



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO - MESTRADO

SORANDRA CORRÊA DE LIMA

**ESTUDO DA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE NOS
ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL COM USO DE
EXPERIMENTAÇÃO VIRTUAL**

Uberlândia - MG

2012

SORANDRA CORRÊA DE LIMA

**ESTUDO DA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE NOS
ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL COM USO DE
EXPERIMENTAÇÃO VIRTUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Educação da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Saberes e Práticas
Educativas
Orientador: Eduardo Kojy Takahashi

Uberlândia - MG

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

L732e Lima, Sorandra Corrêa de, 1985-
2012 Estudo da construção de conceitos básicos de eletricidade
nos anos iniciais do ensino fundamental com uso de
experimentação virtual / Sorandra Corrêa de Lima. - 2012.

99 f. : il.

Orientador: Eduardo Kojy Takahashi.

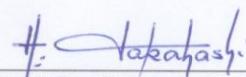
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia
Programa
de Pós-Graduação em Educação.

Inclui bibliografia.

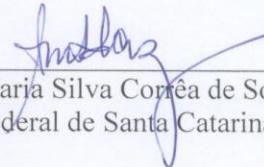
1. Educação - Teses. 2. Eletricidade – Estudo e ensino -
Teses. 3. Ensino fundamental – Teses. 4. Realidade virtual -
Teses. I. Takahashi, Eduardo Kojy. II. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Educação. III.
Título.

CDU: 37

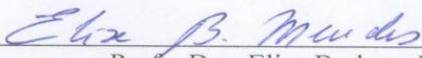
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi
Universidade Federal de Uberlândia – UFU



Profa. Dra. Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC



Profa. Dra. Elise Barbosa Mendes
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

**Aos meus pais Alaôr e Elizabete
e ao grande mestre orientador
Eduardo.**

AGRADECIMENTOS

Durante o tempo em que realizei esta pesquisa, diversas foram as pessoas com as quais estive em contato e que representam apoio e amizade. Aqui, nestas páginas iniciais, quero a elas agradecer.

Antes de tudo a Deus, por estar sempre iluminando meus caminhos e permitindo a conclusão de mais essa etapa da minha vida, pois sem Ele não seria possível.

Agradeço ao prof. Eduardo Kojy Takahashi... Lembro-me como se fosse hoje do dia em que o procurei na Universidade para a vaga de iniciação científica. Passados 8 anos, o respeito por ele somente aumentou e junto a ele surgiram a parceria e a amizade. Chamá-lo de meu orientador me enche de emoção, pois ele não exerceu a função somente para com a pesquisa: ele orientou toda a minha formação profissional.

Outras duas pessoas muito importantes para esta pesquisa foram os professores Hélder Eterno e Elise Mendes que, durante o exame de qualificação, me apontaram caminhos que eu não havia imaginado e, assim, contribuíram para a possibilidade de uma pesquisa mais completa. Sou muito grata a vocês dois.

Agradeço à coordenação e à direção da Escola Estadual Jerônimo Arantes em especial à professora Neuza Maria dos Reis pela colaboração de ceder algumas aulas de Ciências para aplicação da metodologia e aos 34 alunos do 4º ano, turma de 2010.

Tem também a minha família! Só tenho palavras e sentimentos de gratidão para meus pais, Alaôr e Elizabete principal fonte de inspiração, fizeram dos meus sonhos o deles, e apesar de todas as dificuldades enfrentadas, acreditaram, incentivaram e apoiaram mesmo a distância nos meus estudos. Também agradeço muito às minhas queridas irmãs Eloar e Analiene e ao meu padastro Nábio, pelo constante apoio e carinho. Ao meu namorado Tiago, companheiro e amigo, pelo carinho e incentivo.

Outras pessoas que acompanharam de perto esta minha jornada foram os colegas do Programa de Pós-Graduação em Educação. Agradeço os bons papos, os cafés, as risadas e a amizade de todos: Fernanda, Leandro, Hanny, Cinval, Juliano e Ana Clara. Há outros amigos... Imprescindíveis! Vanessinha, Camila e Lia, agradeço pela amizade da qual nem se precisa falar, por estarem sempre perto, mesmo quando estavam longe. Ana Gabriela, Fernanda Rezende, Morgana, Stephanie, Laila: por todos os bons momentos de descontração, pelas risadas, pela amizade, amigas de balada e de todas as horas. Vanessa Melo, Stêffany e Luana, amigas de Monte Carmelo. Obrigada pela torcida de sempre!

À CAPES pela bolsa de estudo fornecida para o incentivo à pesquisa.

RESUMO

LIMA, S.C., Estudo da construção de conceitos básicos de Eletricidade nos anos iniciais do Ensino Fundamental com uso de Experimentação Virtual. 2012, 99p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

Para contemplar os desdobramentos de nosso trabalho, fundamentamo-nos na pesquisa de abordagem qualitativa. Foi desenvolvida, aplicada e analisada uma metodologia para o início do processo de ensino dos conceitos de eletricidade, energia elétrica, corrente elétrica, isolante elétrico, condutor elétrico, circuito elétrico e resistência elétrica a estudantes (com idades entre 9 e 11 anos) do 4º ano do ensino fundamental de uma escola pública estadual da periferia da cidade de Uberlândia. No desenvolvimento das aulas, buscamos investigar: i) se é possível os alunos começarem a construir conhecimentos de Eletricidade, quando lhes é oferecido um experimento virtual como material de estímulo; ii) quais seriam os novos conhecimentos e habilidades adquiridos pelos alunos; iii) se a experimentação virtual facilita o início da construção desses conceitos e iv) em que nível de desenvolvimento cognitivo os alunos se enquadram. Na análise da aquisição e desenvolvimento desses conceitos pelos estudantes, utilizamos as idéias sobre os processos de formação e assimilação conceitual de David Ausubel, complementadas com as idéias de Herbert Klausmeier sobre os níveis de desenvolvimento cognitivo de conceitos. Foi possível identificarmos, durante a aplicação da nossa metodologia, uma progressão do desenvolvimento dos estudantes na formação dos conceitos trabalhados durante o uso de uma experimentação virtual, especialmente sobre circuito elétrico, condutor elétrico, isolante elétrico e energia elétrica, pela participação ativa nas discussões fazendo uso desses rótulos conceituais e na apresentação de suas idéias correlacionadas, as quais se mostraram progressivamente mais complexas no aspecto proposicional e mais consistentes do ponto de vista lógico-científico. Os alunos demonstraram apresentar indícios da assimilação desses conceitos no nível formal do desenvolvimento cognitivo.

Palavras-chave: Eletricidade, Ensino Fundamental, Experimentação Virtual, Construção de conceitos.

ABSTRACT

LIMA, S.C., **Study of construction of basic concepts of electricity in the early years of elementary school with the use of Virtual Experiments.** 2012, 99p. Dissertation (Master Degree) – Postgraduate Program in Education, Federal University of Uberlândia, 2012.

In this work, we developed a qualitative research related to the implementation and analysis of a method for initiating the teaching process of concepts of electricity, electric energy, electric current, electrical insulator, electrical conductor, electrical circuit and electrical resistance to students of the 4th grade of elementary education (ages 9 to 11 years) at a public school situated on the suburb of the city of Uberlândia. In developing the lessons, we investigate: i) if the students can begin to build knowledge of Electricity, when one offers a virtual experiment as stimulus material, ii) what are the new knowledge and skills acquired by students; iii) if the virtual experimentation facilitates the begining of construction of these concepts and iv) what is the cognitive level of these students. In the analysis of the acquisition and development of these concepts by students, we use the ideas about the formation processes and conceptual assimilation of David Ausubel, complemented by the ideas of Herbert Klausmeier on levels of cognitive development of concepts. It was possible to identify, during the application of our methodology, a developmental progression of students in the formation of the concepts that were worked during the use of a virtual experimentation, especially on electrical circuit, electrical conductor, electrical insulation and electricity, through the active participation of the students in discussions using these labels and in the presentation of the conceptual ideas correlated, which were shown in progressively more complex and more consistent propositional aspect from the logical and scientific point of view. Students have demonstrated evidence of assimilation of these concepts in the formal level of cognitive development.

Keywords: electricity, elementary school, virtual experiments, development of concepts

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA EVIDENCIANDO OS TRABALHOS RELACIONADOS AO ENSINO DE FÍSICA NOS ANOS INICIAIS, COM ÉNFASE EM METODOLOGIAS DE ENSINO RELACIONADAS À EXPERIMENTAÇÃO/INVESTIGAÇÃO	22
FIGURA 2- MAPA CONCEITUAL COM OS PRINCIPAIS ASPECTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL QUE IREMOS UTILIZAR NO NOSSO TRABALHO	32
FIGURA 3 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DA HIERARQUIA DE AQUISIÇÃO E DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL, SEGUNDO NOSSA CONCEPÇÃO ACERCA DAS CONTRIBUIÇÕES DE AUSUBEL E KLAUSMEIER SOBRE O TEMA	35
FIGURA 4 - ORGANIZADOR GRÁFICO QUE ILUSTRA A METODOLOGIA DE PESQUISA DESENVOLVIDA.....	38
FIGURA 5 - MAPA CONCEITUAL DOS CONCEITOS TRABALHADOS NA METODOLOGIA DESENVOLVIDA.....	41
FIGURA 6 - ORGANIZADOR GRÁFICO COM AS CAPACIDADES COGNITIVAS ESPERADAS QUE OS ALUNOS ALCANCEM COM A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA E RELACIONADAS ESPECIFICAMENTE COM O CONTEÚDO DA EXPERIMENTAÇÃO VIRTUAL	44
FIGURA 7 - ORGANIZADOR GRÁFICO COM AS PRINCIPAIS ETAPAS DA METODOLOGIA DE ENSINO DESENVOLVIDA.....	45
FIGURA 8 - VISTA DO AMBIENTE GRÁFICO DO EXPERIMENTO VIRTUAL KS2 BITESIZE, NA TELA RELATIVA A CIRCUITOS ELÉTRICOS	47
FIGURA 9 - VISTA DO AMBIENTE GRÁFICO DO EXPERIMENTO VIRTUAL KS2 BITESIZE, NA TELA RELATIVA A CONDUTORES ELÉTRICO	48
FIGURA 10 - RESPOSTA DE UM ALUNO NA FORMA DE DESENHO SOBRE SUA COMPREENSÃO DE “CIRCUITO ELÉTRICO”	68
FIGURA 11 - RESPOSTA DE UM ALUNO NA FORMA DE DESENHO SOBRE SUA COMPREENSÃO DE “ISOLANTE ELÉTRICO”	69
FIGURA 12 - RESPOSTA DE UM ALUNO NA FORMA DE DESENHO SOBRE SUA COMPREENSÃO DE “CONDUTOR ELÉTRICO”	69
FIGURA 13 - RESPOSTA DE UM ALUNO NA FORMA ESCRITA SOBRE SUA COMPREENSÃO DE “CORRENTE ELÉTRICA”	70
FIGURA 14 - RESPOSTA DE UM ALUNO NA FORMA DE DESENHO SOBRE SUA COMPREENSÃO DE “RESISTÊNCIA ELÉTRICA”	71

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- RELAÇÃO DOS PERIÓDICOS CONSULTADOS	19
QUADRO 2- PESQUISAS INTERNACIONAIS RELACIONADAS COM O TEMA “ELETRICIDADE” NO ENSINO FUNDAMENTAL.....	26
QUADRO 3- COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS PSICOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA FORMAÇÃO DE CONCEITO, SEGUNDO AUSUBEL, E OS NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL DE KLAUSMEIER.....	35
QUADRO 4- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM CADA AULA	42
QUADRO 5- RELAÇÃO DE CADA QUESTÃO COM OS RÓTULOS CONCEITUAIS TRABALHADOS E AS CAPACIDADES COGNITIVAS ALMEJADAS.....	46
QUADRO 6- ANÁLISE DAS RESPOSTAS DADAS À PERGUNTA: VOCÊ SABE O QUE É ELETRICIDADE?	52
QUADRO 7- ANÁLISE DAS RESPOSTAS DADAS À PERGUNTA: VOCÊ SABE O QUE É ENERGIA ELÉTRICA?.....	53
QUADRO 8- ANÁLISE DAS FALAS MAIS REPRESENTATIVAS DOS ALUNOS RELACIONADAS AO RÓTULO DO CONCEITO “CIRCUITO ELÉTRICO”.....	60
QUADRO 9- ANÁLISE DAS FALAS MAIS REPRESENTATIVAS RELACIONADAS AO RÓTULO CONCEITUAL “ISOLANTE ELÉTRICO”	62
QUADRO 10- ANÁLISE DAS FALAS MAIS REPRESENTATIVAS RELACIONADAS AO RÓTULO CONCEITUAL “CONDUTOR ELÉTRICO”	64
QUADRO 11- ANÁLISE DAS FALAS MAIS SIGNIFICATIVAS, RELACIONADAS AO RÓTULO CONCEITUAL “RESISTÊNCIA ELÉTRICA”	65
QUADRO 12- ANÁLISE DAS FALAS MAIS SIGNIFICATIVAS, RELACIONADAS AO RÓTULO CONCEITUAL “CORRENTE ELÉTRICA”	66
QUADRO 13 - CAPACIDADES COGNITIVAS ESTIMULADAS PELO USO DOS EXPERIMENTOS VIRTUAIS NA CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE	73

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 - REVISÃO DA LITERATURA	19
1.1 METODOLOGIA UTILIZADA NA REVISÃO DA LITERATURA	19
1.1.1 ESTUDOS ENVOLVENDO O ENSINO DE FÍSICA NOS ANOS INICIAIS, COM ÊNFASE EM METODOLOGIAS DE ENSINO RELACIONADAS À EXPERIMENTAÇÃO/INVESTIGAÇÃO	20
1.1.2 ESTUDOS QUE CONTEMPLAM O ENSINO DE FÍSICA, NO ENSINO FUNDAMENTAL UTILIZANDO ALGUM RECURSO NO COMPUTADOR	22
1.1.3 ESTUDOS QUE CONTEMPLAM O TEMA ELETRICIDADE NO ENSINO FUNDAMENTAL	23
1.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO E RELAÇÕES COM O PRESENTE TRABALHO DE PESQUISA	27
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	29
2.2 A AQUISIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS NAS CONCEPÇÕES DE AUSUBEL E KLAUSMEIER	32
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA PESQUISA.....	37
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	37
3.2 O CONTEXTO DA PESQUISA	38
3.2.1 A ESCOLA.....	38
3.2.2. OS ALUNOS	39
3.3 INSTRUMENTOS PARA REGISTRO DOS DADOS	39
3.4. METODOLOGIA DE ENSINO ADOTADA.....	40
3.4.1. PRIMEIRA ETAPA: IDENTIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO.....	42
3.4.2. SEGUNDA ETAPA: APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES INSTRUACIONAIS	46
3.4.3. TERCEIRA ETAPA: CONSOLIDAÇÃO DA ETAPA INSTRUACIONAL.....	49
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS	51
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES	74

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE A – Roteiro da entrevista semi-estruturada realizada com os alunos	80
APÊNDICE B – Questionário para detectar o conhecimento prévio dos alunos sobre eletricidade.....	83
APÊNDICE C – Pós-testes aplicados aos alunos depois da aplicação do joguinho	89
APÊNDICE D – Código das transcrições	96
APÊNDICE E – Modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido direcionado aos pais dos alunos.....	98

INTRODUÇÃO

Algumas lembranças que tenho da minha época de aluna das aulas de Ciências, nas primeiras séries do ensino fundamental de uma escola da rede pública, incluem o tradicional experimento de germinar um grão de feijão, no qual os alunos colocavam um feijãozinho no algodão molhado, levavam para a sala de aula e o colocava na janela, por onde entravam alguns raios de luz solar. Os alunos acompanhavam diariamente sua germinação e a professora, com essa experiência, explicava vários fenômenos relacionados à germinação e crescimento das plantinhas. Lembro-me também dos livros didáticos e das atividades em sala de aula que a professora passava e que retratavam, principalmente, tópicos que abordavam o corpo humano. De vez em quando aparecia na escola algum profissional da área da saúde (dentista, oftalmologista) para ensinar aos alunos o procedimento correto de escovação de dentes, a importância do flúor para a proteção contra a cárie, ou para realizar exames para uma possível detecção de problemas de visão. Uma vez ao ano a escola organizava uma feira de Ciências, onde os alunos apresentavam trabalhos focando temas da área de Biologia. Não tive experiência alguma com qualquer tema relacionado à Física no ensino fundamental.

Terminada a quarta série, mudei de escola para concluir o ensino fundamental e cursar o ensino médio. Da quinta até a oitava série, tivemos a disciplina Ciências em formato praticamente semelhante ao das séries iniciais: contemplava apenas temas relacionados à Biologia.

Durante o ensino médio, realizei os exames do Programa Alternativo para Ingresso ao Ensino Superior (PAIES), que era um prova de avaliação seriada para ingresso na Universidade Federal de Uberlândia. Meu interesse era cursar Engenharia Elétrica, mas como minha intuição era de que minhas notas do PAIES seriam insuficientes para concorrer às vagas oferecidas pelo curso, acabei optando pela Física, porque assim já iria eliminando algumas matérias comuns com a engenharia e minha intenção era prestar vestibular no semestre seguinte.

Em 2003, ingressei no curso de licenciatura em Física da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e fiquei bastante empolgada com o curso. Recordo-me da aula inaugural, ministrada pelo meu atual orientador, na qual ele mostrou vários campos de atuação da Física, enfatizando a importância dessa área no cotidiano e a falta de bons professores. Desinteressei-me totalmente pela engenharia.

No início da minha graduação tive a oportunidade de participar de um emergente grupo de pesquisa na UFU que, em 2004, passou a denominar-se Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas (NUTEC) e com isso pude participar de um número considerável de Encontros e Simpósios de Ensino de Física, de cunho regional e nacional, com apresentações de trabalhos.

Licenciei-me em Física em 2007 e, em 2009, ingressei em um curso de Especialização em Ensino de Ciências oferecido pela Faculdade de Educação da UFU, durante o qual, a questão da ausência do ensino de conceitos relevantes de Física nas primeiras séries do ensino fundamental chamou-me a atenção. Esse fato levou-me a realizar o trabalho de conclusão do curso relacionado a uma investigação de aprendizagem de conceitos básicos de Física por estudantes do 4º ano do ensino fundamental, utilizando um software em Realidade Virtual, especialmente desenvolvido por pesquisadores colaboradores (SILVA, 2006) para introduzir conceitos de tempo, velocidade e movimento.

