prática experimental são a segunda e terceira lâmpadas da esquerda para a direita, respectivamente).

Na mesma subclasse 2a, ver figura 3.22, observa-se também que há uma fraca similaridade entre as categorias **AS06** (aprendizagem por descoberta), **AE02** (relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada), nó **1D** e a categoria **AE05** (despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida), que forma com as 2 anteriores o nó **4D**, o que pode ser corroborado através do encadeamento entre os nós **1D** e **4D**. Interpreta-se esta fraca similaridade como um indício preliminar de que o processo de aprendizagem por descoberta tenha desenvolvido nos alunos a possibilidade de compreender os erros de medida de grandezas elétricas cometidos. A razão para este fraco indício pode ser interpretada à luz da teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1968 *apud* MOREIRA, 1999) ao explicar que uma aprendizagem por descoberta só se torna significativa, quando puder se relacionar de modo significativo com os conhecimentos prévios que o aluno já possua. Em outras palavras, os alunos precisam possuir subsunçores adequados para poder interpretar os fenômenos à luz da teoria estudada, quando desenvolvem uma descoberta.

Um fato que revela sinais da necessidade de se possuir subsunçores adequados, para transformar uma aprendizagem por descoberta numa aprendizagem significativa é o diálogo a seguir, onde o Professor-Pesquisador discute colaborativamente com os alunos, os resultados das ações de medidas de grandezas elétricas, executadas colaborativamente pelos alunos, durante o desenvolvimento da atividade experimental de bancada (**AEB**), que se relaciona à categoria **AE05** (despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida):

Professor-Pesquisador: “... *várias pessoas mediram vários valores diferentes* (referindo-se aos valores de corrente e voltagem elétricas medidos nos bornes das lâmpadas do circuito), *vocês viram que as vezes oscilaram valores, ne’?*”

ALUNO 6.: “*éééé!*”

Professor-Pesquisador: “*porque que esses valores oscilam? porque existe o erro, certo?... quando se faz medidas experimentais existe o erro...*” (reportando-se ao erro de medida)

ALUNO 6: “*nunca vai sair o mesmo resultado...*”

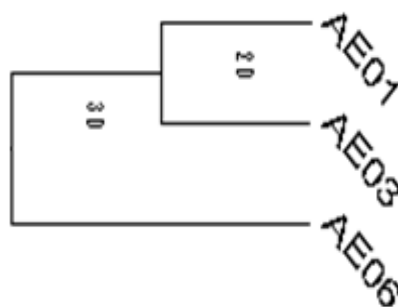
Professor-Pesquisador: “*nunca vai sair um resultado exatamente igual, certo?... vai sair resultados a-pro-xi-mados, certo?*”

No respectivo diálogo, o Professor-Pesquisador toma a iniciativa de discutir com os alunos os procedimentos experimentais de bancada realizados, no tocante ao surgimento das oscilações observadas durante as tomadas das medidas de tensão e corrente elétricas, concernente aos bornes das lâmpadas. Nesta ação, o Professor-Pesquisador procura estimular a reflexão dos alunos, em relação à razão das medidas apresentarem oscilações, onde introduz a concepção preliminar de erro em medidas experimentais. Como flutuações de medidas experimentais não haviam sido discutidas durante as aulas teóricas de circuitos elétricos simples, apenas um aluno da turma consegue expressar significado às oscilações de medidas, interagindo assim com a argumentação do Professor-Pesquisador e demais colegas.

Subclasse 2b-aprendizagem significativa e colaborativa de circuitos elétricos por meio da experimentação de bancada

Na figura 3.23, visualiza-se a segunda subclasse da classe 2 da árvore de similaridade, 2b, denominada de aprendizagem significativa e colaborativa de circuitos elétricos por meio de experimentação de bancada. Tal subclasse é formada pelo nó **2D**, que relaciona as categorias: “desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas e realizar medidas (**AE01**)” e “desenvolvimento da aprendizagem através das interações discentes-docente (**AE03**)”, e pelo nó **3D**, que relaciona as categorias (**AE01**) e (**AE03**) à categoria “habilidade de ler e interpretar medidas elétricas (**AE06**)”.

Figura 3.23: Subclasse 2b- aprendizagem significativa e colaborativa de circuitos elétricos por meio da experimentação de bancada.



Código das categorias	Título da categoria
AE01	Desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas
AE03	Desenvolvimento da aprendizagem através das interações discentes-docente em atividades de práticas de bancada
AE06	Ler e interpretar medidas elétricas

Observando a figura 3.23, uma análise das categorias **AE01**(desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas e realizar medidas), **AE03** (desenvolvimento da aprendizagem através de interações docente-discentes em atividades de práticas de bancada), que compõem o nó **2D**, revelam indícios de que, por meio da interação colaborativa entre Professor-Pesquisador e alunos, estes poderiam desenvolver habilidades para utilizar o multímetro, de modo a obter medidas elétricas no circuito da prática experimental de bancada.

Um exemplo que ilustra o entrelaçamento entre as categorias **AE01** (desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas e realizar medidas) e **AE03** (desenvolvimento da aprendizagem através de interações docente-discentes em atividades de práticas de bancada) é o diálogo que a ALUNA 19 desenvolve, uma vez que interage cooperativa e colaborativamente com o Professor-Pesquisador, ao realizar medidas de intensidade de corrente elétrica nas lâmpadas do circuito da prática experimental de bancada:

Professor-Pesquisador: “Como é que você vai medir corrente?... lembra do amperímetro? Como é que ele tava no circuito? Como é que ele era inserido no circuito?... ele ficava dentro ou fora do circuito?” (o Professor-Pesquisador

recontextualiza, numa reconciliação integradora (AUSUBEL, 2003) junto à ALUNA 19, o desenvolvimento dos procedimentos de medida executados anteriormente nas **ASMC 2.2.1 e 2.2.2**, nos circuitos resistores, no caso, o posicionamento do amperímetro no local apropriado).

ALUNA 19: “*ficava...*” (a aluna não consegue responder)

Professor-Pesquisador: “... *aquela caixinha branquinha?*” (O Professor-Pesquisador usa o termo caixinha branquinha para referir-se à representação imagética do amperímetro virtual nas **ASMC 2.2.1 e 2.2.2**, pois o amperímetro era representado por uma caixa retangular branca)

ALUNA 19: “*ficava dentro!*”

Professor-Pesquisador: “*ficava dentro! Como é que você vai fazer pra botar esse bicho aqui dentro do circuito? Pra corrente passar dentro dele?*” (Professor-Pesquisador ao utilizar a expressão “botar o bicho aqui dentro do circuito”, tentava expressar, numa linguagem mais próxima à dos alunos (DORNELES, ARAÚJO, VEIT, 2006, 2007), que se deveria inserir o multímetro num certo trecho do circuito das lâmpadas da prática experimental de bancada)

ALUNA 19: “... *Oh meu Deus! Tem que ligar aqui*” (ALUNA 19 refere-se a apenas encostar a ponta de prova do multímetro nos bornes das lâmpadas, semelhante ao que se fazia nas medidas de voltagem elétrica nas atividades pedagógicas de simulação e modelagem computacional (**ASMC 2.2.1 e 2.2.2**)).

Professor-Pesquisador: “*Não!... você vai ter que desconectar um dos bornes aí né?... como é que desconecta aí?*” (Professor-Pesquisador orienta à ALUNA 19 que sua tentativa em utilizar o multímetro para poder medir corrente elétrica no circuito da prática experimental ainda está errada. Para corrigir, o Professor-Pesquisador sugere a referida aluna a desconectar um fio que esteja ligado a um dos bornes das lâmpadas, de modo a abrir o circuito elétrico para poder inserir o multímetro)

ALUNA 19: “... *desconecte!*” (a ALUNA 19 relata que havia desconectado o fio que liga a lâmpada L2 a lâmpada L3)

Professor-Pesquisador: “... *agora do aparelho (multímetro) você precisa desconectar um fio também...*” (o Professor-Pesquisador orienta que é necessário a ALUNA 19 desconectar um dos fios ponta de prova²⁸ de modo que o multímetro seja inserido no circuito)

ALUNA 19: “... *desconectar esse aqui também...*” (a ALUNA 19 refere-se ao outra ponta do mesmo fio que havia sido desconectado anteriormente)

Professor-Pesquisador: “*Não!... do aparelho, do aparelho... você vai ter que desconectar um para conectar o que você está tirando daí*” (Professor-Pesquisador orienta a ALUNA 19 que não desconecte a outra ponta do fio que ligava a lâmpada L2 a L3, nortendo que a mesma devesse retirar uma das pontas de prova do multímetro e inserir no seu lugar a ponta do fio que ligava as lâmpadas L2 e L3, a qual havia sido retirada de um dos bornes da lâmpada L3 do circuito, de modo que pelo multímetro passe a corrente do circuito)

²⁸ Segundo Máximo e Alvarenga (2008) ponta de prova é um fio que contém uma extremidade pontiaguda, a qual estabelece o contato elétrico entre o aparelho medidor (multímetro) e o elemento de circuito onde se deseja fazer as medidas elétricas.

Professor-Pesquisador: “... pronto, você tira esse aqui por exemplo... e agora?”(Professor-Pesquisador tira a ponta de prova vermelha do multímetro²⁹)

ALUNA 19: “... ponho aqui!”(a ALUNA 19 descobre que a outra ponta de prova do multímetro vai para o borne que havia sido desconectado)

Professor-Pesquisador: “Humrum!... e o outro que você desconectou?... vai botar aonde?” (o Professor-Pesquisador concorda com a ação que a ALUNA 19 fez e indaga a mesma sobre o local onde se deve conectar a ponta do fio que ligava as lâmpadas L2 e L3)

ALUNA 19: “... aqui!”(a ALUNA 19 indica que a ponta do fio que ligava as lâmpadas L2 e L3, devia ser conectada no local onde estava a ponta de prova vermelha do multímetro)

Professor-Pesquisador: “isso!” (o Professor-Pesquisador concorda com a fala da ALUNA 19)

No respectivo diálogo entre a ALUNA 19 e o Professor-Pesquisador, observa-se que este desenvolve um conjunto de mediações e interações colaborativas (MATUÍ, 2006; VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009) com a referida aluna, de modo que a mesma consiga utilizar corretamente o multímetro, para que realize a medição de corrente elétrica no trecho de circuito que contém as lâmpadas L2 e L3. Tal capacidade de utilizar o multímetro para realização de medidas elétricas revela-se como um indício de aprendizagem significativa por meio da formação de organizadores prévios (AUSUBEL, 2003, NOVAK, 2010).

Neste mesmo diálogo apresentado logo anteriormente entre a ALUNA 19 e o Professor-Pesquisador, também se identificaram indícios de espirais da aprendizagem (VALENTE, 2002). A primeira espiral corresponde ao momento em que a ALUNA 19 tenta medir a corrente elétrica sobre uma das lâmpadas do circuito, L2, da mesma forma que mediria a tensão (etapas de ação e execução da espiral), sendo que o Professor-Pesquisador a adverte que é uma ação errônea (etapa de reflexão da espiral). Na segunda espiral, a aluna depura sua ação anterior, ao seguir a sugestão do Professor-Pesquisador de desconectar uma das pontas dos fios que estão ligados às lâmpadas para introduzir o multímetro no circuito (etapas de ação e execução da espiral). Quando o Professor-Pesquisador sugere que, logo em seguida, a aluna deveria retirar uma das pontas de prova do multímetro, a mesma, erroneamente, pensa ser a outra ponta do mesmo fio. Tal fato leva o Professor-Pesquisador a, novamente, orientar que isto não dará certo (etapa de reflexão da espiral), ajudando a aluna a depurar sua ação, quando

²⁹ Em geral, multímetros apresentam pontas de prova com duas cores: vermelha, representando o pólo positivo e preta, representando o pólo negativo do multímetro (MÁXIMO; ALVARENGA, 2008).

retira a ponta de prova vermelha do multímetro. A aluna, então, desenvolve uma nova ação, fazendo as conexões necessárias para um uso correto do aparelho.

Retornando a figura 3.23, identifica-se que o nó **2D** desencadeia o nó **3D**, que entrelaça as categorias **AE01** (desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas e realizar medidas), **AE03** (desenvolvimento da aprendizagem através de interações docente-discentes em atividades de práticas de bancada) com a categoria **AE06** (habilidade de ler e interpretar medidas elétricas). Tal entrelaçamento revela indícios de que, por meio de interação colaborativa entre Professor-Pesquisador e alunos, desenvolveram-se habilidades, tanto de manuseio de instrumentos de medição elétrica, como competências para realização de leitura e interpretação de medidas elétricas, durante a realização da atividade experimental de bancada.