Dessa minha primeira experiência voltada ao ensino de Física no nível fundamental, fiquei impressionada com o interesse e envolvimento dos alunos nas atividades propostas. Das reflexões decorrentes dessa experiência, das discussões dos resultados dessa pesquisa com professores e colegas e da minha concepção da importância de um ensino de conceitos de Física para contribuir na alfabetização científica dos alunos desde as séries iniciais, passei a considerar importante participar de propostas de ensino que contemplassem a perspectiva de incluir tópicos de Física no ensino fundamental. Dentro desse contexto surgiu essa proposta de pesquisa.

No aprofundamento do meu conhecimento sobre esse assunto, foi possível encontrar diversos artigos de pesquisa e documentos oficiais que reforçavam a importância de estudos sobre esse tema e que serão retratados a seguir.

De acordo com a atual estrutura curricular nacional, estabelecida com base na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino fundamental e nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino fundamental, o ensino de Física começa a ter identidade no 9º ano e prolonga-se nas três séries do ensino médio. De modo geral, o início da apresentação de conceitos de Física nos primeiros anos do ensino fundamental aparece englobado dentro da disciplina denominada Ciências, sendo a mesma lecionada por um único professor que, em geral, não é especialista em Física (DAMASIO, 2007). Este fato parece justificar a manutenção do ensino centrado na Biologia,

com ênfase para a descrição do corpo humano e a relação do homem com o meio ambiente, enquanto os conteúdos de Física, quando apresentados, tendem, muitas vezes, a reforçar a conceituação estabelecida pelo senso-comum.

No Ensino Fundamental, o ensino de Ciências não visa formar biólogos, físicos e químicos, mas aproximar os alunos do saber científico e fazê-los pensar sobre os fenômenos naturais e o uso da tecnologia. De acordo com Galliazi et al. (2008), os conteúdos selecionados para o ensino de Ciências precisam levar em conta pelo menos três condições: 1) a possibilidade de contribuir para a inserção do estudante no discurso contemporâneo, impregnado de informações científicas e tecnológicas; 2) a capacidade de favorecer o reconhecimento da realidade social e cultural do estudante, da escola e da comunidade para os quais o currículo é dirigido; 3) a competência de propiciar elementos para a qualificação da vida não só em sentido escrito mas, também, coletivo.

Em nossa pesquisa, o conteúdo selecionado, “Eletricidade”, atende satisfatoriamente essas três condições: está associado ao estabelecimento da cor e forma no Universo, mas é pouco explorado no ensino fundamental; está presente no cotidiano; é um conceito-chave na alfabetização científica e permite explicar importantes eventos na Natureza; revolucionou por completo o modo de vida humano em todos os aspectos, melhorando a qualidade de vida.

A relação entre a Ciência e Tecnologia está muito mais presente no cotidiano das crianças atualmente. As crianças de hoje em dia vivem uma época diferente da que eu vivi, onde elas têm um contato maior com brinquedos e jogos eletrônicos, computadores, internet e diversos outros aparelhos eletro-eletrônicos, como celulares, tocadores de áudio digital portátil etc.

É das relações estabelecidas entre as bases lógicas da Ciência e as concepções próprias que o estudante pode partir para ampliar a sua compreensão sobre o mundo em que vive e beneficiar-se do progresso científico (GALLIAZI et al., 2008).

Daí, a necessidade da elaboração de estratégias para que os alunos possam entender e aplicar os conceitos científicos básicos nas situações diárias, desenvolvendo hábitos de uma pessoa cientificamente instruída.

Assim, diante dessas justificativas, esse trabalho de pesquisa pretende investigar indícios da aquisição e desenvolvimento de conceitos de eletricidade por estudantes do quarto ano do ensino fundamental, a partir da análise de suas falas/escrita.

Consideramos que não basta a inclusão de conceitos e fenômenos de Física nos currículos escolares; torna-se necessária a incorporação, na prática pedagógica, de atividades que estimulem o estudante a construir e associar tais conhecimentos e que o induza a gostar e procurar discutir Física.

Atividades experimentais, na perspectiva construtivista, foram organizadas levando em consideração o conhecimento prévio dos alunos. Adotar esta postura construtivista significa aceitar que nenhum conhecimento é assimilado do nada, mas deve ser construído ou reconstruído pela estrutura de conceitos já existentes. Deste modo, a discussão e o diálogo assumem um papel importante e as atividades experimentais combinam, intensamente, ação e reflexão (ROSITO, 2003; SILVA & ZANON, 2000), apesar de somente 15% dos alunos brasileiros da rede pública de Ensino Fundamental estudar em escolas com laboratório de Ciências (MOCO et al., 2008).

A utilização de novas tecnologias associadas à experimentação tem possibilitado o uso cada vez mais freqüente de computadores, uma vez que o emprego de tecnologias modernas está se tornando cada vez mais acessível nos meios educacionais. Diante disto, os computadores podem ser considerados como uma importante ferramenta de auxílio ao ensino de Física, apresentando imensas potencialidades de uso (ARAUJO; ABIB, 2003).

Coadunamos com Benmohamed, Arnaud e Patrick (2005) e Familia (2005) que a substituição de experimentações práticas por ferramentas virtuais, além de permitirem a análise dos fenômenos de forma semelhante à realizada em laboratórios presenciais, ainda reduz os custos de implantação e manutenção de laboratórios para a Instituição de ensino.

Além disso, dependendo da forma como os computadores são utilizados, é possível dispor de uma importante ferramenta capaz de criar condições que podem auxiliar no aprimoramento de diversas habilidades dos estudantes, como a sua capacidade crítica de interpretação e análise, a criatividade, a elaboração e teste de hipóteses, entre outras, ao mesmo tempo em que os coloca em contato direto com instrumentos tecnológicos bastante atuais contribuindo para a inclusão digital, cuja importância social está refletida no uso dessas tecnologias da informação e comunicação em grande parte das atividades humanas.

Carvalho *et. al.* (1998) reportam que, se o primeiro contato com o conhecimento físico for agradável e fizer sentido para as crianças, aumenta-se a probabilidade de serem bons alunos nessa disciplina nos anos posteriores.

Ainda, segundo esses autores, o conhecimento é adquirido por aproximações sucessivas, que permitem a reconstrução dos conhecimentos que o aluno já tem. Por isso, não são todos os problemas físicos que a criança consegue explicar e, portanto, devem-se escolher aqueles que estão ao alcance de seu estágio cognitivo, tal que ela seja capaz de discutir e propor soluções compatíveis com sua visão de mundo, mas em um sentido que a levará, mais tarde, ao conhecimento científico.

Lima (1995) reforça essa ideia, pois, naturalmente, não se pode exigir que uma criança recém-ingressa na escola aprenda Física como um adolescente no ensino médio. Mas também não se pode esquecer que, mesmo antes do início do seu processo de alfabetização formal, no seu mundo de relações, a criança conceitua, procurando formas de explicar os fenômenos que percebe, formando seus “conceitos científicos”, seus “conceitos vivenciais”.

Percebe-se que esses dois trabalhos explicitam a importância de introduzir atividades relacionadas com as ciências físicas de forma lúdica, despertando a atenção e interesse dos alunos e, acima de tudo, que essas atividades sejam compreensíveis dentro do universo da criança.

Pensamos que a dificuldade que a maioria dos adolescentes começa a exibir no ensino médio em relação à aprendizagem de conceitos de Física poderia ser minimizada pela introdução do significado de conceitos específicos dessa área já nas primeiras séries do ensino fundamental, nas aulas de Ciências. Segundo Novak e Gowin (1984), se torna imprescindível às crianças perceberem que não é a linguagem que faz os conceitos. As palavras servem apenas como rótulos que usamos para referenciar os conceitos. Se caso elas aprenderem apenas as palavras, mas não as regularidades nos objetos ou acontecimentos que essas palavras representam, não aprenderão conceitos novos.

Nesse sentido, aplicamos uma metodologia de ensino, em uma escola pública do município de Uberlândia, onde optamos por trabalhar o tema eletricidade (energia elétrica, corrente elétrica, isolante elétrico, condutor elétrico, circuito elétrico, resistência elétrica) com crianças do quarto ano do ensino fundamental (9-11 anos de idade).

A escolha das crianças nessa faixa etária se deu pelo fato de que, em geral, já sabem ler e escrever e possuem alguma experiência com a disciplina Ciências.

Tendo em vista essas considerações, nosso propósito de estudo é responder o seguinte questionamento: Como viabilizar o início da construção do significado de conceitos de

eletricidade nos anos iniciais do Ensino Fundamental, com uso de uma experimentação virtual?

O objetivo geral da pesquisa consiste em desenvolver e aplicar uma metodologia fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2003) e na Teoria de Aquisição e Desenvolvimento Conceitual de Herbert Klausmeier (1977) para viabilizar o início da construção de conceitos de eletricidade nos anos iniciais do Ensino Fundamental, com uso de uma experimentação em um ambiente virtual.

Os objetivos específicos consistem em: utilizar o conhecimento prévio dos estudantes sobre eletricidade no desenvolvimento da metodologia; avaliar a influência da experimentação virtual no inicio do processo de construção de cada conceito (eletricidade, energia elétrica, condutor elétrico, isolante elétrico, circuito elétrico, corrente elétrica e resistência elétrica); identificar capacidades cognitivas que o uso da experimentação virtual proporciona à aquisição conceitual.

Como hipóteses principais de trabalho, acreditamos que crianças na fase inicial de escolarização podem começar a assimilar conceitos de eletricidade de forma significativa, da mesma forma que aprendem conceitos relevantes de outras disciplinas, promovendo uma educação científica mais sólida. Achamos, ainda, que a presença de tópicos de Física pode contribuir, desde cedo, para despertar o interesse de estudantes para essa área do conhecimento.

Nessa dissertação, apresentamos no Capítulo 1 a Revisão da Literatura, descrevendo trabalhos de pesquisa disponíveis em periódicos científicos que enfocam aspectos do tema em questão. Mostramos, ainda, como nosso trabalho se relaciona com esses trabalhos pesquisados.

No Capítulo 2 apresentamos a Fundamentação Teórica, sobre a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a aquisição e desenvolvimento de conceitos nas concepções de Ausubel e Klausmeier.

No Capítulo 3 abordamos a Metodologia de Pesquisa. Caracterizamos o contexto da pesquisa (os sujeitos de pesquisa e a escola), descrevemos o enfoque metodológico adotado e os instrumentos para coleta e análise dos dados.

No Capítulo 4 contemplamos os Resultados e Análise dos Dados.

No Capítulo 5 apresentamos as Conclusões do nosso trabalho.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO DA LITERATURA

1.1 METODOLOGIA UTILIZADA NA REVISÃO DA LITERATURA

A metodologia de análise dos trabalhos publicados consistiu, primeiramente, na seleção de artigos por palavras-chaves, seguida pela leitura do resumo para buscar indícios do uso do computador em metodologias de ensino abordando temas de Física com o uso da experimentação, mais especificamente o tema eletricidade, no nível de ensino fundamental. Limitamos nossa pesquisa aos volumes disponíveis on-line, acessíveis pelo site da Capes ou diretamente pelos sites das revistas.

Depois de selecionados, analisamos cuidadosamente o conteúdo dos artigos, focando nos métodos, análises e conclusões dos autores. Os artigos foram, então, classificados em três categorias: i) Estudos envolvendo o ensino de Física nos anos iniciais com ênfase em metodologias de ensino relacionadas à experimentação/investigação; ii) Estudos que contemplam o ensino de Física, no ensino fundamental, utilizando algum recurso no computador e iii) Estudos que contemplam o tema eletricidade no ensino fundamental.

Consultamos os artigos que foram publicados de 2000 a 2010 nos periódicos listados no Quadro 1.

PERIÓDICO	VOLUMES/ANOS
Cadernos CEDES	20-30
Ciência e Educação (UNESP)	6-16
Computers and Education	34-55
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	2-12
International Journal of Science Education	22-32
Investigações em Ensino de Ciências	5-15
Journal of Science Communication	01-09
Physics Education	35-45
Public Understanding of Science	09-19
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	1-10 (*) 2002-2010
Research in Science & Technological Education	18-28
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	01-10 (*) 2001-2010
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	1-5 (*) 2006-2010
Science & Education	09-19
Science in Context	13-23

QUADRO 1- Relação dos periódicos consultados

(*) Apenas os exemplares a partir do ano mencionado estão disponíveis *on line*.

Descrevemos a seguir os resultados encontrados em cada uma dessas categorias.

1.1.1 Estudos envolvendo o Ensino de Física nos anos iniciais, com ênfase em metodologias de ensino relacionadas à experimentação/investigação

O artigo de Mozena e Ostermann (2008) nos auxiliou bastante na tarefa de revisão da literatura sobre pesquisas nacionais envolvendo o ensino de Física nos anos iniciais, pois as autoras já haviam catalogado trabalhos nessa categoria, publicados até o ano de 2007 em periódicos nacionais. As autoras classificam os trabalhos encontrados de acordo com o enfoque (metodologia de ensino, livros didáticos, ou natureza do ensino) e, a partir das análises da abrangência das pesquisas, apontam perspectivas para futuros trabalhos nessa temática.

Em relação ao enfoque, as autoras observaram grande ênfase em trabalhos relacionados à metodologia do ensino de Ciências centrados na experimentação e investigação. Tendo em vista que nosso trabalho de pesquisa está relacionado com esse tipo de enfoque, iremos nos centrar na análise desses trabalhos.

Nesse contexto, o trabalho de Nascimento, Santos e Nigri (2006) analisa a prática discursiva de dois grupos de alunos durante a construção de um objeto técnico: um aeromodelo movido a elástico. Os resultados mostram a predominância do discurso da ação sobre os elementos constitutivos do objeto técnico e apontou para a necessidade da discussão sobre quais gestos técnicos ligados ao processo de construção devemos levar para a sala de aula (*apud* Mozena; Ostermann, 2008).

Monteiro e Teixeira (2004) apresentam e analisam três atividades práticas para o ensino e a aprendizagem de Física nas séries iniciais, diante de alegada falta desses recursos. Usando problemas abertos, concluem pela importância da estruturação e organização das atividades que devem ser propostas, uma vez que ficou evidenciado que a capacidade dos alunos de discutir e apresentar argumentos relacionados aos fenômenos físicos investigados está intimamente relacionado com um repertório de possibilidades de manipulação e de interações que a atividade pode oferecer (*apud* Mozena e Ostermann, 2008).

Outro trabalho com esse enfoque metodológico é o de Matos e Valadares (2001), que aponta para uma abordagem construtivista e investigativa do ensino da ciência e permite, não só analisar o entendimento de alunos dos oito aos dez anos sobre alguns conceitos de Ciência, mas também comparar esse entendimento em alunos de duas turmas, consideradas

equivalentes no início da investigação: uma turma, em que os alunos foram envolvidos em atividades experimentais, numa lógica construtivista e investigativa (grupo experimental) e outra, em que os alunos foram sujeitos ao ensino sobre os mesmos temas, nos moldes tradicionais, portanto, sem realização de qualquer atividade experimental (grupo de controle). Os alunos da turma experimental apresentaram maior conhecimento que a turma de controle ao final do tratamento (no pré-teste as médias de aproveitamento das duas turmas giraram em torno de 50%, ou seja, praticamente o mesmo; no pós-teste, o desempenho da turma experimental foi 91% acima da de controle) (*apud* Mozena e Ostermann, 2008).

No trabalho de Gonçalves e Carvalho (1995), as autoras desenvolvem uma investigação em que os alunos deveriam resolver o seguinte problema: fazer com que objetos de formas diferentes produzissem sombras iguais. Os resultados mostram que a ação da criança passa por nítidas etapas durante a resolução do problema, por meio da experimentação: ela age para conhecer os objetos e obter os efeitos que deseja; tendo consciência de suas ações e das reações dos objetos, a criança pode estabelecer as relações causais, possibilitando desvincular a ideia de sombra da ideia de reflexo. As autoras observam que os alunos construíram algumas relações e explicações causais (cuja etapa não é espontânea) sobre a necessidade da luz na formação das sombras (*apud* Mozena e Ostermann, 2008).

A Figura 1 evidencia de modo geral os trabalhos que acabamos de descrever relacionados ao ensino de Física nas séries iniciais, com ênfase na experimentação/investigação.

A partir da análise dos artigos selecionados, Mozena e Ostermann (2008) refletem sobre as perspectivas para pesquisas futuras na área. Elas deixam explicitadas na forma de perguntas, sugestões para futuros trabalhos na área de ensino de física nas séries iniciais, tais como: Como desenvolver atividades e estratégias de ensino? Como implementá-las? Como fazer a mediação, organizar a aula? Como saber o momento de questionar? Como fazer o questionamento? Como direcionar a aula e o aprendizado sem tolher a liberdade de raciocínio do aluno e as discussões? Como mensurar e/ou qualificar o aprendizado? Como adequar atividades, estratégias e conteúdos de Física à faixa etária ou ao nível cognitivo do aluno? Como os livros didáticos podem fazer isso? Que habilidades importantes existem no gesto técnico? As concepções das crianças sobre a ciência são muito diferentes dos adultos? Como levar os resultados das pesquisas para a sala de aula?

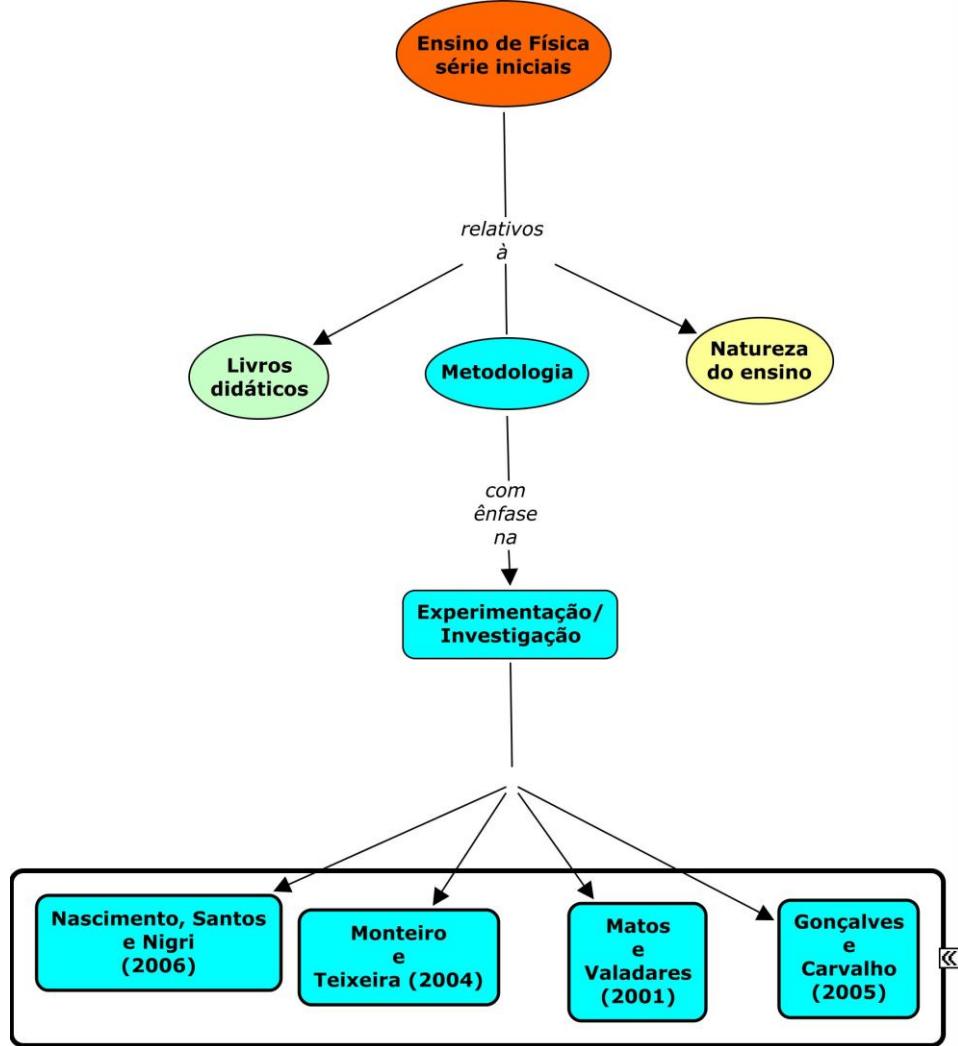


FIGURA 1 - Esquema evidenciando os trabalhos relacionados ao Ensino de Física nos anos iniciais, com ênfase em metodologias de ensino relacionadas à experimentação/investigação

1.1.2 Estudos que contemplam o ensino de Física, no ensino fundamental utilizando algum recurso no computador

O único artigo que encontramos nessa categoria foi o de Panagiotakopoulos e Ioannidis (2002), que investiga o conceito de tempo em crianças gregas com idades pré-escolar e escolar (4 a 11 anos).