Um exemplo que ilustra a argumentação supracitada, envolvendo entrelaçamento entre as categorias **AE01**, **AE03** e **AE06** é o diálogo colaborativo desenvolvido entre o Professor-Pesquisador e os ALUNOS 9, 13 e 21, durante o desenvolvimento do procedimento experimental, relativo a obtenção das medidas de corrente elétrica, realizadas nos bornes da cada uma das lâmpadas, L1, L2 e L3:

Professor-Pesquisador: *“vocês viram que voltagem vocês tinham que encostar o bichinho (ponta de prova do multímetro) bem aqui, distante vocês podiam fazer, né? agora vocês vão ter que inserir o... o... o medidor dentro do circuito, e aí como é que faz?... qual seria a solução?”*

ALUNO 21: *“vamo tirar”* (aluno mobiliza-se para retirar um dos fios elétricos que conecta a fonte de alimentação a um dos terminais de conexão da lâmpada L1)

Professor-Pesquisador: *“éééé, exatamente!... aí tira um bichinho desse aqui... esse fica fora (professor solicita ao aluno que retire uma das pontas de prova do multímetro)... a outra ponta...a que vinha do terminal vai pra onde ? (Professor-Pesquisador orienta o aluno a conectar o fio que estava conectado a lâmpada L1 no local onde estava a ponta de prova do multímetro)... isso!, olha aí como vocês estão se garantindo!...e a outra ponta, a outra ponta preta, vai pra onde? (Professor-Pesquisador orienta o ALUNO 21 a colocar a outra ponta de prova no terminal da lâmpada L1)... há! há!, é isso aí!”*

Professor-Pesquisador: *“... está dando quanto aí o valor de corrente?”*

ALUNOS 9 e 13.: *“127... ponto 8”* (colaborativamente, os ALUNOS 9 e 3 respondem que a leitura da intensidade de corrente elétrica nos bornes de L1 corresponde a 127.8 mili-ampères. Novamente observa-se que os alunos utilizam uma concepção alternativa de linguagem para expressar o resultado da leitura, o que pode causar dificuldades de aprendizagem(DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006).

Professor-Pesquisador: *“... anote aí”*

No respectivo diálogo, uma vez que a utilização do multímetro para medir intensidade de corrente elétrica nos bornes das lâmpadas do circuito experimental de bancada exigia uma maior destreza para fazê-lo, o Professor-Pesquisador desenvolve uma interação colaborativa (MATUÍ, 2006; VALENTE, 2003) com os alunos procurando estimular a reflexão dos mesmos para conseguir utilizar o instrumento de medição, de modo a atingir o objetivo pretendido. A partir desta reflexão, os alunos conseguem usar preliminarmente o multímetro. Desta forma, realizam a medida requerida.

As habilidades de manuseio de instrumento de medição elétrica, bem como de leitura e interpretação de medidas elétricas desenvolvidas colaborativamente neste diálogo, podem ser considerados como indícios de aprendizagem significativa, por meio da maturação e percepção de novos conhecimentos (AUSUBEL, 2003) concernentes ao estudo e experimentação de circuitos elétricos simples (FREITAS, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2008a).

Finalizando-se a análise da árvore de similaridade 1, no quadro 5 a seguir, apresenta-se uma síntese dos resultados, obtida a partir da análise das categorias, configuradas hierárquica e relacionalmente na árvore de similaridade, que foi previamente elaborada:

Quadro 5: Síntese da análise das categorias da árvore de similaridade.

Subclasse/Nós	Categorias	Síntese da análise das categorias que compõem os nós
1a/1E, 7E	<p>AS04 (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações docente-discente em atividades de simulação computacional),</p> <p>AS05 (desenvolvimento da aprendizagem por meio das interações discente-discente em atividades de simulação computacional)</p> <p>AE04 (interpretação, resignificação e associação entre conceitos de tensão e corrente elétricas, partindo-se da comparação do brilho das</p>	<p>Com as atividades de simulação e modelagem computacionais, promoveu-se um processo de aprendizagem interativo e colaborativo entre professor e alunos dos circuitos elétricos simples.</p> <p>Alunos apresentaram indícios de aprendizagem significativa combinatória, quando conseguiram re-significar e ampliar o campo conceitual do tema circuitos elétricos de resistores por meio da</p>

	lâmpadas)	integração entre atividades de simulação e modelagem computacional e experimentação de bancada.
1b/2E, 3E, 4E, 5E, 6E	<p>AS01, (perceber alterações na intensidade de corrente elétrica a partir de modificações na resistência equivalente)</p> <p>AS02 (perceber alterações na tensão elétrica em virtude de modificações na resistência equivalente)</p> <p>AS03(perceber que alterações na tensão elétrica em um trecho de circuito estão vinculadas a alterações na corrente e/ou na resistência elétricas neste mesmo trecho)</p> <p>AS07(Promover a medição e registro de grandezas físicas utilizando voltímetro e amperímetro)</p> <p>AS08 (Identificar alterações na intensidade de corrente elétrica, utilizando o <i>software</i>PhET, a partir de modificações na resistência equivalente em paralelo)</p> <p>AS09(utilizando o software PhET, verificar que a corrente elétrica passa por trechos com a menor resistência elétrica possível</p>	<p>Com as atividades de simulação e modelagem computacionais os alunos: desenvolveram organizadores prévios de leitura e interpretação de medidas elétricas; inter-relacionaram conceitos de tensão, corrente e resistência elétricas; construíram colaborativamente conhecimentos sobre circuitos elétricos simples através da formação de ciclo espiral da aprendizagem.</p> <p>Alunos apresentam dificuldades de aprendizagem relativa ao conceito de resistência equivalente.</p>
2a/ 1D, 4D	<p>AS06 (aprendizagem por descoberta),</p> <p>AE02 (relacionar os esquemas impressos de conceitos teóricos com os circuitos de bancada),</p> <p>AE05 (despertar a necessidade de compreensão dos erros de medida)</p>	Atividades de simulação e modelagem computacional promoveram aprendizagem por descoberta, porém esta não possibilitou se compreender os erros de medidas experimentais
2b/ 2D, 3D	<p>AE01(desenvolvimento de habilidades para manusear aparelhos de medidas elétricas e realizar medidas)</p> <p>AE03(desenvolvimento da aprendizagem através das interações discentes-docente)</p> <p>AE06 (habilidade de ler e interpretar medidas elétricas)</p>	A atividade experimental de bancada promoveu aos alunos aprendizagem significativa de circuitos elétricos simples por meio da: formação de organizadores prévios concernentes ao uso do multímetro para realizar medidas elétricas; consolidação

		<p>de conhecimentos através do desenvolvimento de habilidades de leitura e interpretação de medidas elétricas utilizando o multímetro.</p> <p>Com a atividade experimental de bancada houve construção colaborativa de conhecimentos concernentes aos circuitos elétricos simples, por meio da formação de ciclos espiral da aprendizagem.</p>
--	--	--

Concluída a análise das categorias da árvore de similaridade, encerra-se a análise da fase 2 da prática pedagógica. A seção seguinte apresenta a análise da fase 3 da prática pedagógica, correspondente a avaliação da mesma, realizado junto aos alunos através do questionário de opinião sobre a prática pedagógica, ver apêndice E.

3.4 Fase 3: Ação 3.1- Avaliação pelos alunos da prática pedagógica

Sem perda de generalidade, na quinta semana, dia 14/11/2011, desenvolveu-se a avaliação da prática pedagógica, logo em seguida ao encerramento da discussão dos resultados da prática experimental de bancada, **AEB**. A avaliação da prática pedagógica se deu por meio da ação 3.1, que consistia na aplicação de questionário de avaliação (vide apêndice E), o qual foi respondido por 16 alunos.

Como foi justificado no capítulo 2, metodologia, o ato de avaliar a prática pedagógica, sob a ótica pessoal dos alunos, tinha o propósito de investigar a contribuição da mesma junto ao processo de aprendizagem dos mesmos, tendo em vista encontrar indícios complementares de desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa, (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010; VALENTE, 2002; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2008a), bem como identificar indícios de avanços e dificuldades surgidos no percurso das ações desenvolvidas na prática pedagógicas, como: as aulas teóricas, atividades de simulação e modelagem computacional **ASMC 2.2.1**, **ASMC 2.2.2**, **ASMC 2.2.3** e a prática experimental de bancada **AEB**.

O respectivo questionário de avaliação da prática pedagógica era composto por 04 questões, as quais serão discutidas a seguir, bem como analisadas as respostas que lhes foram fornecidas.

3.4.1 Análise das respostas dos alunos relativa ao questionário de avaliação da prática pedagógica.

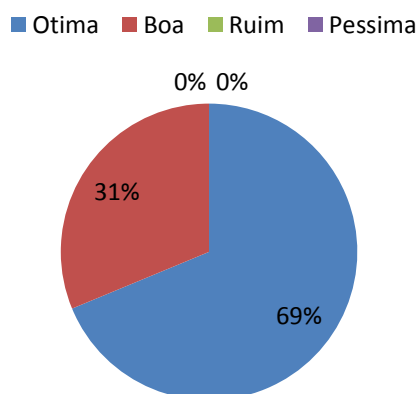
A questão número 01 do questionário de opinião da prática pedagógica, tinha como propósito investigar indícios preliminares da avaliação que os alunos atribuiriam à prática pedagógica, no tocante ao desenvolvimento da aprendizagem, classificando-a em quatro níveis: ótima, boa, ruim ou péssima. A respectiva questão apresentava o seguinte enunciado:

“ 01- Na sua opinião, a experiência pedagógica para a sua aprendizagem foi:

a) () Ótima b) () Boa c) () Ruim d) () Péssima”.

O gráfico 7 apresenta o quantitativo das categorias de respostas que os alunos apresentaram:

Gráfico 7: Perfil de respostas atribuídas pelos alunos para a questão 01 do questionário de avaliação da prática pedagógica



Pela análise das respostas do gráfico 7, a maioria dos alunos respondeu à pesquisa julgando-a como ótima (69%) ou então boa (31%) para o desenvolvimento da aprendizagem. Isto representa um indicio preliminar que a experiência vivenciada pelos

alunos pode ter contribuído para o desenvolvimento da aprendizagem colaborativa dos mesmos, durante a realização das atividades da prática pedagógica concernente à presente pesquisa (AUSUBEL, 2003; DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007; MIRAS, 2010; NOVAK, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2008a; RIBEIRO, 2012; VALENTE, 2002; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009).

Nenhum dos 16 alunos selecionou as opções “ruim” ou “péssima”. O fato dos mesmos não assinalarem tais opções, reportando-se a uma sondagem preliminar ao nível de desenvolvimento da investigação, seria necessário elaborar questões abertas para se coletar argumentações, tecidas pelos alunos, de forma a se poder proceder a uma análise mais detalhada, relativa à experiência pedagógica, para se buscar descobrir possíveis implicações no desenvolvimento da aprendizagem, no tocante a escolha das opções “ruim” ou “péssima”.

A questão número 02 do questionário de opinião da prática pedagógica, tinha como propósito investigar quais dos recursos utilizados, durante a prática pedagógica, mais colaboraram para a aprendizagem dos alunos. Tal questão era de múltipla escolha, sendo que os alunos poderiam marcar uma ou mais de uma das seguintes opções: aula teórica e mapa conceitual, atividades de simulação e modelagem computacionais, atividade experimental de bancada, todos os itens anteriores e nenhum dos itens anteriores.

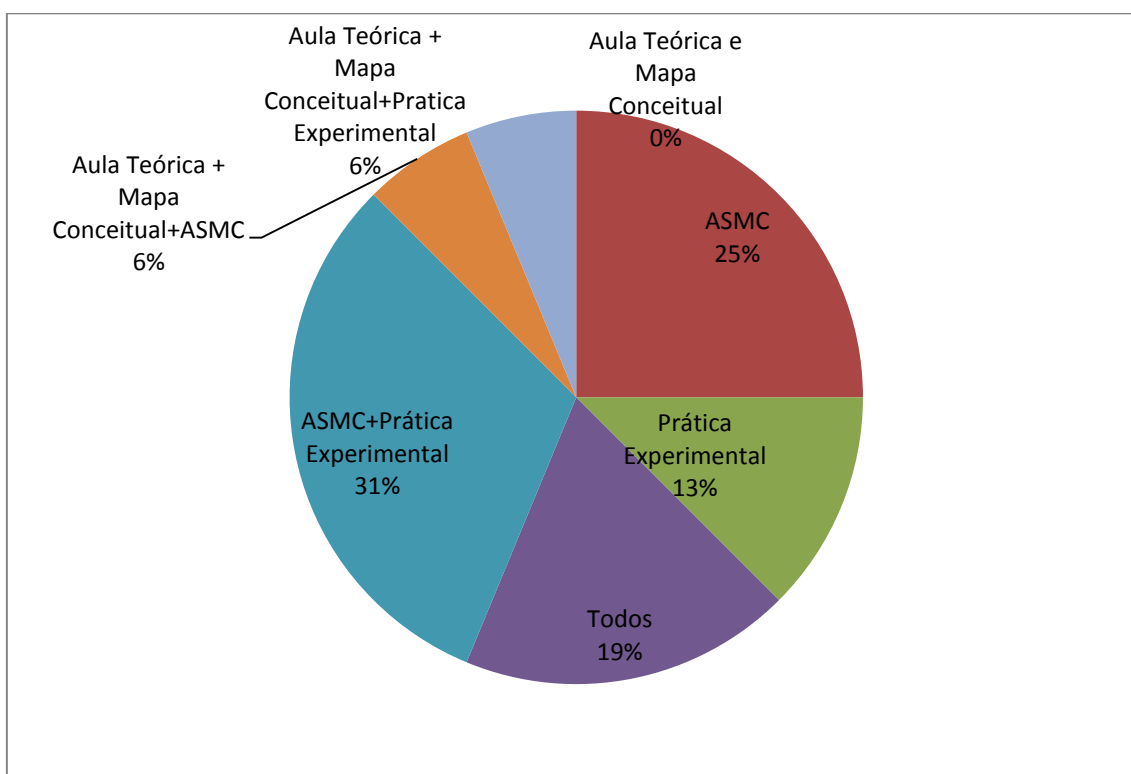
Com a estratégia de eventual escolha múltipla entre os itens de resposta da questão, seria possível investigar como os alunos poderiam apresentar diferentes formas de combinações de respostas para a mesma, e assim se poder realizar uma análise combinada de fatores, na forma de indícios preliminares. A respectiva questão 02 possuía o seguinte enunciado:

“02- Para você, na experiência pedagógica, o que mais colaborou para a sua aprendizagem?

- a) A aula teórica em conjunto com o mapa conceitual
- b) As atividades de simulação computacional
- c) O experimento
- d) Todas os itens anteriores
- e) Nenhuma dos itens anteriores”

O gráfico 8 a seguir apresenta um perfil das respostas da referida questão, especificando-se que o número total de respostas coletadas é maior do que o número de alunos, em função da eventual escolha de mais de um item pelos alunos:

Gráfico 8: Perfil de respostas atribuídas pelos alunos para a questão 02 do questionário de avaliação da prática pedagógica.



Numa primeira análise do gráfico 7 observa-se que os alunos apresentaram as seguintes combinações de respostas:

- b e c (31%), respectivamente os itens: “As atividades de simulação computacional” e “O experimento de bancada”.
- b (25%), respectivamente, “As atividades de simulação computacional”.
- d (19%), respectivamente, “(a) A aula teórica em conjunto com o mapa conceitual, (b) As atividades de simulação computacional e (c) O experimento de bancada”.
- a e b (6%), respectivamente os itens: “A aula teórica em conjunto com o mapa conceitual” e “As atividades de simulação computacional”.

- a e c (6%), respectivamente os itens: “A aula teórica em conjunto com o mapa conceitual” e “O experimento de bancada”.

Examinado a escolha de itens feitas pelos 16 alunos no gráfico 7, estatisticamente nota-se que, entre os 6 tipos de combinações formadas, a opção “b - atividades de simulação computacional” é a que mais se destaca: como única opção marcada, registrou 25% das escolhas efetivadas, seguindo-se das opções “d (19%) - que por sua vez, se reporta a escolha simultânea das opções a, b e c (aula aula teórica em conjunto com o mapa conceitual, atividades de simulação computacional e o experimento de bancada)” e “b (25%) atividade de simulação computacional”.

Ainda no tocante à opção b “atividade de simulação computacional”, se for contabilizado quantas vezes ela aparece, como pelo menos como uma das opções pertencente a cada item escolhido pelos alunos, excluindo-se a opção c, então a mesma acumula 62%. Similarmente, se o cálculo anterior for aplicado à opção c “experimento de bancada”, então a mesma acumula 50%.

Quanto à opção “a - aula teórica em conjunto com o mapa conceitual”, os alunos não a escolheram como opção única, contudo 19% das respostas (item d) indicam que os alunos terem selecionado simultaneamente “aula teórica em conjunto com o mapa conceitual (a) e atividades de simulação computacional (b) e o experimento de bancada” colaboraram para o desenvolvimento da aprendizagem, tal percepção instiga a se atribuir que há indícios preliminares que o encadeamento cronológico destas atividades pedagógicas, possa ter ocorrido, durante os momentos vivenciados colaborativamente pelos alunos, a formação de organizadores prévios em temas ligados a aprendizagem de circuitos elétricos (AUSUBEL, 2003; DORNELES; ARAUJO, VEIT, 2006, 2007; NOVAK, 2010; MIRAS, 2010).

A questão 03 do questionário de avaliação da prática pedagógica: “Apresente uma justificativa de sua resposta para o item anterior:” destinava-se a investigar de que forma, os recursos utilizados na citada prática, contribuíram para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, durante o andamento da prática pedagógica, procurando, dessa forma, justificar as respostas escolhidas pelos alunos na questão de número 02.

As tabelas 3a e 3b, a seguir, apresenta uma síntese preliminar das respostas dos alunos à questão 3 do questionário de avaliação da prática pedagógica, onde foi identificado um conjunto de 07 categorias de justificativa, partindo-se do uso da análise

textual discursiva, para obtenção das mesmas (MORAES, 2003; MORAES, GALIAZZI, 2011):

Tabela 3a: Categorias emergidas a partir de respostas que os alunos apresentaram para a questão 3 do questionário de avaliação da prática pedagógica.

Categorias de respostas	Descrição das categorias	Quantidade de respostas dos alunos relacionadas as categorias
As atividades de simulação computacional promoveram a interação e participação dos alunos (JF1)	Os alunos consideraram que as atividades de simulação computacional auxiliaram em sua aprendizagem por promover a interação entre os mesmos e o fenômeno físico em estudo, bem como promoveram a participação dos alunos durante a realização da prática pedagógica	02 (13%)
O experimento foi uma forma de praticar o que se aprendeu na teoria (JF3)	O aluno considerou que o experimento o auxiliou em sua aprendizagem, uma vez que foi um meio de colocar em prática o que foi estudado na teoria de circuitos elétricos de resistores.	01 (6%)
As atividades de simulação computacional supriram conhecimentos que ajudaram na execução do experimento de bancada (JF4)	O aluno considerou que a simulação o ajudou no desenvolvimento de sua aprendizagem, uma vez que o auxiliou a (re) significar conhecimentos teóricos, e também o auxiliou na execução do experimento de circuitos elétricos de resistores.	01 (6%)
Todas as práticas pedagógicas foram significativas para o	Alunos consideraram que todas as ações desenvolvidas durante a	02(13%)

desenvolvimento da aprendizagem (JF5)	prática pedagógica foram importantes para o desenvolvimento da aprendizagem colaborativa.	
---------------------------------------	---	--

Tabela 3b: Categorias emergidas a partir de respostas que os alunos apresentaram para a questão 3 do questionário de avaliação da prática pedagógica. (Continuação)

Categorias de respostas	Descrição das categorias	Quantidade de respostas dos alunos relacionadas as categorias
O experimento de bancada auxiliou a (re) significar a compreensão da teoria (JF6)	Aluno considerou que o experimento o ajudou em sua aprendizagem porque promoveu a consolidação da teoria de circuitos elétricos simples	01(6%)
Atividades de simulação computacional estimularam o raciocínio e a atenção dos alunos (JF7)	Aluno considerou que as atividades de simulação computacional o ajudaram em sua aprendizagem porque estimulou seu raciocínio e atenção no estudo dos circuitos elétricos simples	04(25%)

Realizando-se uma comparação preliminar entre os dados discutidos a partir do gráfico 7 e das tabelas 3a e b, elabora-se a seguinte argumentação:

Inicialmente, a partir do gráfico 8, observa-se que 31% das respostas dos alunos indicaram que as ASMC e a atividade experimental de bancada, foram as ações que mais contribuíram para a aprendizagem durante o desenvolvimento da prática pedagógica. Esta informação é um indício preliminar de que, para um terço dos alunos, as atividades de simulação e modelagem computacionais e a atividade experimental de bancada tiveram importância simultânea durante o processo de aprendizagem.

Um fato que também pode estar relacionado com a preferência dos alunos por ambas ASMC e atividade experimental de bancada é o surgimento da categoria JF4, intitulada: atividades de simulação computacional supriram conhecimentos que ajudaram na execução do experimento. Um exemplo que ilustra seu surgimento é o registro textual elaborado pelo ALUNO 6 para a questão 03 do questionário de avaliação da prática pedagógica:

ALUNO 6: “A simulação computacional foi a base para o que fazer no experimento por que a simulação me preparou para quando o experimento exigir um conhecimento geral”

A afirmação contida no respectivo registro textual do ALUNO 6, considerando que a simulação computacional foi: “ a base para o que fazer no experimento”, constitui um novo indício de que as ASMC promoveram a formação de organizadores prévios (AUSUBEL, 2003, NOVAK, 2010, MIRAS, 2010) os quais foram importantes para a execução da experimentação de bancada, concernente a associação de resistores elétricos. Tal indício preliminar reforça as conclusões obtidas com a análise da subclasse 1b da árvore de similaridade, onde já se tinha encontrado indícios de que, por meio das ASMCs, os alunos haviam desenvolvido organizadores prévios relativos à leitura e interpretação de medidas elétricas.

Portanto, o surgimento da categoria: “atividades de simulação computacional supriram conhecimentos que ajudaram na execução do experimento (categoria JF4 da tabela 3a)” é um indício de que a integração pedagógica das atividades de simulação e modelagem computacional e a atividade experimental de bancada exerceu um papel significativo no processo de aprendizagem dos alunos (CRUZ, 2012; FREITAS, 2007; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012, VALENTE, 2002).

Retornando ao gráfico 8, observa-se que 25% dos alunos informaram que as ASMC foram o recurso que mais contribuiu com a aprendizagem ao longo da prática pedagógica. Um fato que pode justificar esta informação é o surgimento da categoria JF1, da tabela 3a, intitulada: “atividades de simulação computacional promoveram a interação e participação dos alunos”. O registro textual da ALUNA 18 para a questão 03 é um exemplo que ilustra a formação de tal categoria:

ALUNA 18: *“Eu gostei da aula computacional porque nos interagimos bem, conseguimos fazer e teve uma boa participação”*.

No registro textual da ALUNA 18, a mesma relata que as ASMC (no caso, reportado pela aluna como aula computacional) tiveram importância para o desenvolvimento das atividades colaborativas, porque, segundo a mesma afirma, promoveram interação e participação durante a prática pedagógica. A opinião da respectiva aluna emerge um novo indício de que a prática pedagógica, por meio das atividades de simulação e modelagem computacionais, eventualmente auxiliou no desenvolvimento da aprendizagem do tópico circuitos elétricos simples, dentro de uma proposta interativa e colaborativa (MATUÍ, 2006; VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009).

Outro fato que pode correlacionar-se com a preferência de 25% dos alunos pelas ASMC é a categoria JF7, da tabela 3a, intitulada: “atividades de simulação computacional estimularam o raciocínio e a atenção dos alunos”. O registro textual da ALUNA 8, como resposta para a questão 03 do questionário de opinião, é um exemplo que ilustra o surgimento da respectiva categoria:

ALUNA 8: *“Porque foi divertida e ao mesmo tempo deu para entender certas coisas e exercita o raciocínio e atenção dos alunos”*.

Este registro textual elaborado pela ALUNA 8, é um indício preliminar de que as atividades pedagógicas de simulação e modelagem computacional desempenharam um papel lúdico no processo de aprendizagem, uma vez que a respectiva aluna afirma que tais atividades foram divertidas. Tomando como referência a aprendizagem significativa de Ausubel (2003), a ludicidade das ASMC pode ser entendida como um elemento de motivação, pois agrega prazer à aprendizagem. Outro indício de que as atividades de simulação computacional ASMC promoveram motivação para a aprendizagem é o fato de a aluna afirmar que as mesmas exercitaram sua atenção. Desse modo, este argumenta-se assemelha aos resultados das pesquisas de Rebello e Ramos (2009a, 2009b) e Werlang, Scheneider e Silveira (2008a, 2008b) sobre uso de simulações e animações computacionais no processo de motivação da aprendizagem de física.

Tomando por referência o gráfico 8, observa-se que 19% das respostas dos alunos informaram que todos os recursos (recursos refere-se as ações pedagógicas: aulas teóricas, mapas conceitual, ASMCs e atividade experimental de bancada, desenvolvidas ao longo da pesquisa de campo da presente dissertação) utilizados durante a prática pedagógica colaboraram de forma significativa com a aprendizagem dos mesmos, ao longo do desenvolvimento da prática pedagógica. Já 6% das respostas dos alunos afirmam que o conjunto aulas teóricas, mapa conceitual e ASMCs foram os que mais colaboraram com sua aprendizagem, e outros 6% das respostas dos alunos relataram que o conjunto de aulas teóricas, mapas conceitual e atividade experimental de bancada, foram os recursos mais contributivos para a sua aprendizagem.

Ao se analisar as respostas da questão 03, observou-se que a categoria que pode estar relacionada com as referidas informações é a JF 5, da tabela 3a, denominada: todos os recursos utilizados foram igualmente importantes. O surgimento da categoria JF 5 é ilustrada no relato elaborado pelo ALUNO 5, para a questão 3 do questionário de opinião da prática pedagógica (“apresente uma justificativa de sua resposta para o item anterior”):

ALUNO 5: *“Por que cada um teve uma parte na minha aprendizagem, mas a aula, a simulação e u experimento . todos me ajudaram”* (na linguagem coloquial do aluno, cada um se refere a todas as ações pedagógicas realizadas ao longo da pesquisa de campo da dissertação).

O respectivo registro textual do ALUNO 5, é um indício preliminar de que as ações desenvolvidas durante a prática pedagógica, numa proposta de aprendizagem significativa ausubeliana (AUSUBEL, 2003) e colaborativa (MATUÍ, 2006; VALENTE, 2003; VALENTE; BUSTAMANTE, 2009) se integraram mutuamente.

Observando-se novamente o gráfico 8, nota-se que 13% das respostas dos alunos consideraram que o a atividade experimental de bancada foi o recurso mais significativo para sua aprendizagem, ao longo da prática pedagógica. Esta informação pode ser correlacionada com a categoria JF3, da tabela 3a, denominada: experimento foi uma forma de praticar o que se aprendeu na teoria. Um exemplo que ilustra o surgimento da categoria JF3, da tabela 3a, é o registro textual que o ALUNO 9 elaborou para a questão 03 do questionário de opinião, relatando sobre a importância do experimento em seu processo de aprendizagem:

ALUNO 9: *“Por que o aluno aprende mais quando há aula prática pois o aluno pode por em prática o que aprendeu”*

A partir do respectivo registro textual do ALUNO 9, evidencia-se que a experimentação de bancada se configurou como elemento de facilitação da aprendizagem em termos ausubelianos, pois, para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa pode ser consolidada por meio da realização de exercícios e práticas. No respectivo registro textual, o ALUNO 9 questiona as possibilidades de se aprender (re) significando os conceitos na prática e vice-versa. Semelhante indício de que a atividade experimental de bancada exerceu o papel de recurso pedagógico para o desenvolvimento da aprendizagem de circuitos elétricos de resistores, havia sido revelado pela subclasse 2b da árvore de similaridade.