Os autores desenvolveram uma pesquisa com 374 crianças nessa faixa etária, com o objetivo de comparar a aprendizagem desse conceito pelos mesmos, ao se utilizar um software multimídia na avaliação da compreensão dos conceitos básicos de tempo, ou o procedimento convencional, sem o uso do computador.

Os resultados indicaram que as crianças tiveram uma maior compreensão do tema quando o software multimídia foi utilizado. Esta superioridade foi mais pronunciada em

experimentos que envolveram movimento ou ação. A correlação positiva entre a idade e a compreensão foi detectada.

1.1.3 Estudos que contemplam o tema eletricidade no ensino fundamental

Em relação aos trabalhos que tratam do Ensino de Eletricidade nos anos iniciais do Ensino Fundamental, foram encontrados os estudos de Tsai (2003), Tsai et al. (2007) e Jer Lee (2007) realizados em Taiwan; de Prain and Waldrip (2006) realizado na Austrália e de Glauert (2009), realizado em Inglaterra, todos preocupados com aspectos de mudança conceitual.

O Quadro 2, mostra um esquema dos trabalhos que acabamos de mencionar.

Autor(es)	Local e Faixa etária dos alunos	Objetivos	Metodologia/Estratégia	Conclusão
Tsai (2003)	Taiwan 14 anos	Investigar o uso de mapas de conflitos como uma ferramenta instrucional para promover mudanças de concepções alternativas sobre circuitos elétricos simples em série	Para a aplicação da sua pesquisa, o autor dividiu os estudantes em dois grupos: um grupo experimental, composto de 97 estudantes, sendo 48 do sexo feminino e um grupo de controle com 93 estudantes, sendo 45 do sexo feminino. Os grupos não apresentavam diferença estatística de rendimento escolar em Ciências (possuíam o mesmo escore em média) e foram ensinados pelo mesmo professor.	Como conclusão preliminar, o autor afirma que os estudantes do grupo experimental demonstraram realizar mudanças conceituais e construir melhores redes ideacionais do que aqueles do grupo de controle.
Tsai et al. (2007)	Taiwan 13 à 16 anos de idade	Investigar as concepções dos estudantes sobre corrente elétrica para compreensão dos circuitos elétricos.	Foi aplicado um instrumento diagnóstico de duas camadas, no qual a primeira camada consistia de uma resposta a ser escolhida pelo estudante e a segunda, de uma justificativa da resposta dada, a ser escolhida pelo mesmo. Na análise de dados foi possível identificar as concepções alternativas dos alunos relacionadas às seguintes categorias: o consumo de corrente elétrica, corrente e energia no circuito elétrico e voltagens em circuitos em série e em paralelo	Os resultados revelaram que as maiores dificuldades de aprendizagem observadas foram em relação à voltagem em circuitos em série e à corrente elétrica em circuitos em paralelo.
Jer Lee	Taiwan	Investigar	A pesquisa foi desenvolvida	Os resultados da aplicação

(2007)	11 à 13 anos de idade	compreender as concepções alternativas dos alunos sobre baterias e, a partir dessa compreensão, melhorar as estratégias de ensino na educação científica.	em seis fases: (1) análise do contexto em que aparece o conceito “bateria” na estrutura curricular e nas aulas de Ciências na escola primária, (2) sumarização das declarações proposicionais dos alunos e confecção de um mapa conceitual sobre baterias, produzido por especialistas da pesquisa, para auxiliar a compreensão dos estudantes no tema, (3) elaboração de um protocolo de entrevistas semi-estruturadas, (4) coleta e análise das concepções alternativas dos alunos sobre baterias, (5) utilização dos resultados das fases 1 a 4, como um teste piloto, para construção de um instrumento de diagnóstico de duas camadas para detectar as concepções alternativas no tema, (6) utilização do instrumento de diagnóstico para compor um estudo nacional sobre aprendizagem de conceitos de Ciências.	do instrumento de diagnóstico levou o autor a utilizar dois tipos de categorias gerais para classificar os modelos de concepções alternativas observadas: “conteúdo livre” e “conteúdo específico”. Como “conteúdo livre” foram categorizados os conceitos alternativos generalizados na linguagem, comunicação de massa, intuição e assim por diante. Por exemplo: uma bateria contém água”, “uma bateria é seca internamente”, “pilhas alcalinas são mais poderosas que outras”, “o poder da bateria é proporcional ao seu tamanho” etc. Como “conteúdo específico” foram classificados os conceitos alternativos estreitamente relacionados com o conteúdo escolar, como por exemplo: “uma pilha inclui pequenos fios”, “as conexões de baterias em série ou em paralelo tem o mesmo efeito sobre a luz de uma lâmpada”, “a reciclagem de uma pilha é semelhante à reciclagem de papel” etc
Prain e Waldrip (2006)	Austrália 9 a 12 anos	Que os alunos compreendessem a natureza de um circuito elétrico e pudessem diferenciar um circuito em série ou paralelo e compreendessem seu funcionamento	As representações modais utilizadas foram: discussões, trabalhos com modelos e experimentos, participação em atividades de leitura e escrita, atuação em encenações, cópia de diagramas construídos pelo professor, produção de diagramas próprios e apresentações para toda a sala. Os estudantes tiveram que realizar as seguintes tarefas: explicar o que tinham aprendido, construir circuitos 3D simples (modelos tridimensionais), desenhar o que eles tinham construído e relatar suas explicações à toda a classe.	As respostas das crianças para tarefa de representar um circuito elétrico indicaram que algumas concepções alternativas foram mantidas. Por exemplo, alguns alunos acreditavam que os fios em um circuito funcionavam como uma mangueira para transporte de líquidos a partir da bateria, e persistiu com esta explicação, quando eles produziram uma nova representação de um circuito. Muitos estudantes se esforçaram para explicar porque um circuito funcionou ou não funcionou, e precisavam de muita prática na

				construção das representações em 2D e 3D para reforçar a compreensão do conceito.
Glauert (2009)	Inglaterra 9 a 12 anos	Investigar o quanto longe os pontos de vista das crianças sobre circuitos elétricos correspondiam aos de crianças mais velhas e adultas encontrados em pesquisas anteriores.	O procedimento adotado pelo autor foi entrevistar individualmente todas as crianças. A entrevista foi dividida em duas partes. A primeira parte foi projetada para sondar as opiniões das crianças. Foram mostradas oito fotografias de circuitos elétricos com uma bateria descarregada e era questionado se o circuito funcionaria se a bateria fosse substituída por uma nova. A segunda parte proporcionou a oportunidade de estudar as habilidades práticas das crianças em relação aos circuitos elétricos. Foi fornecida às crianças uma gama de componentes elétricos (baterias, lâmpadas, motores e fios) e as mesmas foram convidadas para construírem circuitos elétricos de sua própria escolha. Em particular, foi sugerido que elas pudessem experimentar qualquer um dos exemplos de circuito elétrico mostrados na primeira parte da entrevista.	As observações sugeriram que: as crianças nessa faixa etária são capazes de fazer previsões em relação às características de uma série de modelos de circuitos elétricos; as crianças oferecem um conjunto de explicações para suas previsões, como “a eletricidade percorre os fios”; as crianças foram capazes de identificar uma série de fatores que podem influenciar no funcionamento de um circuito elétrico; suas descrições não ficam limitadas a descrições de objetos e eventos; nas atividades práticas, as crianças utilizaram da tentativa e erro para fazerem os circuitos funcionarem; crianças com o mesmo nível de competência prática fizeram previsões características de diferentes modelos de circuito, oferecendo diferentes visões sobre as conexões necessárias ou fornecendo diferentes explicações para o que acontece em um particular circuito; é importante não subestimar as crianças; a partir de uma tenra idade, as crianças tentam explicar os fenômenos e os eventos de pontos de vista não muito diferentes dos de

				algumas crianças mais velhas ou adultas.
--	--	--	--	------------------------------------------

QUADRO 2- Pesquisas internacionais relacionadas com o tema “Eletricidade” no ensino fundamental

Conforme apresentado no Quadro 2, Tsai (2003) investigou o uso de mapas de conflitos como uma ferramenta instrucional para promover mudanças de concepções alternativas sobre circuitos elétricos simples em série, em estudantes de Taiwan com 14 anos de idade.

Um mapa de conflitos é um diagrama que coloca em evidência dois conflitos: um, entre as concepções alternativas dos estudantes e percepções discrepantes (novas interpretações de fenômenos ou eventos obtidos diretamente dos cinco sentidos ou de experimentos imaginários) e outro, entre as concepções alternativas e as concepções científicas discrepantes. O mapa de conflitos faz uso de um conjunto de eventos discrepantes, eventos críticos, concepções e percepções científicas para tentar promover mudança conceitual nos estudantes.

Tsai et al. (2007) realizaram uma pesquisa de caráter nacional nas escolas de Taiwan, com o foco nas concepções dos estudantes sobre circuitos elétricos. O estudo envolveu duas amostras aleatórias estratificadas, contendo 7.145 estudantes dos graus 8 (13-14 anos) e 9 (14-15 anos) e 2.857 estudantes do grau 11 (15-16 anos). A corrente elétrica foi o conceito-chave usado para a compreensão dos circuitos elétricos.

Prain and Waldrip (2006) relatam os resultados iniciais de um estudo maior que visa conceber, testar e avaliar estratégias de ensino e aprendizagem para melhorar a aprendizagem em ciência dos alunos dos graus 4 a 6 do ensino primário na Austrália, que corresponde a crianças na faixa etária de 9 a 12 anos. O foco da pesquisa foi o uso de representações múltiplas e multimodais de conceitos científicos.

Por representações múltiplas, o autor refere-se a práticas de representar o mesmo conceito utilizando diferentes formas, como a forma verbal, gráfica e numérica, e, também,

expor o estudante repetidamente frente ao mesmo conceito. A representação multimodal refere-se à integração, no discurso da ciência, de diferentes modos de representar o raciocínio e as descobertas científicas.

O artigo descreve dois casos diferentes de envolvimento dos alunos com múltiplas representações de conceitos científicos. O primeiro caso está relacionado com o entendimento de alunos do grau 4 (9-10 anos) sobre o tema eletricidade e o segundo, com o entendimento de alunos dos graus 5 e 6 (10 a 12 anos) sobre o tema colisões.

Glauert (2009) realizou uma pesquisa com 28 crianças, sendo 12 meninas e 16 meninos, com idades entre 5 e 6 anos. O estudo procurou investigar o quanto longe os pontos de vista das crianças sobre circuitos elétricos correspondiam aos de crianças mais velhas e adultas encontrados em pesquisas anteriores.

1.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA REVISÃO E RELAÇÕES COM O PRESENTE TRABALHO DE PESQUISA

As questões levantadas no artigo de Monzena e Ostermann (2008) contribuíram decisivamente para desenvolvermos nossa pesquisa. Identificamos uma convergência entre as nossas intenções e aquelas apresentadas pelas autoras quando apresentam as perspectivas de trabalhos futuros na área. Algumas questões formuladas pelas autoras tangenciam nossas questões de pesquisa, justificando-as.

Da análise bibliográfica que realizamos, foi possível constatar que, embora existam na literatura, propostas de ensino de conteúdos de Física nos anos iniciais do ensino fundamental no país, há uma ausência de trabalhos que abordem o tema eletricidade nesse nível de ensino e, especialmente, com o uso de experimentação virtual no computador.

Em nível internacional, entretanto, encontramos estudos voltados à mudança das concepções alternativas dos alunos na faixa etária de 6 a 14 anos, com a preocupação de ensinar conteúdos de eletricidade, principalmente conceitos relacionados a circuitos elétricos.

Tendo em vista que a maioria desses trabalhos analisados foca a análise das concepções alternativas dos alunos sobre o tema eletricidade, iremos utilizá-los como referências para a construção de níveis de categorização dos dados coletados na nossa pesquisa.

De maneira geral, a revisão da literatura mostra um movimento no enfoque educacional no campo das ciências, na direção de uma maior integração de temas da Física na alfabetização científica de crianças na faixa etária de 6 a 14 anos, tanto em nível nacional, quanto em nível internacional, corroborando a importância do objetivo da presente pesquisa.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desenvolvemos e aplicamos uma metodologia de ensino fundamentada na Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel (1978), para viabilizar o início da formação de conceitos de eletricidade nos anos iniciais do Ensino Fundamental, com uso de alguns experimentos em um ambiente virtual.

Na análise de indícios de aquisição e desenvolvimento de cada conceito pelos estudantes, utilizamos as idéias sobre os processos de formação e assimilação conceitual de David Ausubel (1978), complementadas com as idéias de Herbert Klausmeier (1977) sobre os níveis de desenvolvimento de um conceito.

Portanto, nesse capítulo apresentaremos um tópico sobre os principais aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa que foram utilizados na estruturação da metodologia proposta e, outro tópico, sobre a aquisição e desenvolvimento de um conceito, no qual procuramos conciliar as idéias de Ausubel e Klausmeier.

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que vem influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 137).

A Teoria da Aprendizagem Significativa é uma teoria cognitivista, que considera a aprendizagem como o resultado da interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

O termo estrutura cognitiva trata-se do conteúdo total e da organização das ideias de um dado indivíduo, que estão estruturadas hierarquicamente, onde os conceitos mais inclusivos (mais gerais) encontram-se no topo da hierarquia e os menos inclusivos (mais específicos) na base (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 p. 37).

A interação das idéias novas e pré-existentes é marcada por uma modificação, onde o novo conhecimento passa a ter significados para o indivíduo e o conhecimento prévio adquire novos significados, tornando-se mais diferenciado e elaborado, através de um processo de assimilação.

A Teoria da Assimilação de Ausubel (2003) é o cerne da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Ausubel (1978) usa o termo *subsunção* para o relacionamento de uma idéia nova e uma já existente (denominada subsunçor) e, ao mesmo tempo, na modificação de ambas. Tal aprendizagem pode denominar-se derivativa, se o material de aprendizagem apenas exemplificar ou apoiar uma idéia já existente na estrutura cognitiva, ou correlativa, se for uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriormente apreendidas (AUSUBEL, 2003). A subsunção correlativa pode ser superordenada, subordinada ou combinatória.

A subsunção superordenada é a relação que parte de conceitos específicos para os gerais, enquanto a subsunção subordinada é a relação que parte de conceitos gerais para os específicos e, por último, a subsunção combinatória trata da relação que não é nem superordenada, nem subordinada, mas que se relaciona com uma combinação de conceitos que podem ser mais gerais, ou mais específicos.

Ressalta-se que a existência de informações relevantes na estrutura cognitiva é primordial para a ocorrência de Aprendizagem Significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980); por isso, um dos fatores a ser considerado no ensino é diagnosticar o conhecimento prévio dos estudantes sobre os conceitos relacionados ao assunto a ser trabalhado.

Porém, nem sempre existem subsunções relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. Neste caso, Ausubel propõe o uso de organizadores prévios, cuja principal função “está em *preencher o hiato* entre aquilo que o aprendiz *já conhece* e o que *precisa conhecer* antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 p. 144).

Ausubel (1978) afirma que não se pode desenvolver uma Aprendizagem Significativa com uma organização do conteúdo escolar, linear e simplista. Nesse sentido, explicita dois princípios programáticos: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva consiste em apresentar no início da instrução as ideias, os conceitos e as proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo e, progressivamente, diferenciá-los em termos de detalhes e especificidades. A reconciliação integrativa consiste em explorar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças, reconciliar discrepâncias reais ou aparentes.

Ausubel diferencia, ainda, a possibilidade de ocorrência de três tipos de aprendizagens: aprendizagem por recepção, aprendizagem por descoberta orientada e aprendizagem por descoberta autônoma. Na aprendizagem por recepção o que deve ser

aprendido é apresentado ao indivíduo em sua forma final. Na aprendizagem por descoberta orientada, o aluno deve descobrir o conteúdo a ser aprendido com mediação do professor. Por fim, na aprendizagem por descoberta autônoma, o conteúdo principal daquilo que vai ser aprendido não é dado, mas deve ser descoberto pelo aluno, antes que possa ser significativamente incorporado à sua estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 p.21).

Ausubel distingue dois métodos gerais de aprendizagem conceitual: formação de conceitos, que ocorre principalmente nas crianças mais novas, na fase pré-escolar; e assimilação conceitual, que é a forma dominante de aprendizagem nas crianças em idade escolar e nos adultos (AUSUBEL, 2003 p.2).

O processo de formação de conceito é um tipo de aprendizagem por descoberta, pois os atributos essenciais são adquiridos pela percepção, por meio de experiências empírico-concretas (conceitos primários), envolvendo processos psicológicos como: análise discriminativa, abstração, diferenciação, formulação, teste de hipóteses e generalização (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 p.81).

A assimilação conceitual é a aprendizagem de novos conceitos em contato com seus atributos essenciais, com a capacidade de relacionar, diferenciar e integrar esses atributos a idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva. Esses conceitos são denominados conceitos secundários.

A Figura 2 apresenta um mapa conceitual¹ sobre os principais aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1978) que acabamos de explicitar.

No tópico seguinte, apresentaremos as concepções de Klausmeier a respeito da aquisição e desenvolvimento de um mesmo conceito e nossa interpretação acerca do seu refinamento às idéias de Ausubel.

¹ Mapa Conceitual é uma ferramenta gráfica para a organização e representação do conhecimento (NOVAK; CAÑAS, 2010). Adotamos o modelo de hierarquia vertical de cima para baixo, indicando relações de subordinação entre os conceitos (MOREIRA, 1983).

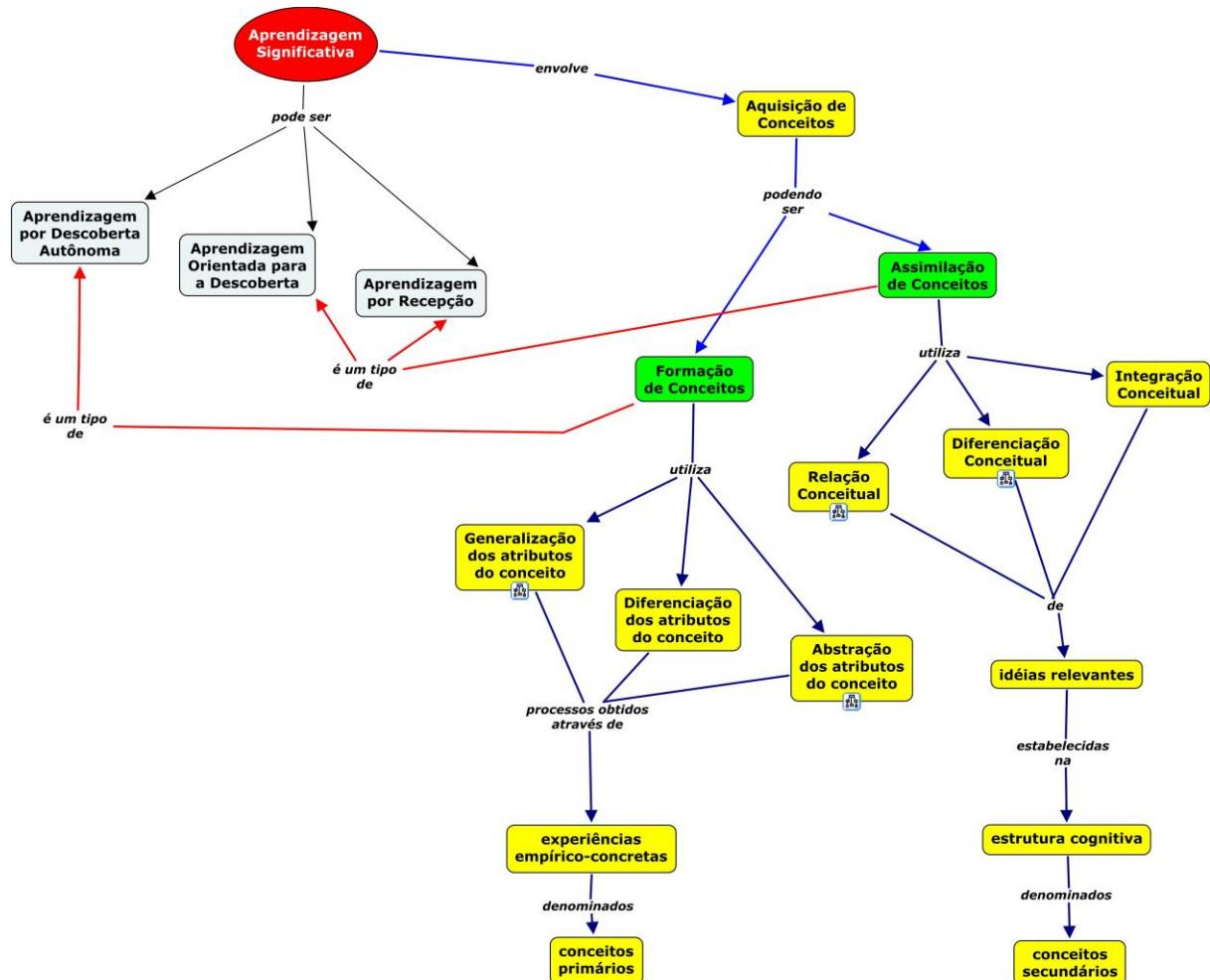


FIGURA 2- Mapa Conceitual com os principais aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel que iremos utilizar no nosso trabalho

2.2 A AQUISIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS NAS CONCEPÇÕES DE AUSUBEL E KLAUSMEIER

Em nossa pesquisa, utilizaremos as contribuições de David Ausubel (2003) e Hebert Klausmeier (1977) sobre a aquisição e desenvolvimento de um conceito.

Klausmeier (1977) descreve um modelo analítico e descritivo, que mostra como um mesmo conceito é construído ao longo do tempo, desde as primeiras experiências até a adolescência. O autor apresenta quatro níveis de desenvolvimento: nível concreto, nível de identidade, nível classificatório e nível formal.

Cada nível de desenvolvimento conceitual apresenta operações mentais específicas e em ordem hierárquica, na qual a complexidade cresce do nível concreto ao nível formal e, para se passar de um nível para o seguinte, o nível anterior deve ter sido satisfeito e novas operações mentais são requeridas. As operações mentais inerentes a cada nível são:

- *Nível concreto*: prestar atenção a um objeto, discriminá-lo de outros objetos, representá-lo como uma imagem ou traço e manter a representação (lembrar).
- *Nível de identidade*: reconhecer um mesmo objeto a partir de diferentes perspectivas ou de diferentes aspectos sensoriais (discriminar várias formas de um mesmo objeto de outros objetos) e generalizar as formas equivalentes desse mesmo objeto.
- *Nível classificatório*: generalizar que dois ou mais exemplos são equivalentes e pertencem à mesma classe de coisas, diferenciar exemplos e não exemplos, mas sem saber definir o rótulo conceitual e a base da classificação.
- *Nível formal*: discriminar atributos da classe, adquirir e lembrar os nomes de atributos, identificar exemplos e não exemplos com base nos atributos definidores.

Segundo Klausmeier (1977), muitos conceitos são formados nos níveis concreto e de identidade antes do início da escolarização e nos níveis classificatório e formal, durante o primeiro e segundo graus.

Ainda, segundo esse autor, o indivíduo pode ampliar e usar o conceito assimilado nos níveis classificatório e formal para estabelecer as relações *superordenadas* e *subordinadas*, o que corresponderia à subsunção correlativa superordenada e subordinada da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A percepção dessas relações pelo aprendiz é importante, pois mostra as conexões entre os conceitos, bem como propicia o desenvolvimento da discriminação de conjuntos de exemplos e não exemplos.

De acordo com nossa interpretação das duas teorias, pode-se relacionar os processos psicológicos envolvidos na formação de conceitos de Ausubel (1968) aos níveis de desenvolvimento conceitual de Klausmeier da forma apresentada no Quadro 3.

Processos Psicológicos, segundo Ausubel	Nível de Desenvolvimento de Conceito, segundo Klausmeier
Abstração dos atributos do conceito	Nível concreto e Nível de Identidade
Análise discriminativa dos diferentes padrões de estímulo	Nível classificatório
Formulação de hipóteses sobre os elementos comuns abstraídos	Nível formal

Teste das hipóteses em situações específicas	Nível formal
Seleção dos atributos comuns das hipóteses confirmadas	Nível formal
Integração dos atributos do conceito a ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva	Nível formal
Diferenciação dos atributos do conceito	Nível formal
Generalização dos atributos criteriais do novo conceito para todos os membros da classe	Nível formal
Representação do novo conteúdo por um símbolo de linguagem consistente com o uso convencional	Nível formal

QUADRO 3: Comparação entre os processos psicológicos envolvidos na formação de conceito, segundo Ausubel, e os níveis de desenvolvimento conceitual de Klausmeier.

Assim, parece-nos que as ideias de Klausmeier combinam-se com as operações cognitivas que ocorrem nos processos de aquisição de um particular conceito estipulado por Ausubel, como procuraremos demonstrar a seguir.

Se considerarmos que na formação de um conceito primário por uma criança, como cadeira, o primeiro estágio de operações de Klausmeier, que consiste em abstrair e diferenciar os atributos do conceito relaciona-se a prestar atenção no objeto e representá-lo mentalmente em seus diferentes ângulos de visão (a cadeira continua sendo cadeira, mesmo sendo vista de outras posições), podemos inferir que corresponde, tanto ao nível concreto de Klausmeier, que é caracterizado pela presença dessas operações cognitivas, quanto à primeira etapa da formação de conceito, dentro da concepção de Ausubel.

Ao discriminar o conceito “cadeira” de outros conceitos, conforme Ausubel, a criança estará generalizando as diferentes formas desse objeto, segundo Klausmeier, e, portanto, relaciona-se ao nível de identidade.

No desenvolvimento desse conceito, e de acordo com Ausubel, a criança identifica outras formas equivalentes do mesmo conceito e generaliza que outros exemplos são equivalentes (a sua cadeirinha, a cadeira da sala de jantar, a cadeira da casa do vizinho etc.), mas sem conseguir explicar, ainda, a base da sua classificação, o que nos permite inferir que corresponde ao nível classificatório de Klausmeier.

Já o nível formal proposto por Klausmeier envolve nomear e definir o conceito em termos de seus atributos definidores (conceitos secundários), o que pressupõe o início da realização de associações conceituais subordinativas (ainda que simples), expressas na Teoria da Assimilação de Ausubel, e nos leva a considerar que esse nível de desenvolvimento encontra-se no estágio inicial da assimilação conceitual.

Assim, a imagem que temos da aquisição e desenvolvimento conceitual é a de um *continuum* de operações cognitivas que se tornam cada vez mais complexas, à medida que a estrutura cognitiva do indivíduo adquire maior capacidade de estabelecer relações relevantes entre as ideias, conceitos e proposições novas e as ideias, conceitos e proposições já estabelecidos, como representado na Figura 3.

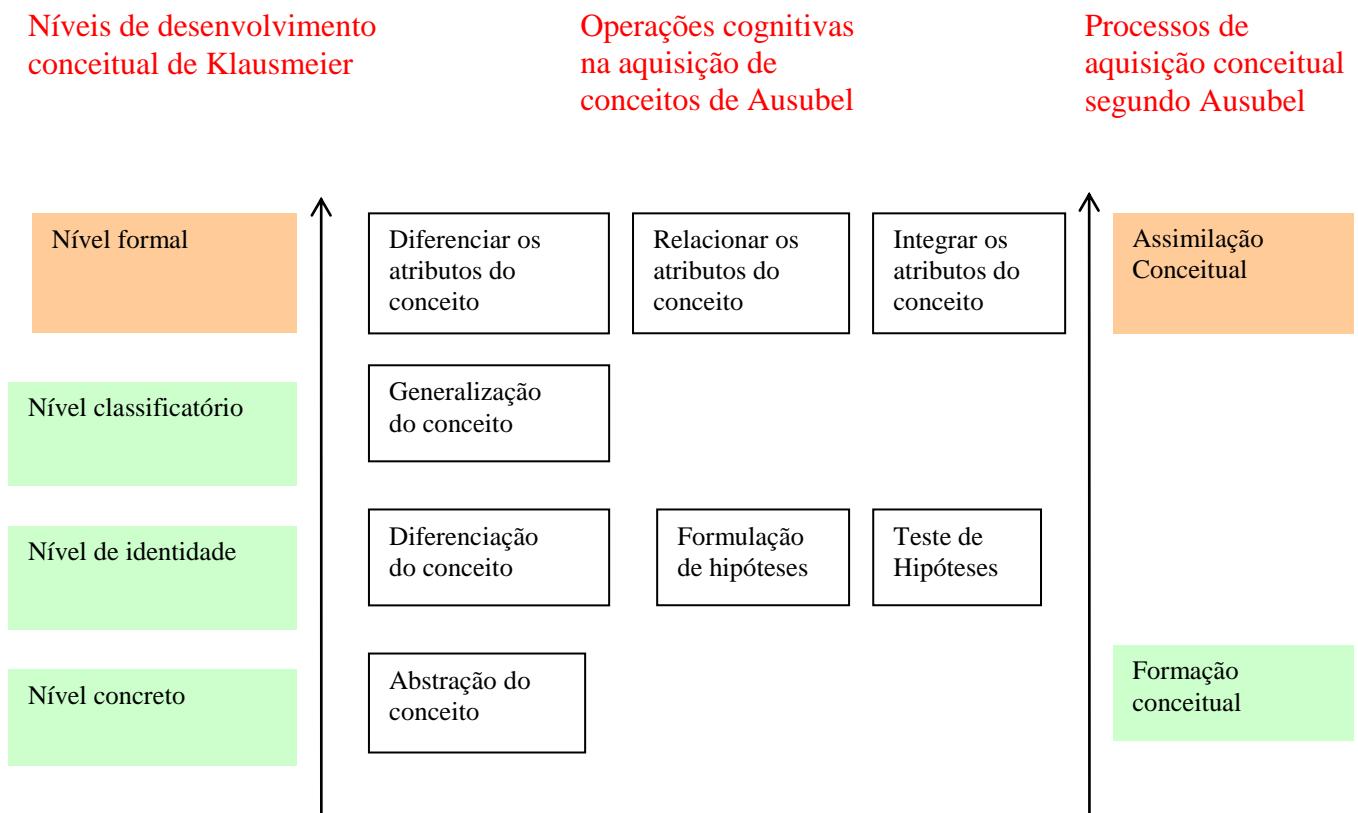


FIGURA 3 - Esquema ilustrativo da hierarquia de aquisição e desenvolvimento conceitual, segundo nossa concepção acerca das contribuições de Ausubel e Klausmeier sobre o tema

Em nosso trabalho, nos baseamos nessa taxonomia de aquisição e desenvolvimento conceitual de Ausubel-Klausmeier para identificarmos as principais capacidades cognitivas

apresentadas pelo aluno e indícios de desenvolvimento de cada conceito trabalhado na experimentação virtual no decorrer da aplicação da nossa metodologia.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para contemplar os desdobramentos de nosso trabalho, fundamentamo-nos na pesquisa de abordagem qualitativa. De acordo com John W. Creswell (2008) a pesquisa qualitativa é um processo investigatório que pretende conhecer determinada realidade social e acontece em um cenário natural com múltiplos métodos que permitem o envolvimento dos participantes do estudo. Nossa metodologia de pesquisa permite e valoriza a participação direta do pesquisador no contexto em que a investigação se realiza, bem como a interação com os sujeitos.

A pesquisa qualitativa como suporte para nosso estudo justifica-se, segundo nosso entendimento, pelo fato de que nos estudos da subjetividade, o sujeito é a referência fundamental. Além disso, nossa pesquisa possui as principais características citadas por Bogdan e Biklen (1994), que dizem que:

o ambiente natural constitui a fonte natural dos dados, tendo o investigador como instrumento principal; é descritiva, visto que os dados serão Analisados minuciosamente para se estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do objeto de estudo; apresenta interesse pelo processo; a análise de dados dá-se de forma indutiva (as abstrações são construídas à medida que os dados são recolhidos e vão se agrupando) e a valorização de significados do fenômeno de estudo. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, pág. 15)

Durante o processo da pesquisa, tentamos produzir uma trama que fosse tecida por meio de discussões e buscamos captar o que se manifestava nas diversas produções dos sujeitos (falas, comportamentos e produções de alunos, como as respostas aos questionários) tendo em vista ampliar nossa análise e reflexão durante o processo de construção de dados.

A Figura 4 mostra um organizador gráfico que evidencia, de forma geral, as principais características da metodologia de pesquisa utilizada para o desenvolvimento do trabalho. Nas próximas seções detalharemos sobre o campo de investigação e os sujeitos da pesquisa, os instrumentos utilizados na coleta de dados e a metodologia utilizada na pesquisa.

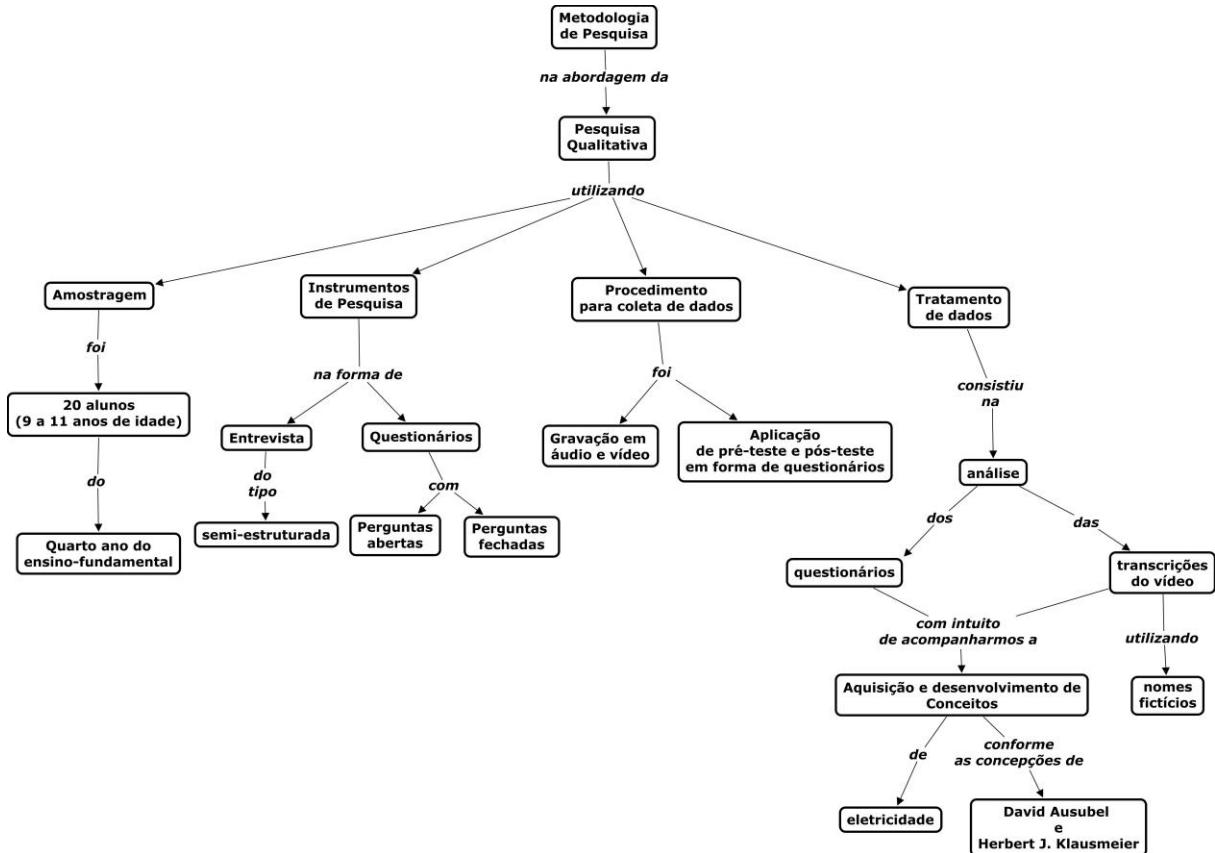


FIGURA 4 - Organizador Gráfico que ilustra a metodologia de pesquisa utilizada

3.2 O CONTEXTO DA PESQUISA

3.2.1 A escola

O campo de investigação foi uma escola da rede pública, situada na periferia do município de Uberlândia.