Outra categoria que pode justificar a preferência de 13% das respostas dos alunos pela atividade experimental de bancada é a JF6, da tabela 3b, intitulada: “experimento ajudou a ampliar a compreensão da teoria”. Um exemplo que ilustra esta categoria é o registro textual elaborado pela ALUNA 16, como resposta para a questão 03 do questionário de opinião da prática pedagógica:

ALUNA 16: *“Para mim a aula teórica foi o que me ajudou no aprendizado só que ainda houve algumas dúvidas que o experimento respondeu pra mim”* (em sua interlocução coloquial, “dúvidas que o experimento respondeu pra mim”, a aluna deseja afirmar que a experimentação de bancada operou como um mecanismo de (re) significação e maturação de conceitos não maturados previamente, podendo ser classificado como uma reconciliação integradora (AUSUBEL, 2003)).

No respectivo registro textual da ALUNA 16, percebem-se indicativos preliminares que a experimentação de bancada exerceu um papel facilitador, no que diz respeito ao desenvolvimento da aprendizagem do tópico associação de resistores elétricos, trabalhado por ocasião da atividade pedagógica aula teórica. Uma vez que a experimentação de bancada contribuiu para esclarecer dúvidas que a respectiva aluna possuía em relação ao referido tópico. Este papel complementar se deve ao fato de que a experimentação de bancada foi desenvolvida mediante uma situação-problema o que, segundo Moreira (2012), é uma importante estratégia de consolidação da aprendizagem significativa.

Sem perda de generalidade, como revelou a discussão da subclasse 1a da árvore de similaridade (aprendizagem colaborativa), o uso pedagógico da situação-problema da ordenação do brilho de lâmpadas (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, 2007), mostrou indícios de que ocorreu o desenvolvimento de um processo de aprendizagem significativa combinatória, uma vez que os alunos tentaram interpretar o problema do brilho das lâmpadas a partir dos conceitos de tensão e corrente elétricas, embora não tenham conseguido explicitar conceitualmente de forma mais clara, revelando dificuldades de aprendizagem.

A inter-relação entre as narrativas dos ALUNOS 09 e 16 apresentadas anteriormente revelam indícios complementares que a experiência pedagógica, através da atividade experimental de bancada, promoveu indícios de aprendizagem significativa, pois conseguiu estabelecer pontes entre teoria e prática, conforme as previsões teóricas de Seré, Coelho e Nunes (2003) e Coelho *et al* (2010), ajudando assim na consolidação da aprendizagem.

A questão 4 investigava quais as ações pedagógicas utilizadas na pesquisa, segundo as justificativas dos alunos, não colaboraram para a aprendizagem dos mesmos. A respectiva questão tinha o propósito dos alunos descreverem justificativas de escolha para os itens fornecidos na questão 02, cujo enunciado se segue:

“ 02 - Para você, na experiência pedagógica, o que mais colaborou para a sua aprendizagem?

- a) () A aula teórica em conjunto com o mapa conceitual
- b) () As atividades de simulação computacional
- c) () O experimento
- d) () Todas os itens anteriores
- e) () Nenhum dos itens anteriores”

A tabela 4, a seguir, apresenta uma síntese preliminar das respostas dos alunos à questão 4 do questionário de avaliação da prática pedagógica, onde, sem perda de generalidade, foi identificado um conjunto de 05 categorias de justificativas, partindo-se, novamente, do uso da análise textual discursiva, para obtenção das mesmas (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011):

Tabela 4: Categorias de respostas que os alunos apresentaram para a questão 4 do questionário de avaliação da prática pedagógica

Categorias de respostas	Descrição das categorias	Quantidade de respostas dos alunos relacionadas às categorias
Aulas teóricas em conjunto com o mapa não ajudaram na compreensão do conteúdo (JN01)	Alunos consideraram que o conjunto aulas teóricas e mapa conceitual não ajudaram no desenvolvimento da aprendizagem	06 (38%)
Não haver realizado as simulações (JN02)	O aluno justificou que não haver realizado as atividades pedagógicas de simulação computacional prejudicou sua aprendizagem	01 (6%)
O experimento não foi bem compreendido (JN03)	Os alunos consideraram que não ter compreendido a atividade experimental de bancada prejudicou o desenvolvimento da aprendizagem	02 (13%)
A aula teórica foi pouco compreendida (JN04)	Os alunos afirmaram que as aulas teóricas prejudicaram a aprendizagem porque promoveram limitada assimilação da teoria de associação de resistores elétricos	02 (13%)
A aula teórica foi desmotivante (JN05)	Alunos consideraram que a aula teórica não promoveram motivação para a aprendizagem de circuitos elétricos de resistores	02 (13%)

Ressalta-se que para elaborar algumas categorias de respostas, utilizam-se, complementarmente algumas informações adicionais, coletadas durante as fases 1

(sondagem de conhecimentos prévios concernentes a resistores e suas associações) e 2 (construção e consolidação de conhecimentos relativos a associação de resistores elétricos), bem como reflexões pessoais elaboradas pelo pesquisador e alguns dados contidos no gráfico 7.

Buscando inter-relacionar a análise da questão 2, as informações adicionais supracitas e a tabela 4, compõe-se a seguinte argumentação:

Inicialmente, a partir dos perfis de respostas atribuídas pelos alunos à questão 2, contidos no gráfico 8, observa-se que 19% das respostas afirmam que todas as ações pedagógicas foram simultaneamente importantes para a aprendizagem, enquanto 6% das respostas relatam que o conjunto aulas teóricas, mapa conceitual e ASMC foram os mais significativos para a aprendizagem, enquanto que outros 6% da respostas indicam que o conjunto aulas teóricas, mapa conceitual e atividade experimental de bancada como os mais importantes para a aprendizagem durante o desenvolvimento da prática pedagógica. A partir destes dados, há indícios que, isoladamente, as aulas teóricas e mapa conceitual tenham desempenhado um papel menos relevante na aprendizagem dos alunos.

Um fato que corrobora com o respectivo indício é o surgimento da categoria JN01, contida na tabela 4, intitulada: aula teórica em conjunto com o mapa não ajudaram na compreensão do conteúdo, que corresponde a 38% das respostas dos alunos para a questão 04 do questionário de avaliação da prática pedagógica. O registro textual da ALUNA 19 para a respectiva questão 4, serve como ilustração da referida categoria:

ALUNA 19: *“A aula teórica em conjunto com o mapa não ajudou na aprendizagem”*

As razões que eventualmente podem estar associadas à pequena contribuição das aulas teóricas e mapa conceitual no processo de aprendizagem são as seguintes: Em primeiro lugar, o Professor-Pesquisador constatou que a simples apresentação e discussão do mapa conceitual, o qual correspondia a uma síntese do tema associação de resistores elétricos, com os alunos foi uma ação pouco eficaz para a aprendizagem, uma vez que os mesmos, em sua maioria, demonstraram não ter compreendido bem no mapa conceitual o significado dos conceitos de eletricidades vinculados ao estudo de associação de resistores elétrico, durante o momento de

discussão do mesmo. Provavelmente tais dificuldades de aprendizagem, observadas junto aos alunos, possam estar relacionada ao fato de que o mesmo não foi construído colaborativamente, mas apenas apresentado e discutido (MOREIRA, 2012; NOVAK, 2010).

Em segundo lugar, no que diz respeito às aulas teóricas, supõe-se, numa visão preliminar, que sua limitada contribuição para o processo de aprendizagem durante a prática pedagógica, deva-se ao fato que, durante as etapas em que se desenvolveu a aprendizagem dos conceitos e ideias relativos ao tópico associação de resistores elétricos, houve alguns momentos em que estes respectivos conceitos e idéias revelaram-se abstratos, dificultando assim seu processo de assimilação pelos alunos (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010). Para minimizar tais limitações dos alunos, as aulas teóricas deveriam ser re-planejadas e integradas junto às demais ações pedagógicas desenvolvidas ao longo da pesquisa de campo.

Um fato que confirma a necessidade de tal integração é o surgimento da categoria JN04, denominada: aula teórica foi pouco compreendida. O registro textual da ALUNA 18, apresentado na questão 4 do questionário de avaliação da prática pedagógica é um exemplo da referida categoria :

ALUNA 18: “A aula teórica, porque não dava pra assimilar muito, ficou melhor depois da prática”

Ainda com respeito às aulas teóricas, o fato das mesmas terem contribuído de forma limitada para a aprendizagem, de acordo com 13% das respostas dos alunos, deve-se à desmotivação que as mesmas produziram à aprendizagem, o que corresponde a categoria JN05 da tabela 4, intitulada: aula teórica foi desmotivante. Um exemplo da mesma é o registro textual elaborado pela ALUNA 8 para a questão 4 do questionário de avaliação da prática pedagógica:

ALUNA 8: “A aula teórica, porque foi itediante”

Retornando a tabela 4, identifica-se que outro fator de dificuldade para a aprendizagem dos alunos, durante o desenvolvimento da prática pedagógica, foi a limitada compreensão da atividade experimental de bancada, o qual corresponde a categoria JN03, e que está corresponde a 13% das respostas dos alunos. O registro

textual da ALUNA 2, para a questão 04 do questionário de avaliação da prática pedagógica, é um exemplo do surgimento da respectiva categoria:

ALUNA 2: “O experimento porque não consegui entender nada por falta de explicação. Deve explicar com mais clareza”

Tomando como referência o relato da ALUNA 2, pressupõe-se que os fatores que tenham prejudicado a compreensão do experimento são: a necessidade de uma melhor estruturação da etapa de pré-laboratório, para se discutir e revisar colaborativamente, de forma mais significativa, conceitos de eletricidade relacionados com o problema experimental; também uma melhor estruturação da fase pós-laboratório, correspondente a análise e discussão do resultados obtidos com o experimento, por meio da proposição de perguntas que ajudariam o desenvolvimento de uma melhor compreensão do experimento proposto (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010).

Por último, retornando novamente a tabela 4, identifica-se que outro fator prejudicial para a aprendizagem dos alunos durante a prática pedagógica foi a não realização das atividades de simulação e modelagem computacionais (ASMC), correspondente à categoria JN02, e presente em 6% das respostas dos alunos. De fato, ao se analisar os roteiros das atividades pedagógicas de simulação e modelagem computacional **ASMC 2.2.1** (estudo de circuito de resistores em série) e **ASMC 2.2.2** (estudo de circuito de resistores em paralelo), constatou-se que, dos 22 alunos participantes da prática pedagógica, apenas 15 realizaram as respectivas atividades, enquanto que 07 alunos não compareceram às mesmas. Não há possibilidade de enumerar evidências do porque tais alunos não realizaram as citadas atividades de simulação e modelagem computacional, contudo tal procedimento pode estar eventualmente associado a dificuldades de aprendizagem.

Para se finalizar a análise da fase 3 da prática pedagógica, avaliação dos alunos da prática pedagógica, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos, por meio do quadro 6 a seguir:

Quadro 6: Síntese da análise da fase 3 da prática pedagógica

Para os alunos, as ações mais significativas para a aprendizagem ao longo da prática pedagógica foram: as atividades de simulação e modelagem computacional, uma vez que revelaram indícios preliminares de: formação de organizadores prévios de conceitos de eletricidade relativos a circuitos elétricos simples, desenvolveram um processo de aprendizagem por meio da construção colaborativa de conhecimentos, e desenvolvimento da aprendizagem de maneira divertida. A experimentação de bancada auxiliou na consolidação da aprendizagem, através da formação de pontes entre teoria e prática de circuitos elétricos de resistores.

Para os alunos, as ações menos significativas para a sua aprendizagem, ao longo da prática pedagógica foram: as aulas teóricas, uma vez que apresentaram limitada compreensão da teoria de resistores elétricos e desmotivaram a aprendizagem, e o mapa conceitual, pois os alunos apresentaram dificuldades em compreender os conceitos relacionados com os circuitos de resistores elétricos.

Concluindo o capítulo 3, resultados e discussão, dentro de uma perspectiva qualitativa com base na análise textual discursiva (GOES, 2012; MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011) e da análise qualitativa de dados multidimensionais (ALMEIDA, 2000; ALMEIDA, 2008; ALMOULOU, 2008; CANALES, 2007; GOES, 2012; PRADO, 2003; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a, RIBEIRO *et al*, 2011), a análise qualitativa dos resultados de campo da pesquisa pode se constituir num processo que está continuamente em fase de construção, à medida que o investigador intencione retomá-la, sendo possível realizar ciclos envolvendo as etapas de unitarização, categorização e elaboração de metatexto, de onde surgirão novas compreensões da pesquisa, em função dos dados de campo analisados.

Adicionalmente, a metodologia de análise qualitativa de dados multidimensionais empregada na análise de dados ao longo desta pesquisa, em virtude da complexidade das relações que apresentam as categorias identificadas, tomadas em função das falas transcritas de áudio e registros textuais dos alunos, pode ser considerada como **algo em contínuo processo de transformação, à medida que puder ser analisado por outros pesquisadores.**

Numa perspectiva da pluralidade metodológica (FERRAZ; TERRAZZAN, 2003) e em virtude de eventuais possibilidades de elaboração da análise qualitativa de dados multidimensionais, vislumbradas pelas técnicas empregadas ao longo desta dissertação, o pesquisador precisa estabelecer um ponto de corte, de modo a finalizar seu processo de análise e discussão de seus resultados, algo que pode gerar dúvidas e

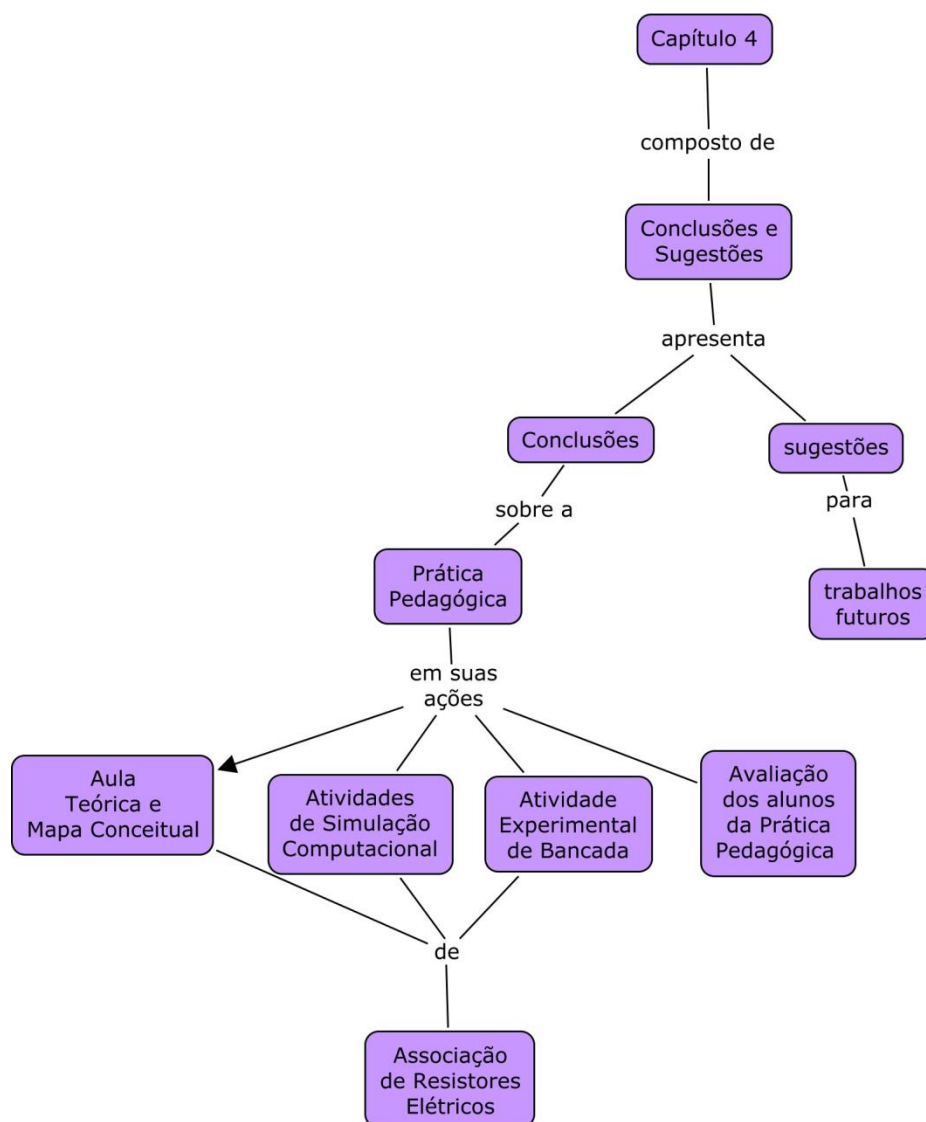
incertezas no mesmo (GOES, 2012; MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011). Deste cenário, a partir das argumentações maturadas ao longo capítulo, considera-se temporariamente concluída o processo de análise de dados da pesquisa.

No capítulo 4, a seguir, apresentam-se as conclusões e sugestões da presente pesquisa.

4- CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A figura 4.1 a seguir, apresenta um mapa conceitual representando a estrutura do capítulo 4, referente às conclusões e sugestões concernentes à presente pesquisa:

Figura 4.1: mapa conceitual apresentando as estrutura do capítulo 4 relativo às conclusões e sugestões da pesquisa.



A partir da maturação do referencial teórico, desenvolvimento das fases e ações pedagógicas vivenciadas de forma predominantemente colaborativa na pesquisa de campo e da análise e discussão dos resultados de campo obtidos na presente, o presente Professor-Pesquisador percorreu e maturou uma trajetória de mudança de visão pedagógica, no tocante a concepção e exercício da ação docente, destacando-se o desenvolvimento construtivista do processo de ensino-aprendizagem colaborativo (MATUÍ, 2006; VALENTE, 2003; VALENTE, BUSTAMANTE, 2009), com destaque para a integração de atividades em sala de aula, combinando o uso de recursos como experimentação em bancada e softwares de simulação e modelagens computacionais de circuitos de resistores elétricos (HEIDEMANN; ARAÚJO; VEIT, 2010; TEIXEIRA (2005) *apud* TEIXEIRA, 2008; RIBEIRO *et al* 2008a; RIBEIRO *et al*, 2011; RIBEIRO, 2012).

Destaca-se também que, durante o andamento das atividades da pesquisa de campo, além de se observar indícios do desenvolvimento de atividades predominantemente colaborativas, minoritariamente houve a identificação de traços de desenvolvimento de atividades na forma cooperativa (TORRES, ALCANTARA, IRALA, 2004).

O Professor-Pesquisador desenvolveu reflexões e novas compreensões de como utilizar os respectivos recursos, de modo a lidar com dificuldades encontradas pelos alunos, para facilitar, motivar e promover a aprendizagem de Física, dentro de uma proposta pedagógica embasada na teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010), da Aprendizagem Colaborativa (MATUÍ, 2006; VALENTE, 2003; VALENTE, BUSTAMANTE, 2009) e do construcionismo (VALENTE, 2002).

Na etapa preliminar, relativa à análise dos resultados da sondagem de conhecimentos prévios dos alunos concernentes a circuitos elétricos de resistores (fase 1 da prática pedagógica), evidenciaram-se deficiências de aprendizagem relativas aos conceitos de corrente, tensão e resistência elétricas e associação de resistências elétricas.

Durante o desenvolvimento da pesquisa de campo, detectaram-se indícios preliminares que as aulas teóricas de física desenvolvidas, na escola pesquisada, foram insuficientes para a construção de conceitos relativos ao tópico circuitos elétricos de resistores, uma vez que foi possível detectar dificuldades de aprendizagem bem como limitadas compreensões de conceitos concernentes ao respectivo tópico.

Nesta pesquisa, intencionou-se desenvolver ações que pudessem suprir algumas das dificuldades de aprendizagem detectadas, com ênfase na formação de conhecimentos prévios relacionados ao conteúdo em estudo, principalmente num adequado emprego da lei de Ohm e propriedades das associações em série e em paralelo de resistores. Para tal, desenvolveram-se ações procurando integrar: aulas teóricas, atividades de simulação e modelagem computacional e atividade experimental de bancada, relativas ao tópico circuitos elétricos de resistores.

Para compreender como o conjunto de ações desenvolvidas na pesquisa contribuiu com a aprendizagem do tópico circuitos elétricos de resistores, os dados de campo, produzidos durante o desenvolvimento das atividades pedagógicas de simulação e modelagem computacional, utilizando os *software PhET e Crocodile*, atividade experimental de bancada e avaliação da prática pedagógica, coletados na forma de registros textuais em roteiros e questionários e narrativas dos alunos gravadas em áudio, foram submetidos às técnicas da análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011) para se elencar categorias dedutivas e indutivas, e da análise qualitativa de dados multidimensionais, por meio do software *CHIC* (ALMEIDA, 2008; GÓES, 2012; PRADO, 2003; PRADO, 2008) visando-se investigar inter-relações de ordem sistêmica, hierárquica entre as categorias.

A partir dos dados tratados pelo software *CHIC*, por meio da interpretação dos nós de similaridade formados pelas categorias, evidenciou-se o seguinte:

- A colaboração e cooperação alunos-Professor-Pesquisador constituiu um fator que favoreceu o desenvolvimento da aprendizagem significativa de circuitos elétricos de resistores;
- Atividades pedagógicas de Simulação e Modelagem Computacionais (**ASMCs**), desenvolvidas com o auxílio dos *software PhET e Crocodile*, constituíram-se ferramentas de auxílio ao desenvolvimento da aprendizagem de circuitos de resistores elétricos, uma vez que: possibilitam aprendizagem por descoberta; ajudam na formação de organizadores prévios para a inter-relacionar e (re) significar conceitos de eletricidade, bem como leitura e interpretação de medidas elétricas e estudo da simulação de circuitos de resistores elétricos;
- Atividade Experimentação de Bancada auxiliou o processo de aprendizagem de circuitos elétricos de resistores em: desenvolver habilidades de medição elétrica por meio de uso do multímetro; promover pontes entre teoria e prática, por meio

da capacidade de realizar a leitura e interpretação de medida de grandezas elétricas, auxiliando na facilitação da aprendizagem;

- Integração entre em atividades de simulação e modelagem computacional e experimentação de bancada promoveu a (re) significação e reelaboração de conhecimentos prévios dos alunos, no tocante ao estudo de circuitos elétricos de resistores, auxiliando a aprendizagem significativa do respectivo tópico. Apesar disto, os alunos ainda demonstraram possuir dificuldades de aprendizagem, uma vez que não conseguiam expressar suas concepções e argumentações, se apropriando corretamente dos conceitos de eletricidade;
- Nas atividades de Simulação e Modelagem Computacional e Experimentação de Bancada, foi possível se evidenciar sinais preliminares da formação de espirais de aprendizagem (VALENTE, 2002).

Adicionalmente, através da análise textual discursiva do conjunto de respostas fornecidas pelos alunos ao questionário de avaliação da prática pedagógica, identificou-se:

- Indícios de que as atividades de simulação e modelagem computacionais **ASMC 2.2.1** e **2.2.2** auxiliaram a aprendizagem dos circuitos elétricos de resistores, uma vez promoveram a formação de organizadores prévios (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010) relativos a conceitos de eletricidade, e o desenvolvimento da aprendizagem de maneira divertida e colaborativa;
- Sinais de que a atividade experimental de bancada serviu como um recurso de consolidação da aprendizagem (AUSUBEL, 2003; NOVAK, 2010), uma vez que promoveu pontes entre teoria e prática de circuitos elétricos de resistores;
- Vestígios preliminares de que a integração entre atividades de simulação e modelagem computacional e atividade experimental de bancada exerceu importante papel na aprendizagem dos alunos;
- Indícios de que as ações referentes às aulas teóricas e mapa conceitual contribuíram de forma minoritária para a aprendizagem dos circuitos elétricos de resistores, uma vez que promoveram limitada compreensão da teoria e desmotivaram a aprendizagem.

Finalmente, em síntese, conclui-se da investigação realizada que os objetivos da dissertação foram atingidos, destacando-se:

- Mapeamento dos conhecimentos prévios, bem como identificação de algumas dificuldades de aprendizagem que os alunos possuíam quanto ao tópico circuitos elétricos de resistores;
- Desenvolvimento de situações de aprendizagem, por meio da integração entre aulas teóricas, atividades de simulação e modelagem computacional e atividade colaborativa experimental de bancada, relativo a circuitos elétricos de resistores;
- Mapeamento cognitivo (OKADA, 2008) dos dados obtidos com a pesquisa, por meio das técnicas de: análise textual discursiva (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011) com a identificação de unidades de análise e elaboração de categorias; da análise qualitativa de dados multidimensionais (ALMEIDA, 2000; ALMEIDA, 2008; ALMOULOU, 2008; CANALES, 2007; GOES, 2012; PRADO, 2003; PRADO, 2008; RIBEIRO *et al*, 2008a; RIBEIRO *et al*, 2011) que permitiu investigar inter-relações existentes entre as categorias elencadas.

Adicionalmente, a partir da análise dos resultados obtidos, foi possível identificar os seguintes indícios de limitações nas ações da presente da pesquisa:

- No tocante às repostas dos alunos ao questionário de conhecimentos prévios, no que diz respeito às dificuldades de aprendizagem relativas aos conceitos de corrente, tensão e resistência elétricas, as questões elaboradas para tal fim, revelaram-se de limitada abrangência conceitual. Havia necessidade, ilustrando, de ser ter explorado questões mais específicas envolvendo o conceito de potência elétrica e conhecimentos e habilidades para o uso de instrumentos de medição de grandezas;
- Quanto ao uso pedagógico do mapa conceitual para auxiliar a aprendizagem dos circuitos elétricos simples, este se revelou de pouca eficiência, uma vez que não fora compreendido pelos alunos;
- Quanto às atividades de simulação e modelagem computacional, os alunos apresentaram dificuldades para montar, simular circuitos e realizar medições de grandezas elétricas em circuitos de resistores mistos, por meio do uso do

software PhET, o que comprometeu o desenvolvimento da atividade de simulação e modelagem **ASMC 2.2.2**;

- Quanto à experimentação de bancada relativa aos circuitos de resistores elétricos mistos, a mesma limitou-se a descrição de fenômenos de modo pouco fundamentado na teoria, o que evidenciou surgimento de dificuldades de aprendizagem (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006)

Com base nas limitações acima relatadas, sugerem-se para futuras investigações:

- Fazer um diagnóstico mais abrangente das dificuldades de aprendizagem relativas aos circuitos elétricos simples, bem como desenvolver ações colaborativas e cooperativas que possam minimizá-las, de modo que se promova com maior embasamento teórico e metodológico a aprendizagem significativa;
- Incorporar as ações realizadas nesta experiência pedagógica na prática dos professores de física, quando estes desenvolverem o tópico associação de resistores elétricos;
- Explorar, de forma mais contextualizada e durante o desenvolvimento das atividades pedagógicas, a construção colaborativa de mapas conceituais, no tocante ao tópico circuitos elétricos, de modo que se torne uma estratégia facilitadora da aprendizagem significativa.