A escolha da escola atendeu ao critério de priorizar a pesquisa em uma escola da região periférica do município (que apresenta maiores dificuldades de interação com a Universidade) e que possibilitasse a aplicação da metodologia no horário regular de aulas.

A escola selecionada possui 12 salas de aula, uma biblioteca, um laboratório de informática com 15 computadores conectados à internet, uma sala de professores, uma secretaria, duas salas administrativas, uma cantina, um pátio coberto, uma quadra de esportes e uma área arborizada em um dos lados do prédio.

A escola possui cerca de 1000 alunos matriculados em todas as séries do Ensino Básico. No período da manhã, atende ao Ensino Fundamental (8º e 9º anos) e ao Ensino

Médio (do 1º ao 3º ano); no período da tarde, ao Ensino Fundamental (do 1º ao 7º ano) e, no período noturno, ao Ensino Médio (1º ao 3º ano) e à Educação para Jovens e Adultos (EJA).

A aplicação das atividades envolvendo os experimentos virtuais foi feita no laboratório de informática da escola e as discussões foram realizadas na sala de aula.

3.2.2. Os alunos

A turma do quarto ano do ensino fundamental, para a qual a metodologia foi aplicada, possuía 34 alunos, sendo 10 meninas e 24 meninos com idades de 9 a 11 anos.

A participação dos alunos nas atividades coordenadas pelos pesquisadores era totalmente voluntária. Entretanto, durante as discussões, somente alguns alunos se dispuseram a comentar sobre as questões propostas e, assim, um número menor de alunos foi considerado neste trabalho.

Podemos dizer que 20 alunos tiveram uma participação relevante na aplicação da metodologia proposta. Desses 20 alunos, 7 eram meninas e 13 meninos.

A escolha do ano escolar deveu-se ao fato de que nessa etapa de escolarização a criança já sabe ler e escrever com maior desenvoltura, que eram requisitos relevantes para a proposta do presente projeto. Além disso, os experimentos virtuais que utilizamos eram direcionados para crianças dessa faixa etária.

3.3 INSTRUMENTOS PARA REGISTRO DOS DADOS

“O instrumento é uma ferramenta interativa, não uma via objetiva geradora de resultados capazes de refletir diretamente a natureza do estudo independentemente do pesquisador” (GONZÁLES REY, 2002). Utilizamos ferramentas interativas na nossa pesquisa, que nos auxiliaram na produção de conhecimentos. Os dados foram coletados a partir de: entrevista semi-estruturada com cada aluno, pré-teste e pós-teste em forma de questionário e gravação em áudio e vídeo das atividades experimentais desenvolvidas e discussões realizadas.

Por entender que a entrevista é um processo de interação humana entre pesquisador e sujeitos pesquisados, optamos por essa estratégia no início da pesquisa. Nesta interação estão presentes expectativas, sentimentos, dúvidas, interesses, diálogos, resistências, produção de significados e saberes que geram novos conhecimentos. “A entrevista na pesquisa qualitativa, tem sempre o propósito de converter-se em um diálogo, em cujo curso as informações,

aparecem na complexa trama em que os sujeitos a experimentam em seu mundo real” (GONZÁLES REY, 2002). A utilização da entrevista semi-estruturada (Apêndice A) com os alunos nos permitiu a apreensão de informações prévias subjetivas e significativas antes da aplicação da metodologia de ensino, para possibilitar a ampliação de o nosso olhar para o objeto de estudo.

Na entrevista utilizamos o procedimento de solicitar à criança que apresentasse o seu conhecimento sobre cada rótulo conceitual trabalhado na pesquisa.

Utilizamos, ainda, um segundo instrumento para coleta de dados: o questionário. Optamos pelo uso de questionários (Apêndices B e C) que continham muitas questões abertas e poucas fechadas. Segundo Hill e Hill (2008) as perguntas abertas muitas vezes dão informações mais ricas, detalhadas e até inesperadas. Tomamos como referência a obra desses autores para a elaboração dos questionários aplicados na pesquisa.

Buscamos transcrever todas as falas dos alunos e dos pesquisadores durante o desenvolvimento das atividades propostas, preservando ao máximo suas características originais. Para isto, adaptamos um código de transcrição (VILLANI, 2002) (Apêndice D) contendo as convenções utilizadas para registrar as falas. O código de transcrição utilizado tem a pretensão de conseguir registrar os aspectos verbais e não verbais do discurso pertinentes à nossa investigação.

Algumas falas dos alunos não puderam ser transcritas, pois a câmera não foi capaz de captar o som de maneira inteligível. Estes momentos aparecem indicados nas transcrições. Além disso, deixávamos a câmera em algum ponto fixo da sala de aula, não sendo possível, às vezes, filmar a sala como um todo e, em alguns casos, não foi possível identificar o aluno que estava a falar. Esses momentos também aparecem indicados nas transcrições.

As transcrições das falas servirão para análise dos indícios da aquisição e desenvolvimento dos conceitos trabalhados. O intuito é identificarmos aspectos relevantes nas falas dos alunos que possam sugerir evidências de indícios de formação ou assimilação conceitual e o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno.

3.4. METODOLOGIA DE ENSINO ADOTADA

Antes de iniciarmos a aplicação da metodologia, os pais dos alunos receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice E), com explicações dos objetivos da pesquisa, detalhamento dos procedimentos e contendo a informação de que a identidade dos

estudantes seria preservada. Desta forma, utilizamos, em nosso trabalho, pseudônimos no lugar dos nomes verdadeiros dos alunos durante a transcrição dos dados.

Em relação à organização dos conceitos trabalhados, construimos um mapa conceitual (Figura 5) para servir-nos de referência quanto às relações hierárquicas entre os conceitos mais inclusivos (eletricidade, energia elétrica) e os mais específicos (condutor elétrico, isolante elétrico, circuito elétrico, corrente elétrica, resistência elétrica).

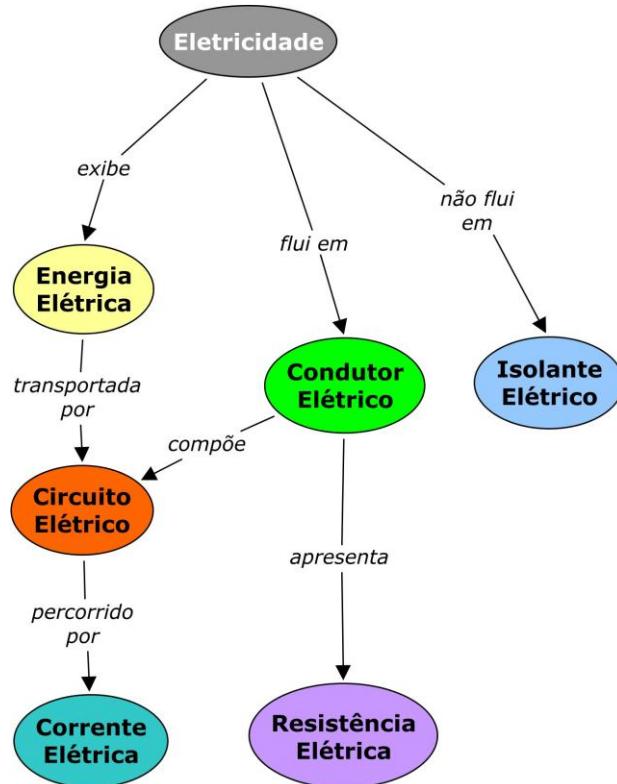


FIGURA 5 - Mapa Conceitual dos conceitos trabalhados na metodologia desenvolvida

Torna-se importante ressaltarmos que esse mapa conceitual foi construído, com intuito de obtermos uma visão geral do conteúdo que iríamos trabalhar e da seqüência hierárquica dos conceitos relacionados com a experimentação virtual. Assim, de acordo com a abordagem ausubeliana, podíamos visualizar como poderíamos explorar as relações de subordinação e superordenação entre os conceitos, utilizando os princípios de diferenciação e reconciliação integrativa de Ausubel (MOREIRA, 1983).

As principais capacidades cognitivas que esperamos ser atingidas pelos alunos com o uso da experimentação virtual encontram-se na Figura 6. Nossos referenciais foram as operações cognitivas apresentadas por Ausubel (1978) e Klausmeier (1977) em cada nível de desenvolvimento conceitual.

Foram utilizadas nove aulas, de 50 minutos cada, para aplicação da metodologia. O Quadro 4 especifica a atividade desenvolvida em cada aula.

Aula	Atividade
1	Aplicação do pré-teste
2	Apresentação do vídeo e discussão do vídeo
3	Discussão vídeo
4	Aplicação da experimentação
5	Aplicação da experimentação
6	Aplicação da experimentação
7	Aplicação da experimentação
8	Aplicação do pós-teste
9	Discussão final

QUADRO 4- Atividades desenvolvidas em cada aula

A nossa metodologia de ensino consistiu de três etapas: a primeira foi a realização de atividades de identificação do conhecimento prévio dos alunos; a segunda, foi a aplicação dos experimentos virtuais e a terceira, a consolidação da etapa instrucional. A Figura 7 ilustra essas etapas e as atividades desenvolvidas em cada uma.

Descreveremos a seguir, as atividades desenvolvidas em cada uma dessas etapas.

3.4.1. Primeira Etapa: Identificação do conhecimento prévio

Nessa etapa, os objetivos foram: conhecer os alunos e averiguar o conhecimento prévio das crianças sobre os conteúdos relacionados ao tema que seria trabalhado, assim como identificar as informações que possuíam sobre eletricidade. Assim, com esse procedimento, selecionamos o organizador prévio que seria interessante utilizar na metodologia aplicada.

Começamos, então, aplicando uma entrevista semi-estruturada (Apêndice A) a cada um dos estudantes. A professora da turma liberava aluno por aluno para a realização da entrevista com os pesquisadores, em uma sala reservada, enquanto ministrava sua aula normalmente.

Nessa entrevista, investigamos o conhecimento prévio dos alunos sobre os rótulos conceituais que seriam trabalhados na experimentação e seus respectivos significados.

Em seguida, aplicamos o primeiro pré-teste em forma de questionário. O Quadro 5, apresenta o número da questão, os rótulos conceituais trabalhados na mesma e as principais

capacidades cognitivas investigadas e relacionadas com o conteúdo da experimentação virtual.

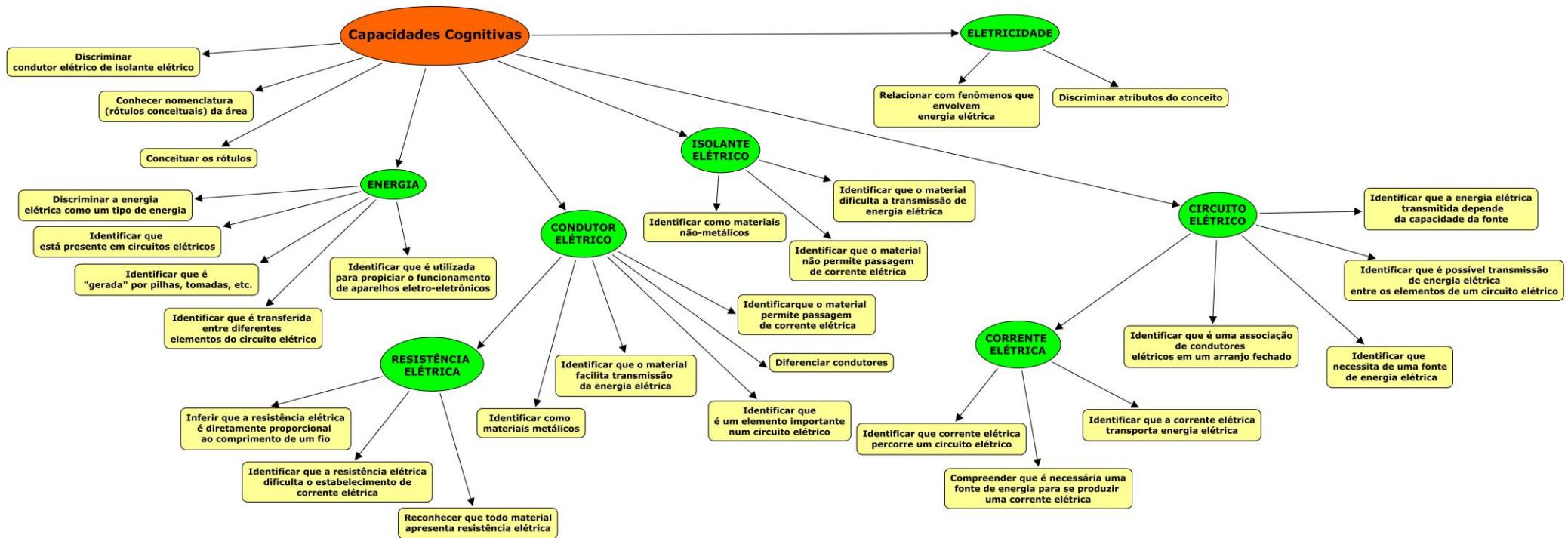


FIGURA 6 - Organizador gráfico com as capacidades cognitivas esperadas que os alunos alcancem com a aplicação da metodologia proposta e relacionadas especificamente com o conteúdo da experimentação virtual.

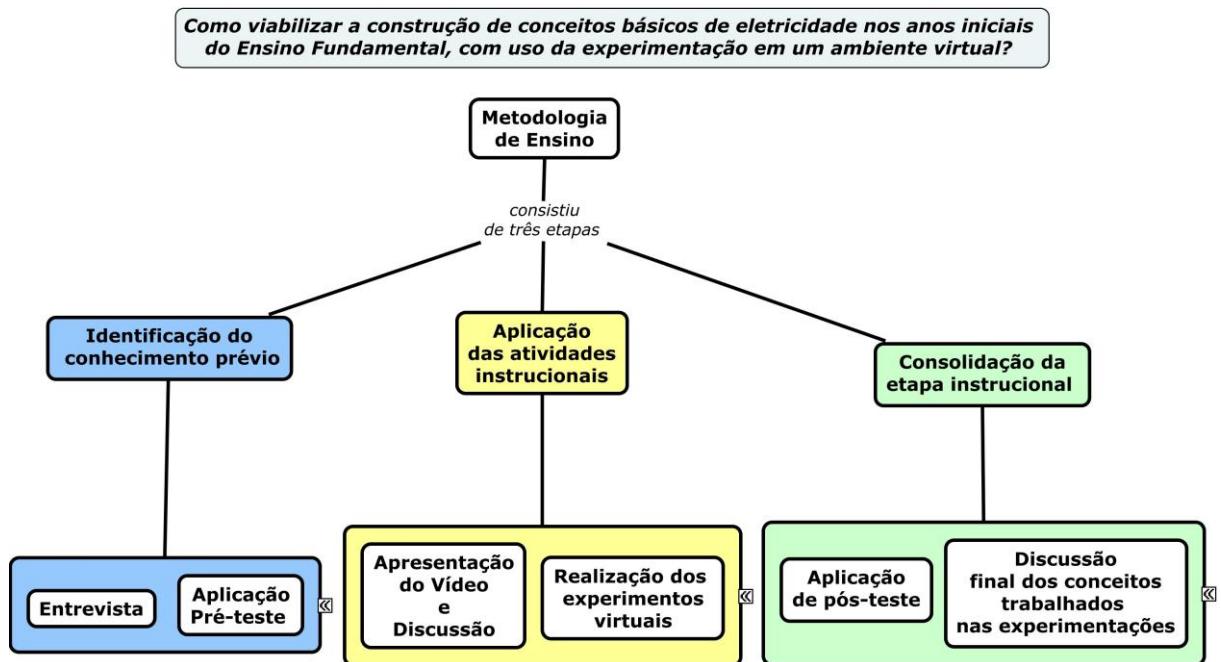


FIGURA 7 - Organizador Gráfico com as principais etapas da metodologia de ensino desenvolvida

Questão/Conceitos trabalhados	Capacidades Cognitivas Almejadas
Questão 1/ Eletricidade e Energia elétrica	<p>Identificar a presença da eletricidade em eventos do cotidiano; Discriminar atributos do conceito; Relacionar com fenômenos que envolvem energia elétrica.</p> <p>Identificar que a energia elétrica é utilizada para propiciar o funcionamento de aparelhos eletroeletrônicos.</p> <p>Citar exemplos de aparelhos eletroeletrônicos que utilizam energia elétrica para seu funcionamento.</p>
Questão 2/ Circuito elétrico	<p>Discriminar a energia elétrica como um tipo de energia; Identificar que é utilizada para propiciar o funcionamento de aparelhos eletroeletrônicos.</p> <p>Identificar os rótulos conceituais dos objetos que fazem parte do circuito elétrico.</p>
Questão 3/ Circuito elétrico e Energia elétrica	<p>Conhecer o rótulo circuito elétrico.</p> <p>Identificar que a energia elétrica é "gerada" por pilhas. Perceber que o circuito necessita de uma fonte de energia elétrica.</p> <p>Perceber que é uma associação de condutores elétricos em um arranjo fechado. Perceber que o fio possibilita a transmissão de energia elétrica entre os elementos de um circuito</p>

	elétrico. Identificar a possibilidade de transmissão de energia elétrica entre os elementos de um circuito elétrico. Identificar que a corrente elétrica percorre um circuito elétrico.
Questão 4/ Circuito elétrico	Conceituar o rótulo
Questão 5 e 6 / Condutor elétrico	Identificar materiais metálicos
Questão 7/ Isolante elétrico	Identificar materiais não-metálicos
Questão 8/ Corrente elétrica	Conceituar o rótulo;
Questão 9/ Resistência elétrica	Conceituar o rótulo; Diferenciar diferentes condutores

QUADRO 5- Relação de cada questão com os rótulos conceituais trabalhados e as capacidades cognitivas almejadas.

3.4.2. Segunda Etapa: Aplicação das atividades instrucionais

Após a aplicação do pré-teste, apresentamos um vídeo de quatro minutos sobre “eletricidade”. Esse vídeo foi utilizado como organizador prévio (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Trata-se do vídeo “Eletricidade e Condutores”², disponibilizado livremente pela UOL Crianças, no qual uma equipe de atores se caracteriza de cientistas malucos e realizam uma experiência utilizando uma bobina de Tesla para mostrar como a eletricidade comporta-se em diferentes condutores. O vídeo enfatiza os conceitos: “condutor elétrico”, “isolante elétrico” e “círculo elétrico”.