Num cenário mais geral da educação científica, sua relação com os aspectos sociais e de políticas públicas educacionais e como ponto de reflexão para futuras pesquisas, como foi argumentado no início da dissertação, uma das vias necessárias para melhorar os índices sociais de uma nação, expresso por meio de seu IDH é promover uma educação de qualidade. No caso do Brasil, a qualidade da educação, como revelam as edições do exame PISA, é um dos desafios que precisa ser enfrentado para que se possam promover maiores avanços na área social.

Segundo o exame PISA, uma das áreas mais deficitárias da educação brasileira é a científica. Portanto, há a necessidade de reformular a formação de professores de Ciências e as práticas pedagógicas científicas, no intuito de erradicar os

problemas de aprendizagem que a referida área apresenta, tendo em vista melhorar a qualidade da educação do Brasil.

Finalizando, como sugestões para investigações complementares, no que concerne a educação científica, é possível questionar o papel das políticas públicas, quanto aos aspectos da formação de professores e a realidade brasileira na avaliação do PISA e IDH: porque as marcantes diferenças entre nós e, ilustrado, a Coreia do Sul? Há questões culturais envolvidas? Nosso baixo desempenho no PISA é algo endógeno à realidade cultural e educacional brasileira?

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. E. B. **O computador na escola: contextualizando a formação de professores.** São Paulo, 2000. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

ALMEIDA, M.E. B. Mapeando percepções docentes no *CHIC* para análise da prática pedagógica. In OKADA, A. L. P. (org.). **Cartografia cognitiva: mapas do conhecimento para pesquisa, aprendizagem e formação docente.** Cuiabá: KCM Editora, 2008, Cap. 19, p. 325-338.

ALMEIDA, M. E. B.; VALENTE, J. A. **Tecnologias e currículo: trajetórias convergentes ou divergentes?** São Paulo: Editora Paulus, 2011.

ALMOULOUD, S. A. Análise e mapeamento estatístico de fenômenos didáticos com *CHIC*. In OKADA, A. L. P. (org.). **Cartografia cognitiva: mapas do conhecimento para pesquisa, aprendizagem e formação docente.** Cuiabá: KCM Editora, 2008, Cap. 18, p. 303-324.

ANDRADE, M. A.; COSTA, S. S. C. **O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio.** Experiências em Ensino de Ciências, v 1, n 2, p 18-29, 2006.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. **Atividades de modelagem computacional no auxílio a interpretação de gráficos de cinemática.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v 26, n 2, p 179-184, 2004.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view.** New York. USA: Ed. Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa com a Prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Cap. 2, p 19-33.

BAROLLI, E; FRANZONI, M. **Convites docentes num laboratório didático de física.** In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9, Jaboticatubas, 2004. Anais eletrônicos, Jaboticatubas, 2004. Disponível em:

<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/comunicacoes/co24-2.pdf>>.
Acesso em: 23 de Junho de 2011.

_____. **Efeitos de intervenções docentes na condução de uma atividade experimental em um laboratório didático de física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 1: p. 35-54, 2008.

BAROLLI, E. ; VILLANI, A. **Laboratório Didático e Subjetividade.** Investigações em Ensino de Ciências, v 3, n 3, p 145-164, 1998.

BARROQUEIRO, C.H.; BONICI, R.; CABRAL DE MELO, J. P. B.; AMARAL, L. H.; ARAÚJO JÚNIOR, C. F. **O Uso das tecnologias de informação e comunicação no ensino de ciências e matemática: uma benção ou um problema?** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis. Anais eletrônicos, Florianópolis, UFSC, 2009. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viipec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/95.pdf>>. Acesso em: 10 de Junho de 2011.

BIASOTTO, J. E; CARVALHO, A. M. P. **Análise de uma atividade experimental que desenvolva a argumentação dos alunos.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. Anais eletrônicos: Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/viempec/CR2/p897.pdf>> Acesso em: 12 de Julho de 2011.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação.** Porto: (Portugal), Porto Editora, 1994.

BORGES, A.T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3: p. 291-313, 2002.

BORGES, M. A. F. **Apropriação das tecnologias de informação e comunicação pelos gestores educacionais.** São Paulo, 2009. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

BORGES NETO, H.; CAPELO BORGES, S. M. **O papel da informática educativa no desenvolvimento do raciocínio lógico.** Disponível em: <http://www.multimeios.ufc.br/arquivos/pc/pre-print/O_papel_da_Informatica.pdf>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2012.

BORRAGINI, E. F.; KREY, I; MARIANI, M ; RABAIOLLI, G. L. **Investigação e desenvolvimento de estratégias experimentais para a evolução conceitual em ensino de física.**In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9, Jaboticatubas, 2004. Anais eletrônicos, Jaboticatubas, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/atas/comunicacoes/co34-3.pdf>>. Acesso em: 15 de Agosto de 2011.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). **PCN + Ensino médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/ SEMTEC, 2002.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D; CARVALHO, A. M. P; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências.** São Paulo: Cortez Editora, 2005.

CANALES, G. E. A. **Formação de professores presencial-virtual: lógica concêntrica no desenvolvimento profissional e humano, trajetória pessoal, profissional e interdisciplinar do professor.** Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2007.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. **Aspectos da cultura científica numa atividade de laboratório aberto de física.**In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9, Jaboticatubas, 2004. Anais eletrônicos, Jaboticatubas, 2004. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/atas/comunicacoes/co33-2.pdf>>. Acesso em: 15 de Agosto de 2011.

CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa com a Prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. **Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações- coleção questões da nossa época.** São Paulo: Cortez, 2006.

CARRASCOSA, J.; GIL-PEREZ, D.; VILCHES, A.; VALDÉS, P. **Papel de la Actividad Experimental en la Educacion Científica.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v 23, n 2: p 157-181, 2006.

CARMO FILHO, G. P. **Um ambiente computacional de aprendizagem para métodos de resolução de equações diferenciais parciais,** Fortaleza, 2006. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Teleinformática, Universidade Federal do Ceará.

CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. **Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física.** *Ciência & Educação*, v. 15, n. 1, p. 61-84, 2009.

COELHO, S. M.; TIMM, R. M. B.; SANTOS, J. M. **Educar pela pesquisa: uma experiência investigativa no ensino e aprendizagem de física.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. 3: p. 549-567, 2010.

COSTA, M. J. N. **Fatores que dificultam a resolução de problemas em Física: um estudo na E.E.M. Liceu do Conjunto Ceará.** Fortaleza, 2006. Monografia de Especialização. Curso de Especialização em Didática, Universidade Estadual do Ceará.

COSTA, M. J.; RIBEIRO, J.; LIMA, L. **Situações de aprendizagem ausubeliana em física utilizando TDIC: relato de ação pedagógica em uma escola pública.** In: Seminário WebCurrículo, 3, 2012, São Paulo. *Anais*, São Paulo: PUCSP, 2012, p 858.

COUTO, F.P.; AGUIAR JÚNIOR, O. **Sustentando o interesse e o engajamento dos estudantes: análise do discurso em atividade demonstrativa de física.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis. *Anais eletrônicos*, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/1476.pdf>> Acesso em 23 de Julho de 2011.

CRUZ, J. T. **Uso pedagógico de software educativo e práticas experimentais de química para facilitar a aprendizagem significativa e colaborativa.** Fortaleza, 2012. Dissertação de Mestrado. Mestrado Profissional de Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará.

DORNELES, P. F. T.; ARAÚJO, I.S.; VEIT, E.A. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio a aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v 28, n 4, p 487-496, 2006.

Integração entre atividades computacionais e experimentais: um estudo exploratório no ensino de circuitos cc e ca em física geral. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. *Anais eletrônicos*, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/viempec/CR2/p364.pdf>> Acesso em: 04 de Julho de 2011.

FERRAZ, D.F.; TERRAZZAN, E.A. **Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação?** *Ciência e Educação*, v.9, n2, p. 213-227, 2003.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n 3, Setembro, 2003.

FREITAS, D. B. **Formação do professor de Física do ensino médio: motivando a aprendizagem significativa via uso do laboratório de experimentação e ambiente virtual de aprendizagem.** Fortaleza, 2007. Monografia de Especialização. Curso de Especialização em Ensino e Prática de Física, UFC.

GADEÁ, S. J. S; DORN, R. C. **Alfabetização científica: pensando na aprendizagem de ciências nas séries iniciais através de atividades experimentais.** Experiências em Ensino de Ciências, v6, n1, p. 113-131, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** São Paulo: Atlas, 1999.

_____ **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2008.

GÓES, U. T. T. **Mapeamento cognitivo da aprendizagem telecolaborativa de professores de ciências e matemática em formação: análise de narrativas tecidas em fóruns de discussão,** Fortaleza, 2012. Dissertação de Mestrado, Mestrado Profissional de Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará.

GOWIN, D.B. **Educating.** Ithaca, New York: Cornell University Press, 1981.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. **Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de licenciatura em Física da Unesp-Bauru.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v 26, n 3, p 251-256, 2004.

HEIDEMANN, L. A.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Atividades experimentais, computacionais e sua integração: crenças e atitudes de professores no contexto de um mestrado profissional.** In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 12, 2010, Águas de Lindóia. Anais eletrônicos, Águas de Lindóia: Hotel Majestic, 2010. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xii/sys/resumos/T0020-1.pdf>> Acesso em: 03 de Agosto de 2011.

KAPLAN, B; DUCHON, D. **Combining qualitative and quantitative methods in information systems research: a case study.** MIS Quarterly, v. 12, n. 4, p. 571-586, Dec. 1988.

LABURÚ, C. E. **Fundamentos para um experimento cativante.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 3: p. 382-404, 2006.

LIMA, G. S.; RABONI, P. C. A. **Análise de interações dialógicas em aulas de física motivadas pelo uso de atividades práticas.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. Anais eletrônicos: Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/viempec/CR2/p339.pdf>> Acesso em: 13 de Julho de 2011.

LIMA, L.; MARTINS, D. G.; SANTOS, M. J. C.; RIBEIRO, J. W.; LIMA, I. P.; VASCONCELOS, F. H. L. **Aspectos pedagógicos da aprendizagem significativa e TIC na formação de professores de ciências.** In: Congresso Tecnológico Infobrasil TI & Telecom, 3., 2010, Fortaleza. Anais eletrônicos, Fortaleza: Centro de Negócios do SEBRAE/Ce, 2010. Disponível em: <<http://www.infobrasil.inf.br/userfiles/27-05-S1-1-67875-Aspectos%20Pedagogicos.pdf>>. Acesso em: 20 de Junho de 2011.

MARINELLI, F.; PACCA, J. L. A. **Uma interpretação para as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no laboratório didático de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 497-505, 2006a.

MARTINS, D. G. **Formação Semipresencial de Professores Utilizando Mapas Conceituais e Ambiente Virtual de Aprendizagem,** Fortaleza, 2009. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós- Graduação em Educação, Universidade Federal do Ceará.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise.** São Paulo: Atlas, 1994.

MATUI, J. **Construtivismo: teoria construtivista sócio-histórica aplicada ao ensino.** Editora Moderna, 2006.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física,** vol3. São Paulo: Scipione, 2008

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MENCK, C. F. M.; VENTURA, A. M. **Manipulando genes em busca de cura: o futuro da terapia gênica.** Revista USP, n 75, p 50-61, setembro/novembro, 2007.

MIRAS, M. Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In COLL, C. et. al. **O construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Editora Ática, 2010, Cap. 3, p. 57-77.

MONTEIRO, M.A. A.; MONTEIRO, I. C. C.; VILLANI, A; GASPAR, A. **Motivação e interação social: o discurso do professor em uma atividade de demonstração**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. Anais eletrônicos, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/viempec/CR2/p512.pdf>> Acesso em 12 de Julho de 2011.

MORAES, R. **Uma tempestade de luz: A compreensão possibilitada pela análise textual discursiva**. Ciência e Educação, v9, n 2, p 191-211, 2003.

MORAES, R; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces**. Ciência & Educação, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

_____ **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2011.

MORAES, M. C.; VALENTE, J. A. **Como pesquisar em educação a partir da complexidade e da transdisciplinaridade?** São Paulo: Paulus, 2008.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Cadernos de Aplicação, v 11, n2, p 143-156, 1998.

_____ **Aprendizagem Significativa**. Brasília: UNB, 1999.

MORIN, A. **Pesquisa-Ação Integral e Sistêmica: uma antropopedagogia renovada**. Rio de Janeiro: DP & A Editora, 2004.

NOVAK, J. D. **Understanding the learning process and effectiveness of teaching methods in the classroom, laboratory and field**. Science Education, p. 493-512, 1976.

_____ **Learning, creating and using knowlwdge: concept maps as facilitative tools in Schools and Corporations**. Routledge. New York and London. 2010.

OKADA, A. L. P. (org.). **Cartografia cognitiva: mapas do conhecimento para pesquisa, aprendizagem e formação docente**. Cuiabá: KCM Editora, 2008.

PEREIRA, M. V.; BARROS, S. S. **Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 4, 4401, 2010.

PERKINS, K; ADAMS, W; DUBSON, M; FINKELSTEIN, N; REID, S.; WIEMAN, C.; LEMASTER, R. **PhET: Interactive Simulation for Teaching and Learning Physics.** The Physics Teacher, v 44, p 18-23, 2006.