Durante a apresentação do vídeo, com duração de quase cinco minutos, não houve a interferência dos pesquisadores em momento algum.

No entanto, após a exibição do vídeo, promovemos uma discussão com a turma onde obtivemos informações interessantes sobre as ideias dos estudantes acerca da eletricidade, que seriam aproveitadas posteriormente em nossa metodologia.

Torna-se importante salientarmos que durante a discussão do vídeo, foi utilizada uma analogia relacionada ao conceito de resistência elétrica. Tal analogia utilizava o comprimento e a largura do corredor da escola, contendo escadarias, como sendo associado à resistência

² Disponível em: <http://criancas.uol.com.br/ultnot/multi/2010/06/29/04029A386ED4A10346.jhtm?mad-science-eletrociade-e-condutores-04029A386ED4A10346>

elétrica e o fluxo dos alunos no corredor foi associado à corrente elétrica. Mostramos que um corredor estreito ou um corredor muito longo apresentava grande resistência ao fluxo de alunos, isto é, associamos à maior resistência elétrica e dificultava o estabelecimento de corrente elétrica. Contrariamente, um corredor largo ou muito curto facilitava esse fluxo, representando uma pequena resistência elétrica e viabilizando uma maior corrente elétrica.

Em relação ao uso da experimentação virtual, utilizamos os experimentos denominados KS2 Bitesize³ que estão disponíveis em um ambiente virtual na internet e apresentam experiências de Física em animação flash.

O site encontra-se em língua inglesa e o fato de termos utilizado seus experimentos virtuais é que não encontramos algo semelhante em língua portuguesa que apresentasse os recursos que desejávamos. Entretanto, como o foco das atividades foi o ambiente gráfico das experimentações, a língua inglesa não constituiu obstáculo para a manipulação do experimento pelos alunos e o entendimento das situações físicas trabalhadas foi facilitado pela intervenção dos pesquisadores, que propunham verbalmente os desafios a serem vencidos pelos alunos.

Foram utilizados dois experimentos virtuais: um, relacionado ao funcionamento de um circuito elétrico (Figura 8), para a faixa etária de 10-11 anos e outro, para análises do comportamento elétrico de materiais (Figura 9), para a faixa etária de 8-9 anos.

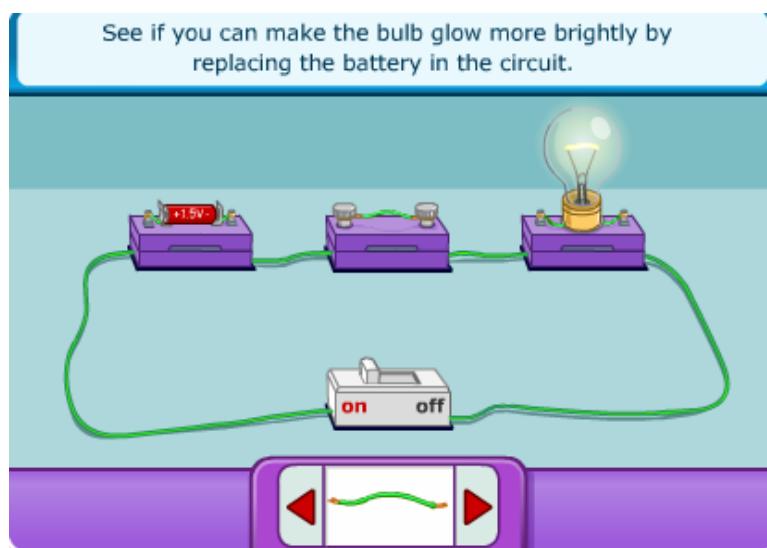


FIGURA 8 - Vista do ambiente gráfico da experimentação virtual KS2 Bitesize, na tela relativa a circuitos elétricos.

³ KS2 Bitesize são experimentações virtuais produzidas pela BBC (British Broadcasting Corporation) e estão disponíveis no site http://www.bbc.co.uk/schools/ks2bitesize/science/physical_processes/

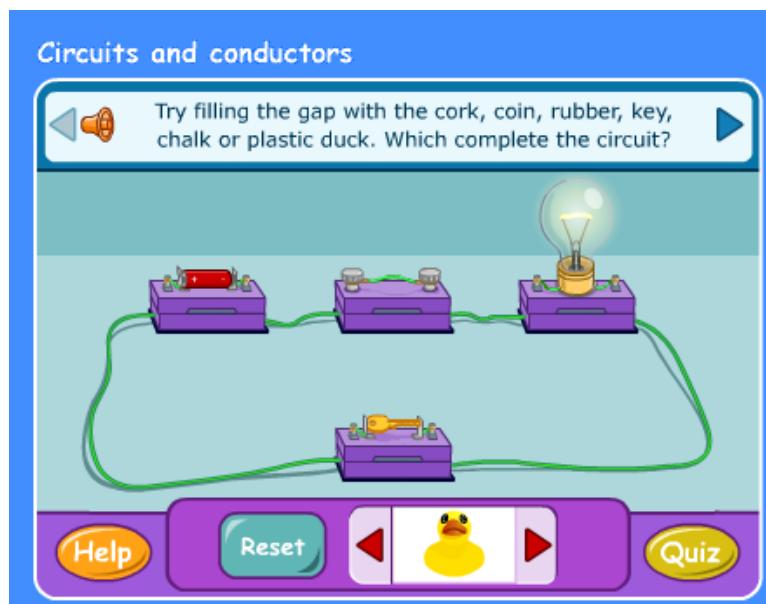


FIGURA 9 - Vista do ambiente gráfico do experimento virtual, na tela relativa a condutores elétricos.

Os experimentos possibilitam trabalhar desafios de naturezas distintas.

O primeiro experimento permite selecionar os componentes do circuito elétrico dentre os seguintes dispositivos elétricos: um interruptor, pilhas com diferentes voltagens (1,5 V ou 3,0 V), lâmpadas e fios de diferentes comprimentos (fios retos e curtos e fios longos em formato espiral). Permite explorar questões relativas ao funcionamento da lâmpada ao se observar a função do acionamento do interruptor (*on* ou *off*) e a relação da intensidade da luz na lâmpada com a quantidade e voltagem das pilhas, ou com o tipo de fio utilizado, ou, ainda, com a quantidade de lâmpadas associadas em série. Assim, propusemos questões desafiadoras como, por exemplo: de que forma proceder para deixar a lâmpada do circuito mais brilhante? Qual o efeito do brilho da lâmpada ao trocarmos o fio reto pelo espiral? Como proceder para ligar o circuito? Por que a lâmpada do circuito está queimada?

O segundo experimento permite selecionar diversos materiais condutores ou isolantes para compor o circuito elétrico e observar o funcionamento da lâmpada em função da escolha feita. Neste caso, propusemos que os estudantes observassem se esses objetos permitiam ou não a passagem de corrente elétrica até a lâmpada.

Esses dois experimentos possibilitaram trabalhar com os seguintes rótulos conceituais: “eletricidade”, “energia elétrica”, “condutor elétrico”, “isolante elétrico”, “corrente elétrica”, “resistência elétrica” e “círculo elétrico”.

A turma foi dividida em dois grupos para a manipulação dos experimentos no laboratório de informática da escola. O intuito era que cada aluno manipulasse o computador

individualmente. No primeiro dia das atividades experimentais aplicamos o joguinho sobre circuitos elétricos às duas turmas e no segundo dia, sobre condutores e isolantes elétricos.

O experimento virtual era deixado pronto para manipulação em todos os computadores para evitar que os alunos precisassem acessar o site e os links intermediários.

Tínhamos elaborado um roteiro com algumas perguntas e alguns desafios, mas percebemos que eles mesmos iam descobrindo coisas mais interessantes de forma autônoma. Então, deixamos os alunos mexerem livremente no joguinho e eles mesmos iam descobrindo desafios e discutindo com a turma suas hipóteses e descobertas. Nesse tipo de atividade o aluno deixa de ser mero espectador e passa a ser agente do processo de formação de seu conhecimento, o que estimula a capacidade de comunicação, expressão e negociação com os outros alunos, fortalecendo a autonomia e implicando na aceitação e no respeito à ideia do outro.

Esse procedimento adotado corresponde ao uso da aprendizagem por descoberta orientada (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), na qual o aluno deve descobrir o conteúdo a ser aprendido com mediação do professor. Essa mediação envolve encorajar e orientar os alunos na coleta de informações e propiciar um ambiente, no qual os alunos recebam um “*feedback*” imediato e preciso, de modo que eles possam avaliar a adequação de suas respostas.

Durante a aplicação da experimentação virtual, nosso intuito é concentrar nas falas e ações do aluno para procurar identificar o nível de desenvolvimento cognitivo, conforme concepção de Klausmeier (1977) e indícios de formação ou assimilação de cada conceito conforme Ausubel (1978). Isso nos possibilitará obter uma radiografia dinâmica da estrutura cognitiva do aluno relacionada aos conceitos trabalhados e analisar a consecução ou não das capacidades cognitivas estipuladas.

3.4.3. Terceira Etapa: Consolidação da etapa instrucional

Na fase posterior à aplicação do joguinho foram propostas duas atividades para averiguar se o aluno conseguia recordar informações que ele tinha utilizado durante a aplicação dos experimentos virtuais, detectar capacidades cognitivas atingidas pela maioria dos alunos e verificar se houve assimilação significativa de cada um dos rótulos conceituais

trabalhados. Essas atividades foram: i) respostas a um pós-teste e ii) participação em uma discussão geral final, para consolidação de todas as atividades.

A descrição detalhada de cada atividade encontra-se a seguir.

i) Aplicação de um pós-teste

Houve a aplicação do pós-teste (Apêndice C), nos quais foram solicitadas as concepções de rótulos conceituais trabalhados nos experimentos e foi solicitado que os alunos relacionassem o rótulo conceitual em questão com mais seis rótulos trabalhados.

iii) Discussão final

Para consolidação das atividades, foi proposta uma discussão geral com a turma na última aula, onde a pesquisadora escrevia na lousa um rótulo conceitual trabalhado no experimento virtual e solicitava que os alunos o relacionassem a outros rótulos.

A pesquisadora conectava cada uma das palavras com uma setinha e questionava os alunos por que os dois rótulos estavam relacionados.

Depois dessa atividade final, a pesquisadora listou os principais rótulos conceituais trabalhados no joguinho: condutor elétrico, isolante elétrico, eletricidade, corrente elétrica, resistência elétrica, energia elétrica e circuito elétrico e, em seguida, questionou qual era o mais geral de todos.

Na análise dos dados do nosso trabalho, o intuito é acompanhar e avaliar o processo de construção de cada conceito, subordinado ou superordenado (eletricidade, energia elétrica, condutor elétrico, isolante elétrico, circuito elétrico, corrente elétrica e resistência elétrica) de acordo com a taxonomia de Ausubel-Klausmeier.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, focaremos nas transcrições das falas dos alunos durante todas as atividades desenvolvidas e nas respostas aos questionários. A intenção é fazer uma análise do desenvolvimento das idéias dos alunos sobre cada conceito trabalhado, em cada etapa aplicada: 1) Diagnóstico do conhecimento prévio dos alunos; 2) Indícios de aquisição de conceitos durante a aplicação de atividades instrucionais; 3) Consolidação final acerca da aquisição dos conceitos.

Destacamos que o número de alunos participantes em cada etapa variou em função da freqüência às aulas.

A análise das operações cognitivas será baseada na consecução dos objetivos descritos na metodologia e procuraremos identificar o nível de desenvolvimento cognitivo em que o aluno se encontra, a partir da apresentação de indícios de assimilação conceitual.

4.1 DIAGNÓSTICO DO CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ALUNOS

Basicamente, a entrevista e o pré-teste serviram de diagnóstico sobre o conhecimento prévio dos alunos acerca dos rótulos conceituais trabalhados: eletricidade, energia elétrica, circuito elétrico, isolante elétrico e condutor elétrico. Nesta etapa participaram 19 alunos.

Na entrevista semi-estruturada, concentramo-nos no estudo das concepções das crianças em relação ao significado de cada rótulo conceitual questionado.

Inicialmente, analisaremos o conhecimento prévio dos alunos sobre eletricidade e energia elétrica.

Os Quadros 6 e 7 mostram as análises às principais respostas verbais para as questões: “Você sabe o que é eletricidade?” “Você sabe o que é energia elétrica?”

<i>Rótulo Conceitual: Eletricidade</i>	
<i>RESPOSTAS</i>	<i>ANÁLISE</i>
Cirilo: “fios que conectam a energia”	As respostas reproduziram o rótulo conceitual em uma situação prática qualquer. As
Juliana: “huuummm.... / eletricidade é / tipo a luz tem eletricidade, a tomada tem eletricidade!”	

<p>Larissa: “aham...é o que paga energia da luz, pra geladeira funcionar/ liquitificador, televisão...”</p> <p>Tiago: é essa rede aqui <u>[aponta par a luz do teto da sala]</u> que faz as luz funcionar, os poste, o computador...</p> <p>Lurdes: “que liga a luz?!”</p> <p>Joelma : “é uma coisa elétrica que nem os computador...eles são elétricos!”</p> <p>Ana: “quando uma pessoa toma um choque!”</p> <p>André: <u>[pensativo]</u> “fios?!”</p> <p>Benardo: “energia pra ligar as coisas!”</p>	<p>respostas, não apresentam uma proposição coerente, são pouco elaboradas, assim podemos associar a um conceito primário.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

QUADRO 6- Análise das respostas dadas à pergunta: Você sabe o que é eletricidade?

Rótulo Conceitual: Energia elétrica RESPOSTAS	ANÁLISE
<p>Aline: “energia elétrica/ huuummm.../ é pra dar/energia nas casas/ dar luz!”</p> <p>Ana: “é quando você/// é quando você liga a televisão...a luz também possui energia elétrica!”</p> <p>Juliana: “energia elétrica é quando acende a luz e aí gasta energia...a geladeira, a televisão,..”</p> <p>Larissa: “é porque...a gte põe as coisas pra funcionar?!”</p> <p>André: <u>[pensativo]</u> “movida a água!?”<u>[cara de pensativo ainda]</u> André: “porque na estação lá, eehhh /// tem uma água que joga energia / pra poder trazer pra gte!”</p> <p>Elda: “luz?!” P1: “luz! O que mais?” Elda: /// “fio”, <u>[sorriu]</u> P2: “o que mais?” Elda: /// “tomada?!” <u>[sorrindo]</u></p> <p>Joelma: “energia elétrica eu acho que é a luz <u>[olhando pra cima]</u>”</p> <p>Pablo: “do poste!”</p> <p>Cirilo: “sei...luz!?”</p>	<p>As respostas reproduziram o rótulo conceitual em uma situação prática qualquer. As respostas, não apresentam uma proposição coerente, são pouco elaboradas, assim podemos associar a um conceito primário</p>

Lurdes: ///“que tem que pagar! Rs...” Celeste: “ah a Cemig!”	
Gabriel: “é uma energia que passa em todas as casas para transmitir energia/ assistir programa...” Bruno: “energia da nossa casa” Fabrício: “é a que vem pra nossa casa, que liga a televisão, acende a luz pra não ficar no escuro!”	As respostas mostram que o rótulo conceitual foi introduzido em determinada categoria. Além disso, as respostas aparecem na forma de uma proposição mais clara e coerente, o qual podemos associar a um conceito secundário.

QUADRO 7- Análise das respostas dadas à pergunta: Você sabe o que é energia elétrica?

Percebe-se que a maioria dos alunos consegue explicitar alguma idéia quando questionados a respeito dos rótulos conceituais “eletricidade” e “energia elétrica”. Entretanto, o emprego pela criança de rótulos conceituais culturalmente padronizados não implica que estejam atribuindo a esses termos os mesmos significados genéricos aceitos pelos adultos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), nem os mesmos significados aceitos cientificamente.

Todavia, as respostas dos alunos Gabriel, Bruno e Fabrício em relação ao rótulo conceitual “energia elétrica” (Quadro 7) chamam a atenção pela melhor qualidade das proposições enunciadas.

Quando esses alunos dizem “é uma energia que passa”, “é a que vem para nossa casa” parecem apresentar noções primárias de transporte de energia. Além disso, a primeira frase citada e a frase “energia da nossa casa” embutem uma diferenciação implícita dos tipos de energia; os alunos referem-se a um determinado tipo de energia (“uma energia”, “da nossa casa”) e não a qualquer energia indiscriminadamente.

A frase da Juliana, “quando acende a luz e aí gasta energia” também se diferencia das demais por apresentar uma noção rudimentar de consumo de energia elétrica, que pode ser futuramente utilizada para trabalhar o conceito de transformação de energia.

Em relação aos conceitos menos inclusivos (círcuito elétrico, condutor elétrico e isolante elétrico) os alunos não demonstraram a mesma homogeneidade de compreensão que demonstraram nos conceitos mais inclusivos.

Na concepção do rótulo conceitual “círculo elétrico”, a maioria dos alunos respondeu que não conhecia o rótulo e alguns o confundiram com “curto-círculo”. A fala de André exemplifica essa última constatação:

P1: *E você sabe o que significa círculo elétrico?*

André: *Quando dá aquele pipoco??*

P1: *Dá o que?*

André: *É! Que aí estoura os fios! / E aí para tudo!*

Isso demonstra desconhecimento absoluto do rótulo “círculo elétrico” e do seu respectivo significado.

Quanto aos rótulos conceituais “condutor elétrico” e “isolante elétrico”, todas as respostas foram categoricamente “não sei”, sem qualquer tentativa de associação com outros termos e com exibição de expressões faciais de desconhecimento.

A análise do pré-teste também contribuiu para o diagnóstico sobre o conhecimento prévio dos alunos sobre os rótulos conceituais que iriam ser trabalhados. Esse instrumento de pesquisa possibilitou explorarmos a forma com que os alunos organizam suas idéias em formato de escrita. Além disso, foi possível explorar as capacidades cognitivas dos alunos, conforme apresentadas no Quadro 5, apresentado no item Metodologia.

Nessa etapa da pesquisa participaram 18 alunos.

Primeiramente, categorizamos as respostas dos alunos em cada questão para verificar a possível presença de alguns dos objetivos cognitivos almejados em relação a cada conceito.

Subdividimos as análises de acordo com as seguintes categorias: i) Conceitos mais inclusivos (eletricidade e energia elétrica); ii) Conceitos intermediários (condutor elétrico, isolante elétrico e círculo elétrico); iii) Conceitos mais específicos (corrente elétrica e resistência elétrica)

i) Conceitos mais inclusivos (eletricidade e energia elétrica)

A questão 1 do pré-teste requer que os alunos explicitem seus conhecimentos sobre os rótulos conceituais de eletricidade e energia elétrica.

Na questão sobre o que os aparelhos eletro-eletrônicos possuíam em comum, detectamos 6 respostas relevantes associadas à identificação da presença da eletricidade.

Em relação à questão que pergunta do que os aparelhos elétricos precisam para funcionar, um número considerável de alunos conseguiu identificar que a energia elétrica é utilizada para propiciar o funcionamento de aparelhos eletro-eletrônicos.

Um aspecto interessante é que quase todos os alunos citaram dois ou mais exemplos de aparelhos eletro-eletrônicos no terceiro item da primeira questão, demonstrando perceptibilidade e numerosidade de exemplos relacionados com a eletricidade. De acordo com Klausmeier (1977), esse tipo de generalização trata-se de uma operação cognitiva importante no nível classificatório de desenvolvimento de um conceito.

Ao serem solicitados para definir o tipo de energia capaz de fazer os aparelhos eletro-eletrônicos funcionarem, percebemos que apenas 5 alunos conseguiram discriminar a energia elétrica como um tipo de energia e identificá-la como aquela que propicia o funcionamento de aparelhos eletro-eletrônicos.

Em conclusão sobre o conhecimento prévio dos estudantes acerca dos conceitos inclusivos “eletricidade” e “energia elétrica”, percebemos que “energia” é um rótulo conceitual que predomina nas respostas dos alunos em praticamente todas as questões.

Os rótulo conceituais de “eletricidade” e “energia elétrica” são utilizados como se fossem equivalentes. Isso fica bem evidenciado na análise do último item da questão, onde a maioria dos alunos considera a eletricidade um tipo de energia responsável pelo funcionamento dos aparelhos elétricos.

No entanto, percebe-se que alguns alunos já se aproximam das capacidades cognitivas almejadas relacionadas com os respectivos conceitos. De maneira geral, eles conseguem citar exemplos corretos de aparelhos que necessitam de eletricidade para funcionar.

ii) Conceitos intermediários (círculo elétrico, condutor elétrico e isolante elétrico)

Os conhecimentos prévios sobre o rótulo conceitual de “círculo elétrico” foram trabalhados nas questões 2, 3 e 4.

Na questão 2 o intuito era que o aluno identificasse os rótulos conceituais de diversos dispositivos elétricos apresentados na forma de ilustração.

A partir da análise das respostas, percebemos que a única dificuldade que os alunos apresentaram foi identificar o dispositivo “conector elétrico”. Em geral, os alunos identificaram a pilha, a lâmpada, o interruptor e o fio representados.

A questão 3 mostrava a figura de um circuito elétrico contendo uma pilha, um fio, uma lâmpada e um interruptor e solicitava que o aluno dissesse o que ela representava, qual era a função da pilha e do fio na montagem apresentada e por que a lâmpada estava acesa.

A análise das respostas a essa questão e a questão 4 (que solicitava que o aluno expressasse sua compreensão sobre um circuito elétrico) mostrou que os alunos desconheciam o rótulo de circuito elétrico, corroborando o diagnóstico que fizemos na entrevista, no qual percebemos que os alunos não conseguiam conceituar esse rótulo e desconheciam o mesmo. Apenas o aluno Victor respondeu tratar-se de uma montagem.

Em relação à função da pilha no circuito, apenas 6 alunos a reconheceram como fonte de energia para possibilitar o funcionamento da lâmpada.

O papel do fio no circuito, como elemento transmissor de energia elétrica entre os dispositivos, foi apontado pela metade dos alunos.

No questionamento do motivo pelo qual a lâmpada está acesa, aproximadamente metade dos alunos respondeu que era devido à transmissão de energia elétrica, ou à presença da pilha.

As questões 5 e 6 tratam do rótulo conceitual de condutor elétrico e o principal objetivo cognitivo era o de averiguar se os alunos conseguiam identificá-lo a partir da exposição de alguns objetos.

Quase todos os alunos assinalaram a pilha como condutor elétrico. Apenas 2 alunos identificaram todos os condutores elétricos apresentados. Não podemos, porém, inferir a respeito do critério utilizado por esses alunos nessa identificação, pois na entrevista, aluno algum conhecia o significado de condutor elétrico.

Na questão 6 foi questionada a composição do fio elétrico. Percebe-se pela categorização feita das respostas dos alunos, que a maioria dos alunos acha que o mesmo é feito de borracha, desconhecendo o seu interior, exceto Bruno, Augusto e Victor que responderam que um fio é composto por dois elementos, sendo que o interno é um ferro ou um cobre.

A questão 7 está relacionada com rótulo conceitual de isolante elétrico. O objetivo era que o aluno identificasse objetos isolantes a partir da mesma relação de objetos mostrada na questão 5.

Verificamos que a maioria dos alunos identificou a pilha e a moeda como objetos isolantes e, apenas Victor e Cirilo conseguiram identificar corretamente todos os isolantes elétricos presentes nas figuras. No entanto, não sabemos dizer, qual foi o critério de escolha.

Diante da contradição dos estudantes em escolher a pilha como isolante e condutor elétrico simultaneamente e da quantidade de erros apresentados, concluímos que os alunos desconheciam os rótulos conceituais de “condutor elétrico” e “isolante elétrico” e apenas apontaram aleatoriamente os objetos.

iii) Conceitos mais específicos (corrente elétrica e resistência elétrica)

Nas questões que investigaram o conhecimento prévio dos estudantes sobre os rótulos dos conceitos de corrente elétrica e resistência elétrica percebemos que nenhum deles conhecia esses rótulos e seus respectivos significados. A maioria dos alunos deixou a resposta em branco.

Em suma, a análise de diagnóstico do conhecimento prévio dos alunos mostrou que eles desconheciam os rótulos e os significados dos conceitos intermediários e inclusivos: condutor elétrico, isolante elétrico, circuito elétrico, resistência elétrica e corrente elétrica, mas possuíam concepções espontâneas dos conceitos inclusivos: “eletricidade” e “energia elétrica”.

4.2 INDÍCIOS DE AQUISIÇÃO DE CONCEITOS DURANTE A APLICAÇÃO DE ATIVIDADES INSTRUÇÃONAIS

Nesta etapa da análise, focamos nossa atenção nas atividades instrucionais: utilização de um vídeo, discussão do conteúdo do vídeo e aplicação da experimentação virtual.

Devido ao fato que os alunos não possuíam conhecimentos prévios dos rótulos conceituais de condutor, isolante, circuito elétrico, resistência e corrente elétrica, inserimos em nossa estratégia instrucional um organizador prévio expositivo (vídeo) e logo após, realizamos uma discussão do conteúdo do mesmo.

Utilizaremos as mesmas categorias de análise da etapa anterior: i) conceitos inclusivos (eletricidade, energia elétrica); ii) conceitos intermediários (círculo elétrico, isolante elétrico e circuito elétrico); iii) conceitos específicos (resistência elétrica e corrente elétrica).

i) Conceitos inclusivos (eletricidade, energia elétrica)

Durante a discussão do vídeo e a aplicação da experimentação, não foi citado o rótulo do conceito “eletricidade” por aluno algum, mas o rótulo conceitual “energia elétrica” foi lembrado pela maioria.

Como os estudantes sempre associaram o rótulo conceitual “energia elétrica” ao rótulo do conceito “circuito elétrico”, ambos serão analisados juntamente no próximo item.

ii) Conceitos intermediários (circuito elétrico, condutor elétrico, isolante elétrico)

O Quadro 8 apresenta a análise das falas mais representativas dos alunos relacionadas ao rótulo do conceito “circuito elétrico”, assim como uma breve análise dessas falas.

Rótulo Conceitual: Circuito elétrico	
FALA	ANÁLISE
<p>P1 : Por que ficou mais forte? Ana: Porque 3V é mais que 1,5// P1 : Por que tem mais o que? Ana: Tem mais energia!</p> <p>Marcos: Se colocar uma pilha de 3 V, aí a luz fica mais forte!</p> <p>Pablo: Aqui, ó professora, se eu colocar uma pilha de 3V fica mais forte!</p> <p>P1 : Isso! E uma de 1,5 V ? Pablo: Fica mais fraco!</p> <p>André: Eu pus duas pilha (<i>sic</i>) e um conector (<i>sic</i>) e a lâmpada ficou mais forte!</p> <p>P1 : Ela aqui deixou a lâmpada dela mais brilhante. O que você fez? Lurdes: Eu coloquei a outra pilha!</p> <p>Cirilo: Eeehhhh... pus uma pilha, uma chave e uma moeda, aí a lâmpada liga, mas ela vai ficar fraca!</p> <p>P1: E para deixar ela mais brilhante? Cirilo: Você põe duas pilha (<i>sic</i>) e um fiozinho!</p> <p>P1: E para deixar essa lâmpada mais brilhante? Gabriel: Aí tem que colocar mais uma pilha! P1: Então coloca aí, vamos ver... <u>[Gabriel faz a modificação]</u> P1: Isso! E se colocar três? Gabriel: Queima! <u>[o aluno faz a troca]</u> P1: Por que?</p>	<p>Os alunos conseguem identificar que a energia elétrica transmitida entre os elementos do circuito elétrico depende do valor da tensão da fonte.</p> <p>Conseguem estabelecer uma relação conceitual quantitativa entre energia e intensidade da fonte, indícios de uma assimilação conceitual dos rótulos conceituais “energia elétrica”, “circuito elétrico” e “tensão da fonte”.</p>

Gabriel: Porque tem muita energia!	
<p>P1: Mas por que não acendeu?</p> <p>Bernardo: Porque... quando passa o fiozinho <u>[gesticula mostrando o fiozinho dentro da lâmpada]</u> não tava passando pra ir pra outra!</p> <p>P1: Huuummm... exatamente!</p> <p><u>[Bernardo sorri satisfeito com sua explicação]</u></p> <p>P2: Como é que você faria para acender a lâmpada?</p> <p>Gabriel: Eu tiraria a borracha e colocaria um fio <u>[faz a troca na hora e a lâmpada acende]</u></p> <p>P1: E aí, o que acontece?</p> <p>Gabriel: Aí pode passar energia pelo fio, aí, até a lâmpada</p>	<p>Os alunos conseguem identificar: i) que um circuito elétrico consiste em uma associação de condutores elétricos em um arranjo fechado; ii) que a energia elétrica é transferida entre diferentes elementos do circuito elétrico.</p> <p>Apresenta indicadores de associação e integração dos conceitos “energia elétrica”, “condutor elétrico” e “círculo elétrico” e diferenciação entre os conceitos “isolante elétrico” e “condutor elétrico”. Podemos associar ao nível formal de desenvolvimento cognitivo, pois percebe atributos que são comuns às instâncias positivas</p>
<p>P1: Por que é um circuito elétrico? Você. <u>[aluno estava com o dedo levantado]</u></p> <p>André: Porque a pilha dá energia pro conector (sic) ...</p> <p>P1: A pilha dá energia para que?</p> <p>André: A pilha dá energia pro conector (sic), <u>[o aluno vai falando apontando o dedo para o computador, ora olhando para a pesquisadora, ora olhando para a tela]</u> que dá energia pra lâmpada, que aí liga o interruptor!</p> <p>P1: Sem pilha acende a lâmpada?</p> <p>Cirilo: Porque não tem energia elétrica! Eeehh e se pôr (sic) três fiozinho (sic) a lâmpada não acende!</p> <p>P1: Por que?</p> <p>Cirilo: Porque não tem pilha e energia elétrica!</p> <p>Fabrício: Eu coloquei três moeda (sic) e uma lâmpada e a</p>	<p>Os alunos identificam que há necessidade de uma fonte de energia elétrica em um circuito elétrico e que a energia elétrica é “gerada” nas pilhas.</p> <p>Apresenta indícios de assimilação conceitual nos níveis classificatório e formal e de assimilação conceitual devido à associação dos</p>

<p>lâmpada não acendeu!</p> <p>P1: Então, por que?</p> <p>Fabrício: Porque não tinha a pilha!</p> <p>Túlio: Eu vi! Eu coloquei três lâmpadas aí ficou desligada! Rs...</p> <p>P2: Por que?</p> <p>Túlio: Porque faltava a pilha pra ligar!</p> <p>Victor: Porque a energia da pilha passa pelos fio (<i>sic</i>) e acende a lâmpada, aí, se não tiver a carga da pilha, aí não tem jeito de passar pelos fio (<i>sic</i>) e acender a lâmpada.</p>	<p>conceitos “energia elétrica”, “fonte de energia elétrica” e “círculo elétrico”.</p>
<p>Victor: [começa falando apontando o dedo para o computador] Uma pilha, um interruptor, uma lâmpada e o outro aqui, que eu esqueci...</p> <p>André: Conector (<i>sic</i>)!</p> <p>P1: Tá, mas alguém se lembra do nome desse conjunto de objetos?</p> <p>André e Victor: (<i>Círculo elétrico!</i>)</p> <p>P1: Então você [aluno com a mão levantada] sabe me dizer o que é isso [aponta para a figura na tela]?</p> <p>Marcos: Círculo elétrico!</p>	<p>Os alunos conseguem generalizar o conceito “círculo elétrico” de forma mais complexa, que é um indicador de assimilação de conceito, no nível formal de desenvolvimento cognitivo.</p>

QUADRO 8- Análise das falas mais representativas dos alunos relacionadas ao rótulo conceitual “círculo elétrico”

Uma síntese das observações das falas apresentadas no Quadro 7 é que alguns alunos testam e avaliam suas hipóteses usando exemplos positivos e negativos (a lâmpada ficar forte, ficar fraca e queimar), o que, de acordo com Klausmeier (1977), constituem operações mentais que caracterizam o nível formal de desenvolvimento de um conceito.

Da mesma forma, alguns alunos conseguem generalizar o rótulo do conceito “círculo elétrico” como sendo toda associação fechada de dispositivos condutores, conectados a uma fonte de tensão, caracterizando o nível formal de desenvolvimento cognitivo.

Por outro lado, diversas falas apresentam relações entre mais de um rótulo conceitual trabalhado, o que, de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), são indicadores de assimilação conceitual.

O aluno André apresenta uma dificuldade em utilizar o rótulo “condutor elétrico” que é sempre trocado pelo rótulo “conector”, embora ele demonstre ter aprendido o significado de condutor elétrico. Como será visto no restante dessas análises esse fato prevalece ao longo de toda a atividade desenvolvida. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), isso acontece porque os elementos idiossincráticos e subjetivos do conceito são proeminentes e a

criança não consegue estabelecer uma equivalência representacional entre o símbolo genérico (o nome do conceito) e o conteúdo cognitivo evocado por ele.

O Quadro 9 apresenta a análise das falas mais representativas relacionadas ao rótulo conceitual “isolante elétrico”.

Rótulo conceitual: Isolante elétrico	
FALA	ANÁLISE
<p>Celeste: Eu coloquei uma borracha, uma pilha e uma lâmpada e não acendeu!</p> <p>P1: Por quê?</p> <p>Celeste: Porque a borracha é isolante!</p> <p>Elda: Eu coloquei duas pilha (<i>sic</i>), coloquei um patinho, aí não pegou porque ele é isolante!</p> <p>Juliana: Aí eu testei com a borracha e não acendeu, porque ela é /// isolante.</p> <p>André: Professora! Eu pus duas pilha (<i>sic</i>), um giz e queimou!</p> <p>Cirilo: Num (<i>sic</i>) queimou não! <u>[Cirilo levanta do seu lugar vai até André]</u></p> <p>Cirilo: Você pos o giz! É isolante!</p>	<p>Os alunos conseguem identificar isolantes elétricos e que a presença do mesmo no circuito inviabiliza acender a lâmpada.</p> <p>Indicador de Assimilação Conceitual ao nível formal, pois consegue identificar atributos comuns de exemplos positivos.</p>
<p>Gabriel: Porque é isolante!</p> <p>P1: Isso! Por que é isolante! Aí não vai passar o que, por esse isolante?</p> <p>Gabriel: Corrente elétrica!</p>	<p>O aluno consegue identificar que o isolante elétrico não permite passagem de corrente elétrica.</p> <p>Apresenta indícios de assimilação conceitual, pois consegue estabelecer relação entre os conceitos “corrente elétrica”, “círculo elétrico” e “isolante elétrico”.</p>
<p>P1: E o que acontece nos materiais isolantes?</p> <p>Aline: A energia elétrica não passa!</p> <p>André: Eu pus duas lâmpada (<i>sic</i>) e uma pilha.... e uma.....rolha! Aí né ... aí não acendeu, porque a rolha tá no lugar do conector (<i>sic</i>), porque ela não tem energia e ela é isolante!</p> <p>Lurdes: Acendeu!</p> <p>P1: Por que?</p> <p>Lurdes: Porque eu tirei o que tava isolante e pus um condutor;</p>	<p>Os alunos conseguem identificar que o isolante elétrico dificulta a transmissão da energia elétrica no circuito.</p> <p>Apresentam indícios de assimilação conceitual, pois</p>

<p>aí acendeu!</p> <p>P1: Aí passou o que por esse fio? Passa....?</p> <p>Lurdes: Energia!</p>	<p>conseguem estabelecer uma relação entre os conceitos: “isolante elétrico”, “círculo elétrico” e “energia elétrica”.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

QUADRO 9- Análise das falas mais representativas relacionadas ao rótulo conceitual “isolante elétrico”

A série de respostas que aparece no Quadro 8 mostra que, em geral, os respectivos alunos se encontram no nível formal de desenvolvimento conceitual em relação ao rótulo do conceito de isolante elétrico, pois identificaram atributos comuns de exemplos positivos do conceito e, ainda, apresentam indícios de assimilação conceitual, a partir das respectivas relações conceituais que conseguiram estabelecer entre isolante elétrico, círculo elétrico, corrente elétrica e energia elétrica.

Chamou-nos a atenção a participação de Cirilo, que corrigiu a avaliação da hipótese de André, evidenciando ter adquirido uma clareza e estabilidade dos rótulos dos conceitos “círculo elétrico” e “isolante elétrico”. Constatou-se a participação do aluno como um sujeito ativo na aprendizagem.

O Quadro 10 apresenta a análise das falas mais representativas relacionadas ao conceito “condutor elétrico”.