PIAGET, J. **A Equilíbrio das Estruturas Cognitivas.** Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G.. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiando ao conhecimento científico.** Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRADO, M. E. B. B. **Educação a distância e formação do professor: redimensionando concepções de aprendizagem,** São Paulo, 2003. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

_____ Mapeando registros textuais no *CHIC* para formação de professores. In OKADA, A. L. P. (org.). **Cartografia cognitiva: mapas do conhecimento para pesquisa, aprendizagem e formação docente.** Cuiabá: KCM Editora, 2008, Cap. 20, p. 339-352.

REBELLO, A. P.; RAMOS, M. G. **Estudo de circuitos elétricos básicos por meio de uma unidade de aprendizagem: percepções de alunos do ensino médio.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009a, Florianópolis. Anais eletrônicos, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009a. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/7enpec/pdfs/487.pdf>>. Acesso em: 20 de Julho de 2011.

_____ **Simulação computacional e maquetes na aprendizagem de circuitos elétricos: um olhar sobre a sala de aula.** Experiências em Ensino de Ciências, v 4, n 1, p 23-33, 2009b.

RIBEIRO, J. W.; VALENTE, J. A.; FREITAS, D. B.; MARTINS, D. G.; SANTOS, M. J. C. **Integração de Atividades de Educação em Ciências Utilizando TIC: Uma Experiência na Formação Continuada de Educadores do Ensino Médio.** In Seminário Web Currículo, 1, 2008a, São Paulo. *Anais*, São Paulo: PUC-SP, 2008a p. 10.

RIBEIRO, J.W.; VALENTE, J.A.;FREITAS, D.B; COSTA, M. J. N.;LIMA, I. P. O computador e a aprendizagem significativa na execução de práticas experimentais de ciências. In MORAES, S. E. (Org.). **Currículo e Formação Docente: um diálogo interdisciplinar**. Campinas: Mercado de Letras, 2008b. p. 347-364.

RIBEIRO, J. W.;FREITAS, D. B.; VALENTE, J. A.; LIMA, L.; BARROS, M. J. C.; LIMA, I. P.; OLIVEIRA, R. G. M. **Laboratórios de experimentação científica, informática educativa e aprendizagem significativa: integração de atividades na prática pedagógica**. In: PONTES, A. N.; PONTES, A. (orgs.). Educação & ciências: saberes interdisciplinares. Belém: EDUEPA, 2011, p. 210.

RIBEIRO, J. W. **Ensino de ciências: sociedade, TIC e laboratório de experimentação**. In: LITTO, F.; FORMIGA, M. (orgs.). **Educação a Distância: o estado da arte**, vol. 2, 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012, p. 443

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. Petrópolis: Vozes, 2004.

SASSON, A.; VILCHES, A.; CARVALHO, A. M. P.; MACEDO, B.; GIL-PEREZ, D.; FRIGERIO, G.; KATZKOWICZ, R. **Cultura científica: um direito de todos**. Brasília: Unesco, 2003.

SENA DOS ANJOS, A. J. **As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v 25, n 3, p 569-600, 2008.

SÉRE, M.G; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino da física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 1: p. 30-42, 2003.

SIAS, D. B.; TEIXEIRA, R. M. R. **A aquisição automática de dados motivando o estudo de física térmica**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17, 2007, São Luís. Atas eletrônicas, São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2007. Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/atas/resumos/T0088-1.pdf>>. Acesso em: 12 de Julho de 2011.

SILVA, E. L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. rev. atual, Florianópolis: UFSC, 2005

SILVA, L. F.; VEIT, E. A. **Uma experiência didática com aquisição automática de dados no laboratório de física do ensino médio.** Experiências em Ensino de Ciências, v1, n 3, p. 18-32, 2006.

SILVANO, A. M. C. **O desenvolvimento de representações gráficas em software educativo para facilitar significativa e colaborativamente a construção do conceito de funções matemáticas,** Fortaleza, 2011. Dissertação de Mestrado, Mestrado Profissional de Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará.

Síntese de Indicadores Sociais: Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsois2010/SIS_2010.pdf> Acesso em: 12 de Dezembro de 2012.

TAVARES, R. **Aprendizagem Significativa.** Revista Conceitos, p 55-60, julho de 2003/junho de 2004.

_____ **Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem.** Revista Brasileira de Informática na Educação, v 18, n 2, p 4-16, 2010.

_____ **Construindo Mapas Conceituais.** Revista Ciência e Cognição, v 12, p 72-85, 2007.

TEIXEIRA, C. A. C. A aprendizagem por meio da experimentação remota de equipamento científico. In LITTO, F. M.; FORMIGA, M. (Orgs.). **Educação a Distância: o estado da arte.** Pearson-Prentice Hall, 2008, Cap. 47, p.340-345.

TORRES, P.L.; ALCANTARA, P. R.; IRALA, E. A. F. **Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem.** Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v4, n 13, p 129-145, 2004.

VALENTE, J. A. **A Espiral da aprendizagem e as tecnologias das informação e comunicação: repensando conceitos.** In: JOLY, M. C. A Tecnologia do Ensino: implicações para a aprendizagem. São Paulo: Casa do Psicólogo Editora, pp. 15-37, 2002.

_____ **Diferentes abordagens de educação a distância.** Coleção série informática na educação – Televisão Educativa, 1999. Disponível em: <<http://www.proinfo.gov.br>>. Acesso em: 18 de Maio de 2012.

_____ Curso de especialização em desenvolvimento de projetos pedagógicos com o uso de novas tecnologias: descrição e fundamentação. In: VALENTE, J. A.; PRADO, M. E. B. B.; ALMEIDA, M. E. B. **Educação a distância via internet**. São Paulo: Avercamp, 2003, p 23-56.

VALENTE, J. A.; BUSTAMANTE, S. B. V. (orgs.). **Educação a distância: prática e formação do profissional reflexivo**. São Paulo: Avercamp, 2009.

VARELLA, P. G.; VERMELHO, S. C.; HESKETH, C. G.; SILVA, A. C. C. **Aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais de aprendizagem: a experiência inédita da PUCPR**. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v3, n 6, p 11-27, 2002.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. **Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física ,v 24, n 2, p 87-96, 2002.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. **A argumentação de alunos do ensino médio em aula inaugural no laboratório didático de física**. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 8, 2002, Águas de Lindóia. Atas eletrônicas, Águas de Lindóia: Hotel Majestic, 2002. Disponível em:<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epenf/viii/PDFs/CO14_3.pdf>. Acesso em: 03 de Julho de 2011.

_____ **A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências , v8, n 3, p.187-209, 2003.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**, São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WALSELFISZ, J. J. **O ensino de ciências no Brasil e o PISA**. São Paulo: Sangari do Brasil, 2009. Disponível em: <<http://www.sangari.com/visualizar/institucional/pdfs/PISA2009.pdf>> Acesso em: 05 de Janeiro de 2012.

WEISS, J. M.; ANDRADE NETO, A. S. **Uma investigação a respeito da utilização de simulações computacionais no ensino de eletrostática**. Experiências em Ensino de Ciências, v 1, n 1, p 43-54, 2006.

WERLANG, R. B.; SCHNEIDER, R. S.; SILVEIRA, F. L. **Uma experiência de utilização de uma animação em flash como facilitadora do processo de ensino-**

aprendizagem de física de fluídos. Experiências em Ensino de Ciências, v 3, n 3, p 33-40, 2008a.

_____ **Uma experiência de ensino de física de fluídos com o uso das novas tecnologias no contexto de uma escola técnica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v 30, n 1, p 1503, 2008b.

WIEMAN, C.E.; ADAMS, W.K.; PERKINS, K.K. **PhET: Simulations Enhance Learning.** Science Magazine, v 322, p 682-683, 2008.

ZARA, R.A. **Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física.** In: Encontro Nacional de Informática na Educação, 2, 2011, Cascavel. Anais eletrônicos, Cascavel: UNIOESTE, 2011. Disponível em: <http://www.inf.unioeste.br/enined/anais/artigos_enined/A29.pdf>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2012.

6 REFERÊNCIAS DE SITES

Apostila Teoria do Erro. Disponível em: <http://www.fc.unesp.br/~malvezzi/downloads/Ensino/Disciplinas/LabFisI_Eng/ApostilaTeoriaDosErros.pdf>. Acesso em 04 de Setembro de 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>> Acesso em: 13 de Dezembro de 2012.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Ranking do IDH global 2011.** Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH_global_2011.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Ranking2011>. Acesso em: 07 de Dezembro de 2012.

Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA). **Resultados do PISA 2009: O que os estudantes conhecem e podem fazer. Desempenho dos estudantes em Leitura, Matemática e Ciências,** v 1. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>> Acesso em: 10 de Janeiro de 2012.

Relatório de Divulgação dos Resultados Finais da Avaliação Trienal Capes 2010. Disponível em: <http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2011/08/relatorio_geral_dos_resultados_-finais_da-avaliacao_2010.pdf>. Acesso em: 08 de Dezembro de 2012.

Software de Simulação Computacional *CircuitConstruction Kit DC*. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc>>. Acesso em: 10 de Maio de 2011.

Software de Simulação Computacional *CrocodilePhysics*. Disponível em: <http://www.crocodile-clips.com/en/Crocodile_Physics/>. Acesso em: 11 de Maio de 2011.

VALENTE, J. A. **O uso inteligente do computador na educação.** Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/arquivos/File/conteudo/artigos_teses/EDUCACAO_E_TECNOLOGIA/USOINTELIGENTE.PDF>. Acesso em 08 de Julho de 2011.

APÊNDICES

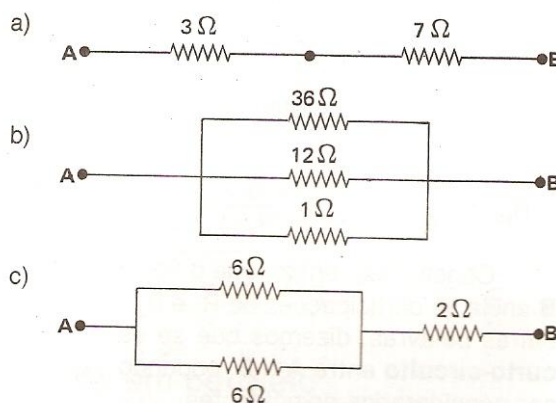
APÊNDICE A- Questionário para sondar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre o tema associação de resistores aplicado na fase 1 da experiência pedagógica.

Sondagem dos conhecimentos prévios sobre associação de resistores

Aluno:

Nº: Turma: Turno: Data:

01- Determine o valor da resistência equivalente entre os pontos A e B das seguintes associações:



02- Sabe-se que quando apenas uma lâmpada de árvore de natal queima, todas as outras não acendem. A razão disso é porque:

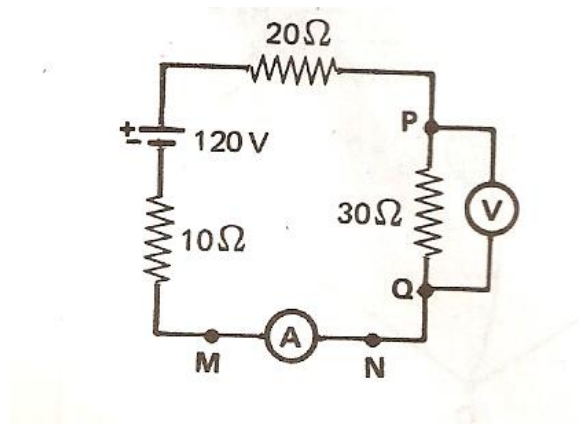
- e) A associação é em série, com a mesma corrente para todas as lâmpadas, por isso se uma delas queima a corrente será interrompida em todo o circuito
- f) A associação é em paralelo, com a mesma corrente para todas as lâmpadas, por isso se uma lâmpada queima a corrente será interrompida em todo o circuito
- g) Deve-se verificar a qualidade dos fios
- h) NRA

03- As instalações elétricas das casas são do tipo associação em paralelo porque:

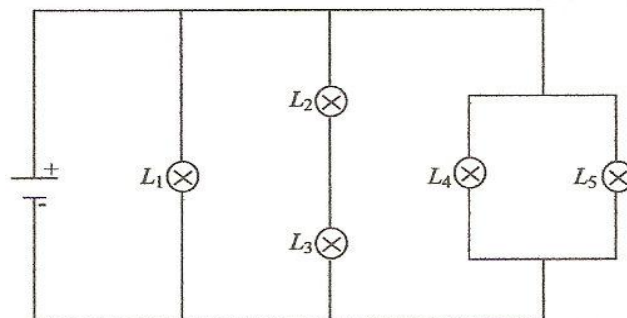
- e) Os aparelhos ficam submetidos a uma mesma corrente elétrica
- f) Os aparelhos vão dissipar menor energia possível
- g) Os aparelhos não iram queimar nessa associação
- h) Todos os aparelhos ficam sob a mesma tensão

04- Para o seguinte circuito da figura abaixo, responda:

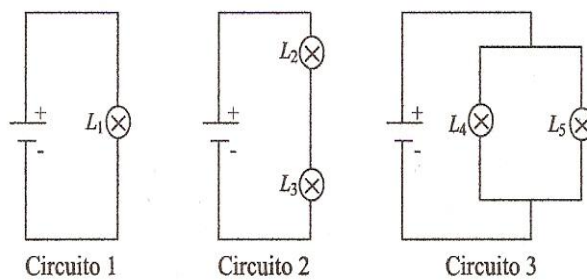
- d) O que significam as letras A e V na ilustração?
 e) Qual a intensidade de corrente elétrica que atravessa o circuito?
 f) Qual a tensão elétrica sobre o resistor de 30Ω ?