Rótulo Conceitual: Condutor elétrico	
FALA	ANÁLISE
<p>Juliana: Eu pus um fiozinho e uma moeda e ela acendeu, porque a moeda é de metal!</p>	<p>A aluna consegue generalizar atributos que metais são materiais condutores. Esse fato indica uma formação conceitual ao nível classificatório, pois consegue identificar que dois ou mais exemplos são eletricamente equivalentes e pertencem à mesma categoria (condutores).</p>
<p>Joelma: Mesmo colocando a pilha e o fio a lâmpada não acende se não tiver um condutor! Porque eu coloquei um giz, uma</p>	<p>A aluna consegue identificar que a associação de</p>

<p>lâmpada, a pilha e o fio!</p>	<p>condutores elétricos é importante para o funcionamento de um circuito elétrico</p> <p>Apresenta, ao mesmo tempo, um indicador de assimilação conceitual ao nível classificatório (ao generalizar atributos do conceito condutor elétrico) e ao nível formal (ao testar e avaliar hipóteses). Além disso, apresenta indícios de assimilação conceitual ao estabelecer uma relação entre os conceitos “condutor elétrico” e “círculo elétrico”</p>
<p>P1 : Agora todo mundo liga a lâmpada aí de novo! /// O que vai acontecer? Alguém me explica?</p> <p>Ana: Porque a corrente elétrica/ passa nesses objetos [aponta para o joguinho]até a lâmpada.</p> <p>P1: Aí! Você substituiu a rolha pelo fio?</p> <p>Larissa: Aham</p> <p>P1: Aí, o que aconteceu?</p> <p>Larissa: A lâmpada acendeu!</p> <p>P1: Por quê?</p> <p>Larissa: Por causa da corrente elétrica!</p>	<p>As alunas reconhecem um novo rótulo do conceito, “corrente elétrica”, e demonstram compreender o seu papel no circuito elétrico. Conseguem identificar ainda, que os condutores elétricos permitem a passagem de corrente elétrica no circuito elétrico.</p> <p>Constitui um indício de assimilação conceitual, pois conseguem estabelecer uma relação entre os conceitos “condutor elétrico”, “corrente elétrica” e “círculo elétrico”</p>
<p>André: Eu já fiz isso! Mas...eeeehh...a pilha e a moeda são</p>	<p>Cirilo evidencia ter</p>

<p>isolante (<i>sic</i>) , aí por isso que passa energia e a lâmpada fica forte!</p> <p>P1: A pilha e a moeda são isolantes?</p> <p>Cirilo: É condutor ou!</p>	<p>adquirido uma clareza e estabilidade quanto à diferenciação dos rótulos dos conceitos “círculo elétrico”, “isolante elétrico” e “condutor elétrico”.</p> <p>Indicador de assimilação conceitual, pois ele consegue fazer uma diferenciação de conceitos mais aprimorada.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

QUADRO 10- Análise das falas mais representativas relacionadas ao rótulo conceitual “condutor elétrico”

Assim, em relação à análise do rótulo conceitual “condutor elétrico”, os alunos apresentam indícios de assimilação conceitual e se encontram no nível formal de desenvolvimento conceitual.

iii) Conceitos específicos (resistência elétrica e corrente elétrica)

O Quadro 11 a seguir contempla a análise das falas mais significativas, relacionadas ao rótulo conceitual resistência elétrica.

Rótulo conceitual: Resistência elétrica	
FALA	ANÁLISE
<p>P2: Então passa menos corrente elétrica, então....</p> <p>Elda: Porque o fio de telefone que é maior que o fio reto....[gesticulando e apontando o dedo para o computador]</p> <p>P2: E tem mais?</p> <p>Elda: // [cara de dúvida]</p> <p>Ana: Mais resistência!</p> <p>Cirilo: Aí eu coloquei duas lâmpadas e um fio sem ser aquele redondo [gesticula os dedos em espiral], porque a energia não circula direito, demora mais pra chegar!</p> <p>Elda: Porque o fio é maior eeeeehhh..... passa menos energia....</p> <p>Victor: Porque o maior, o de telefone [gesticulando] passa menos energia pra chegar na lâmpada e aí ela fica mais fraca...eeeehhh aí // é demorado; custa a chegar na lâmpada!</p>	<p>Apenas a aluna Elda consegue utilizar o rótulo conceitual de forma correta. Os demais alunos associam os diferentes comprimentos do fio com a dificuldade em transmitir energia elétrica.</p> <p>Percebem-se indícios de formação conceitual, mas a noção do conceito</p>

	aparece de forma muito primitiva. Os alunos não conseguem identificar a relação entre resistência elétrica e corrente elétrica.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

QUADRO 11- Análise das falas mais significativas, relacionadas ao rótulo conceitual “resistência elétrica”

Os alunos, de forma geral, não conseguiram apresentar um modelo correto do rótulo conceitual “resistência elétrica”

Com o uso da analogia do “corredor da escola” apresentada durante a discussão do vídeo, esperávamos que os alunos associassem a um fio longo uma maior resistência elétrica do que a um fio curto. Entretanto, os alunos não utilizaram o rótulo “resistência elétrica” e sim o rótulo do conceito de fluxo de energia nas atividades que envolviam o rótulo conceitual “resistência elétrica”.

Em relação ao rótulo do conceito “corrente elétrica”, as análises podem ser feitas a partir das falas apresentadas no Quadro 12.

<i>Rótulo conceitual: Corrente elétrica</i>	
FALA	ANÁLISE
Aline: Eu pus a pilha aí ela acendeu porque a pilha conduz corrente elétrica!	Os alunos demonstram ter abstraído os atributos do conceito “corrente elétrica”.
P1 : Agora todo mundo liga a lâmpada aí de novo! /// aí o que vai acontecer?	André consegue estabelecer uma diferenciação conceitual importante, ao identificar o “elétron” como constituinte da corrente elétrica.
Ana: Porque a corrente elétrica/ passa nesses objetos [aponta para o joguinho] até a lâmpada.	Marcos abstrai uma informação importante sobre o conceito, ao hipotetizar que a corrente elétrica circula.
P1: Do que a corrente elétrica é formada? André: Elétron!	Victor tentou utilizar a analogia que fizemos do corredor e do fluxo de alunos
P1 : E por onde vai passar a corrente elétrica? André: Pelo fio!	
P1 : Quando eu acendo a lâmpada, o que acontece com a corrente elétrica? Marcos: Ela circula [gesticula]	
P2: Por que a lâmpada acende quando ligamos o interruptor? Victor: Porque a energia passa no tipo corredor!	

	<p>com o conceito de corrente elétrica.</p> <p>Existem indícios de assimilação conceitual, pois conseguem estabelecer uma relação entre “círculo elétrico” e “corrente elétrica” e entre “corrente elétrica” e “elétron”.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

QUADRO 32- Análise das falas mais significativas, relacionadas ao rótulo conceitual “corrente elétrica”

Concluindo, a utilização da experimentação virtual favoreceu o início da assimilação dos conceitos “círculo elétrico”, “condutor elétrico”, “isolante elétrico”, “energia elétrica” e “corrente elétrica”, pois as respostas dos alunos, em geral, estavam fundamentadas em observações feitas ao manipular os experimentos no ambiente virtuais. No entanto, torna-se difícil avaliarmos o nível de formação dos conceitos “resistência elétrica” e “eletricidade”, devido ao pouco uso desses rótulos conceituais pelos alunos ao longo das atividades.

Detetamos que o uso dos experimentos virtuais potencializou o diálogo entre os alunos e entre estes e os pesquisadores, propiciando a construção coletiva dos significados dos conceitos trabalhados, isto é, a aprendizagem colaborativa. A interação do aluno com os experimentos virtuais deslocou o aluno da condição de aprendiz passivo para a condição de sujeito atuante na aprendizagem, criou condições para a elaboração e verificação de hipóteses de forma imediata e permitiu o contato do aluno com situações físicas diferenciadas, facilitando a aquisição dos conceitos de círculo elétrico, condutor e isolante elétrico.

4.3 CONSOLIDAÇÃO FINAL ACERCA DA AQUISIÇÃO DOS CONCEITOS.

Neste tópico, utilizaremos os resultados do Pós-Teste (Apêndice C) e as falas produzidas na Discussão Final para procurar obter elementos adicionais para a nossa análise do desenvolvimento conceitual dos estudantes.

Participaram dessa última etapa de pesquisa os 20 alunos.

Corroborando a análise feita anteriormente da aquisição do conceito “eletricidade”, o Pós-Teste e a Discussão Final nos indicaram que os alunos não conseguiram evoluir nesse rótulo conceitual em relação ao conhecimento espontâneo inicialmente apresentado. Torna-se

importante salientar que esse é o conceito que está em um nível de abstração e generalidade maior do que os demais (mais inclusivo), necessitando de conceitos secundários relevantes para ancorar-se. Entretanto, esses conceitos secundários, como “energia elétrica”, “círculo elétrico”, “corrente elétrica” etc. foram trabalhados apenas na aplicação da nossa metodologia e, portanto, somente após o estabelecimento da clareza e estabilidade desses conceitos secundários é que se espera que o aluno apresente condições para desenvolver o conceito “eletricidade”.

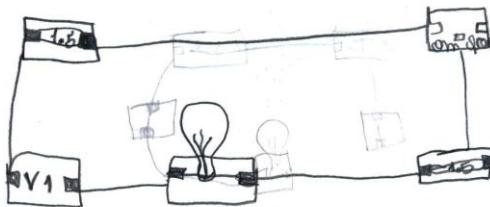
Em relação ao rótulo conceitual “energia elétrica”, foi possível observar durante o desenvolvimento das atividades escritas e verbais a grande freqüência do seu uso, quando comparado ao dos demais conceitos.

Assim, analisando o desenvolvimento conceitual dos alunos sobre esse conceito, percebeu-se que seus atributos criteriais foram estendidos ou modificados, (subsunção correlativa) a partir da conciliação com os conceitos mais específicos trabalhados (relação superordenada) como ocorreu no caso da associação da pilha como fonte de energia, na quantificação da energia como função direta da associação de pilhas e na idéia de que um circuito elétrico transporta energia.

Embora “energia elétrica” também seja um dos conceitos mais inclusivos dentre aqueles que foram trabalhados, o melhor desenvolvimento desse conceito, em relação à “eletricidade”, talvez possa ser justificado pelo fato de que praticamente todos os alunos já apresentavam uma definição primária mais aprimorada do mesmo, contrariamente ao rótulo conceitual “eletricidade”.

Quanto à “círculo elétrico”, percebe-se uma notável evolução conceitual, uma vez que os alunos não possuíam qualquer conhecimento prévio do mesmo e, ao longo do desenvolvimento das atividades, já faziam uso desse rótulo conceitual com bastante segurança. No final, os alunos já conseguiam expressar atributos do conceito corretamente, seja na forma de desenho, verbal ou escrita, conforme figura 10.

1) Escreva ou desenhe o que é **círculo elétrico**.

2) Escreva 6 palavras que se relacionam com **círculo elétrico**.

Lâmpada Lâmpada
interruptor luz de cobre
plafo eletricidade
varas condutor

FIGURA 10 - Resposta de um aluno na forma de desenho sobre sua compreensão de “círculo elétrico”

É interessante notar, na Figura 10, a preocupação do aluno no detalhamento dos dispositivos presentes no circuito elétrico, como a especificação da voltagem das pilhas e das posições *on* e *off* do interruptor, conforme aparecia na experimentação virtuais. Esse fato também foi notado nos desenhos apresentados por outros alunos (subsunção derivativa). Isso mostra a apreensão pelos alunos dos atributos relevantes desses dispositivos elétricos e a relevância da experimentação nesse processo de discriminação dos atributos. A experimentação virtual parece ter oferecido suporte considerável ao aluno para a elaboração das informações recebidas e construção das interpretações pessoais significativas dos rótulos conceituais trabalhados.

Ainda em relação à Figura 10, percebe-se que o estudante apresentou, conforme solicitado, as 6 palavras relacionadas ao rótulo conceitual “círculo elétrico” e esse fato ocorreu nas respostas de todos os demais estudantes a essa questão. A análise da relação de palavras apresentadas mostra tanto a presença de rótulos novos, quanto a de conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno. Isso sugere uma reconciliação integrativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) e uma relação subordinada, pois mostra as conexões entre os atributos definidores do conceito bem como propicia o desenvolvimento da discriminação de conjuntos de exemplos e não exemplos (CALDEIRA, 2009).

Na expressão dos rótulos conceituais “isolante elétrico” e “condutor elétrico” os alunos demonstraram bastante clareza e segurança quanto aos mesmos. Conseguiram estabelecer uma diferenciação entre os dois rótulos, tanto por meio das propriedades físicas inerentes á cada um (condutividade elétrica ou não), como também pela identificação de exemplos e não-exemplos que sequer tinham sido utilizados na experimentação (Figuras 11 e 12).

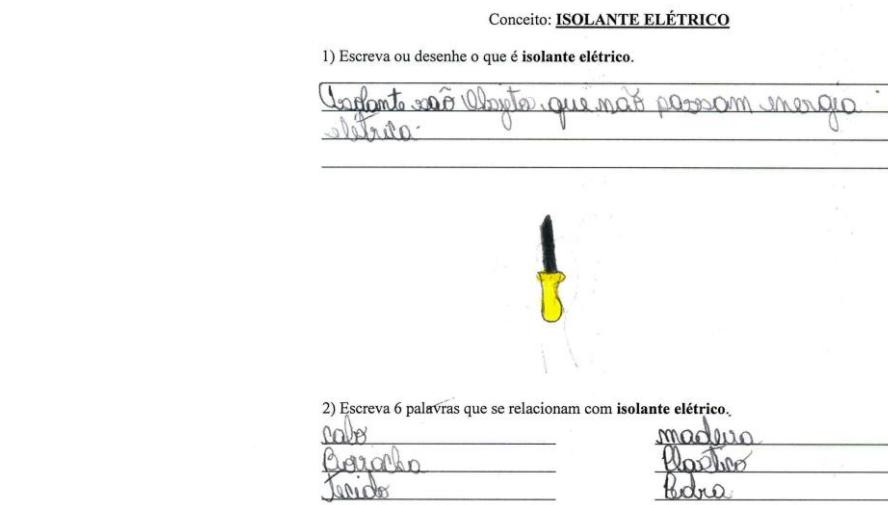


FIGURA 11 - Resposta de um aluno na forma de sobre sua compreensão de “isolante elétrico”

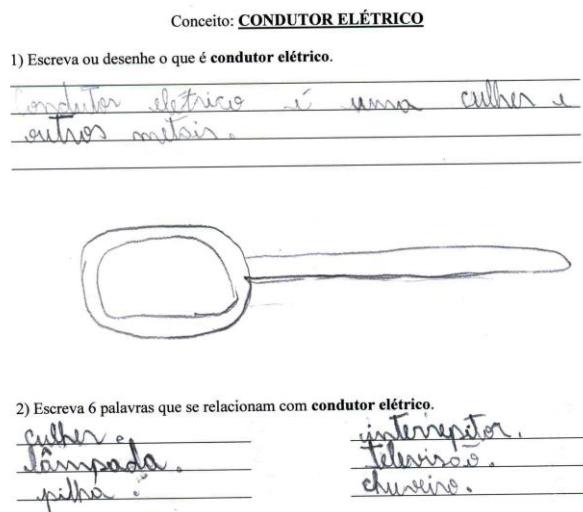


FIGURA 12 - Resposta de um aluno na forma de desenho sobre sua compreensão de “condutor elétrico”.

Deve-se ressaltar que os estudantes, no início da aplicação do trabalho, desconheciam os rótulos conceituais “círcuito elétrico”, “isolante elétrico” e “condutor elétrico” e, ao final das atividades, conseguiam definir esses rótulos na forma de proposições lógicas e cientificamente pertinentes, evidenciando a subsunção correlativa.

Essas constatações sugerem a ocorrência de formação e assimilação substantiva desses conceitos, que é importante para que os mesmos sirvam de ancoradouro a outros conceitos de eletricidade a serem aprendidos futuramente, propiciando o estabelecimento de relações subordinadas.

Em relação ao rótulo conceitual “corrente elétrica”, os estudantes não demonstravam conhecimento algum no início da atividade, do rótulo e do seu significado, mas uma aluna conseguiu atingir o estágio de construir uma proposição relacionando a corrente elétrica como

transportadora de energia elétrica (Figura 13), o que, do ponto de vista científico, é correto. Outros estudantes também apresentaram ideias semelhantes na forma verbal, o que evidencia que o conceito está começando a ser adquirido, devido à ocorrência dessas mudanças que ocorrem gradativamente. O aluno consegue identificar atributos relevantes do conceito de uma forma mais refinada e precisa, de forma que os atributos não essenciais são deixados de lado (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 p.84).

Conceito: **CORRENTE ELÉTRICA**

1) Escreva ou desenhe o que é corrente elétrica.

A corrente elétrica é que seu enrgia é destruída para os fios das pessoas.

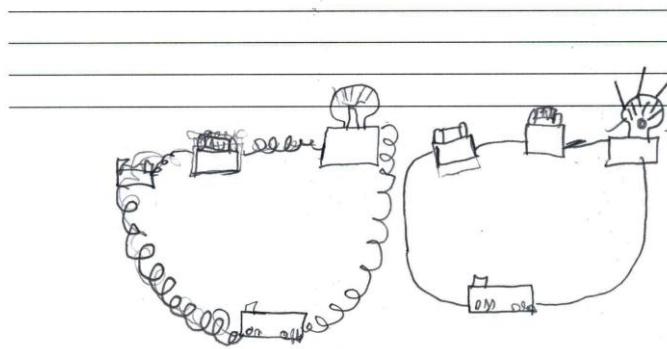
2) Escreva 6 palavras que se relacionam com corrente elétrica.

<u>Fio</u>	<u>impermeável</u>
<u>enrolado</u>	<u>brilho</u>
<u>pelos</u>	<u>para inciar</u>

FIGURA 13 - Resposta de um aluno na forma escrita sobre sua compreensão de “corrente elétrica”

Já o rótulo e o significado de “resistência elétrica”, os alunos não conseguiram expressar com palavras, na forma escrita. Mas, o aluno Marcos (Figura 14) representou esse rótulo com um desenho de dois circuitos elétricos: um, com o fio comprido e enrolado e, outro, com o fio curto e reto, enfatizando os diferentes brilhos da lâmpada. Nessa representação, o estudante cuidou para que os elementos constituintes dos dois sistemas fossem iguais e o maior brilho da lâmpada corresponderia, então, à menor resistência elétrica do fio curto. Essa ilustração mostra um fato fiel ao verificado no uso da experimentação, o que evidencia que o aluno conseguiu fazer uma conexão significativa entre os elementos apresentados na experimentação e o rótulo conceitual “resistência elétrica” apresentando subsunção derivativa.

1) Escreva ou desenhe o que é resistência elétrica.



2) Escreva 6 palavras que se relacionam com resistência elétrica.

filo de telefone
filo de cobre
fio

corrente
intensidade
lâmpada

FIGURA 14 - Resposta de um aluno na forma de desenho sobre sua compreensão de “resistência elétrica”

O aluno Bruno enunciou sua compreensão desse rótulo fazendo uma analogia da resistência elétrica com as dimensões (largura e comprimento) de um corredor, como apresentado na explicação desse conceito pelos pesquisadores. A transcrição de sua fala indica esse fato:