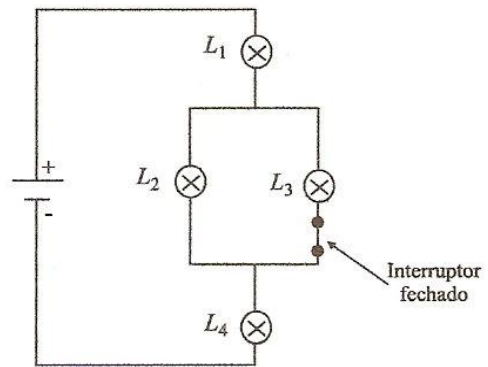
05- Ordene as lâmpadas abaixo do maior brilho para o menor brilho



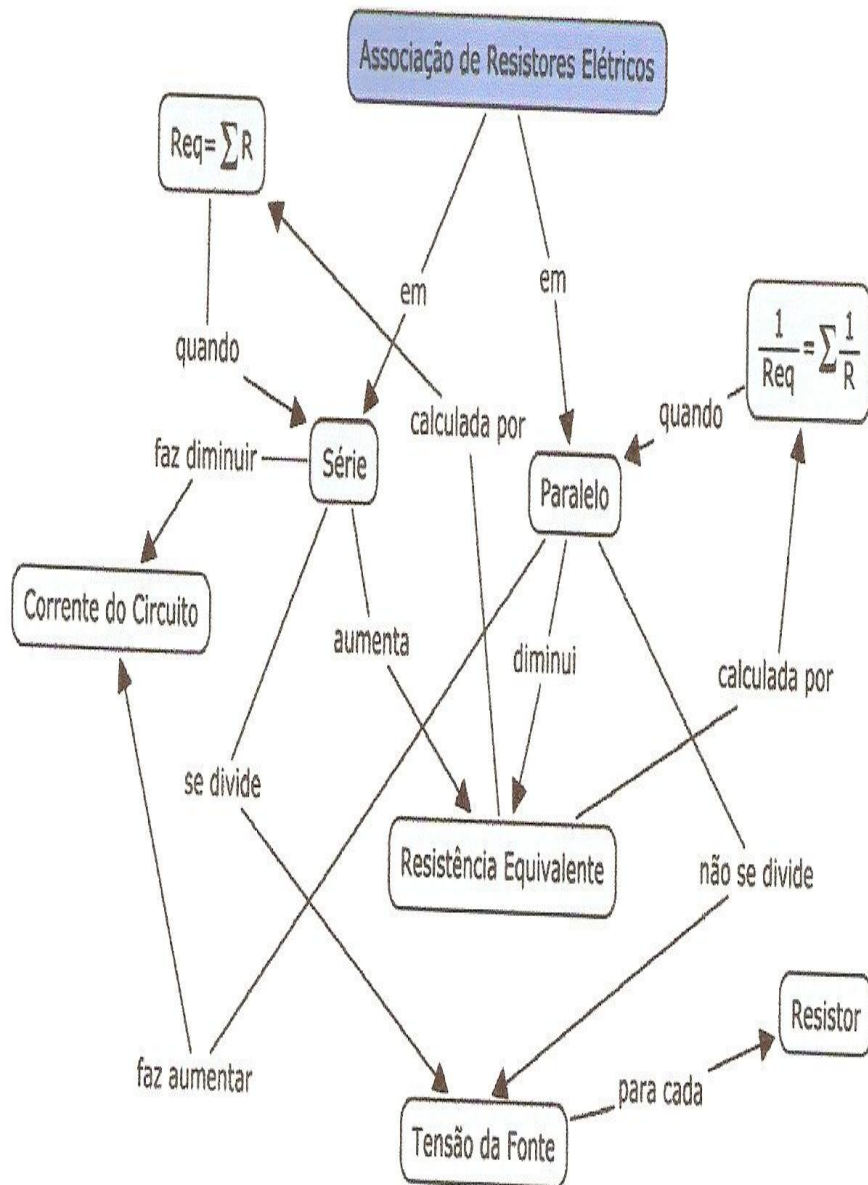
06- Ordene as lâmpadas abaixo do maior brilho para o menor brilho



07- Ordene o brilho das lâmpadas abaixo quando o interruptor está fechado. O que acontece com o brilho da lâmpada L1 quando o interruptor for aberto?



APÊNDICE B - Mapa conceitual resumo sobre associação de resistores elétricos utilizado na fase 2 da experiência pedagógica (FREITAS, 2007).



APÊNDICE C- Atividades de simulação e modelagem computacional da prática pedagógica, concernente a associação de resistores elétricos, desenvolvidas durante a fase 2, ação 2.2 e respectivas atividades de simulação e modelagem computacional ASMC 2.2.1, ASMC 2.2.2 e ASMC 2.2.3.

Simulando circuitos de resistores

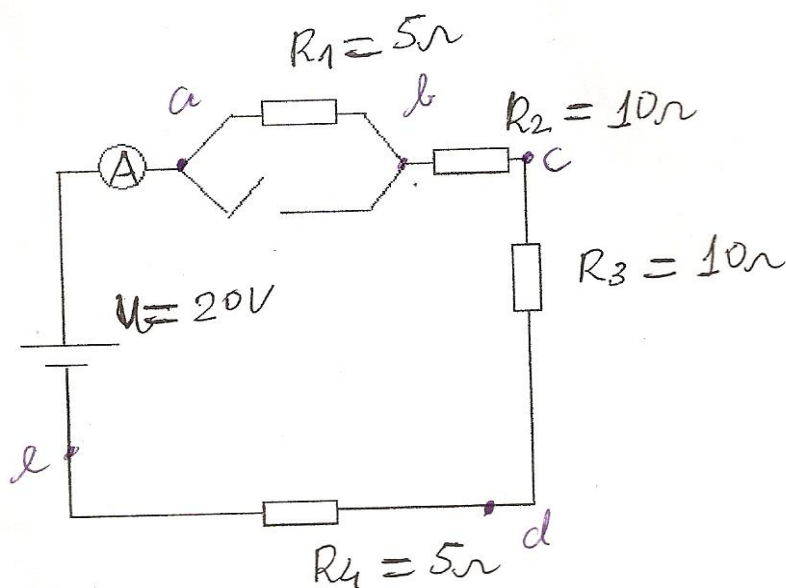
Alunos:

N^{os}: Turma: Turno: Data:

01-Simulando circuitos (pense antes de executar cada procedimento)

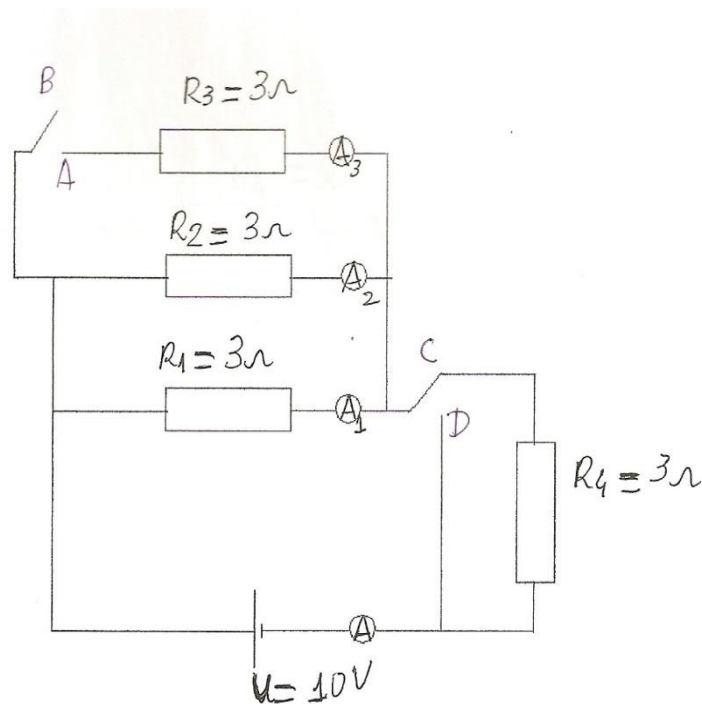
Simulação 2.2.1 (ASMC 2.2.1) - Procedimentos

- 1- Abra o software circuitconstruction e opere com a simulação de acordo com o esquema abaixo:
- 2 - Ao fechar o interruptor, o que acontece com a resistência equivalente da associação? Por quê?
- 3 - O que aconteceu com a corrente elétrica no circuito uma vez que a chave foi fechada? Por quê?
- 4 -Meça a diferença de potencial entre os pontos a e d com a chave fechada e depois com a chave aberta. Há alguma diferença? Por quê?
- 5 - O que acontece com a diferença de potencial e a corrente elétrica entre os pontos d-e se a resistência R4 atingir seu valor máximo? Por quê?



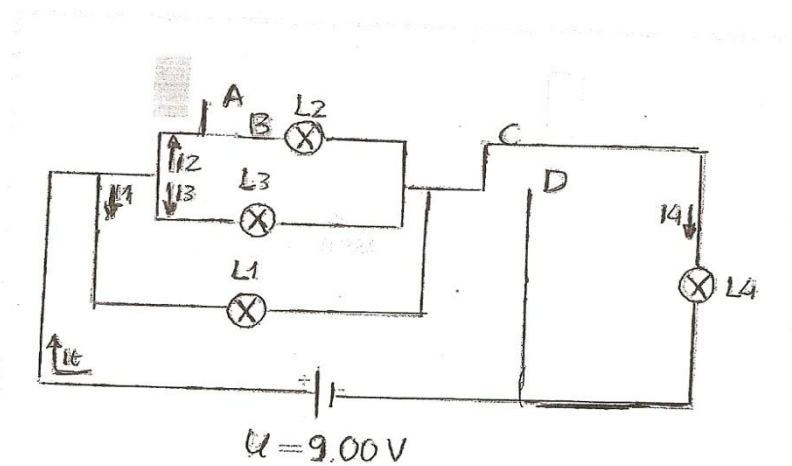
Simulação 2.2.2(ASMC 2.2.2) - Procedimentos

1. Abra o software circuitconstruction e opere com a simulação 2 de acordo com o esquema abaixo:
2. Em que posições devem estar as chaves a-b e c-d (abertas ou fechadas) para que se tenha somente resistores associados em paralelo?
3. Quando as chaves estão abertas, quantos resistores encontram-se em série? E em paralelo?
4. Com as chaves nas posições A e D, mude o valor de R3 para 50 ohms. Explique o comportamento dos valores i_1 , i_2 e i_t (corrente total do circuito). Logo em seguida, retorne R3 para o seu valor original.
5. Com as chaves nas posições A e C, altere novamente o valor de R3 para 50 ohms. Explique porque neste caso todas as correntes variam.



Simulação 2.2.3 (ASMC 2.2.3) - Procedimentos

1. Abra o software crocodile e monte o circuito da simulação 4 ilustrado na figura abaixo
2. Quando as chaves estão nas posições B (fechada) e C (aberta), L1 e L4 brilham?
3. Quando as chaves estão nas posições B e D (fechadas), ao abrir a chave A-B, o que acontecerá com brilho de L1? Por quê?
4. Para as chaves nas posições A e C (abertas) explique o que acontece com L1, L3 e L4 ao se fechar a chave A-B
5. O que podemos concluir nesta simulação?



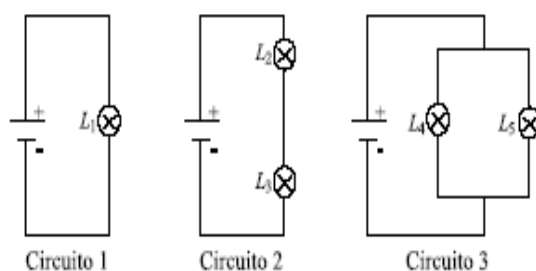
APÊNDICE D – Roteiro da prática experimental de bancada relativa ao problema do brilho das lâmpadas elétricas desenvolvida na fase 2 da experiência pedagógica.

Experimento de associação de resistores

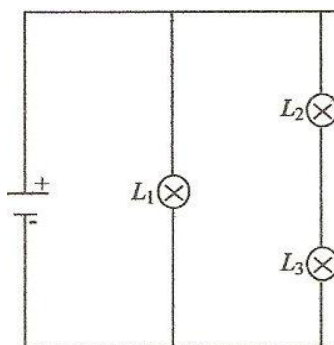
Alunos:

N^{os}: Turma: Turno: Data:

01- Pré-laboratório: Ordene o brilho das 5 lâmpadas e justifique seu raciocínio com os conceitos de tensão, corrente e potência elétrica.



02- Prática: Monte o circuito da figura abaixo no protoboard, utilizando uma fonte de 9V para a alimentar as lâmpadas. Meça os valores de corrente, tensão e resistência elétrica em cada lâmpada, completando a tabela abaixo. Ordene do maior para o menor brilho, as lâmpadas tentando explicar o respectivo comportamento das mesmas.



Lâmpada	L ₁	L ₂	L ₃
Medida			
V(volt)			
i (ampère)			
R (ohm)			
Ordenação das lâmpadas (brilho):			

Explicação:

APÊNDICE E – Questionário de avaliação aplicado na fase 3 da prática pedagógica.

Questionário de avaliação concernente à prática pedagógica

Aluno:

Nº: Turma: Turno: Data:

01- Na sua opinião, a experiência pedagógica para a sua aprendizagem foi:

- b) () Ótima b) () Boa c) () Ruim d) () Péssima

02- Para você, na prática pedagógica, o que mais colaborou para a sua aprendizagem?

- f) () As aulas teóricas em conjunto com o mapa conceitual
g) () As atividades de simulação computacional
h) () O experimento
i) () Todas os itens anteriores
j) () Nenhum dos itens anteriores

03- Apresente uma justificativa de sua resposta para o item anterior:

04- Dentre os itens apresentados na questão 02, qual/quais não ajudou/ajudaram na sua aprendizagem? Justifique:
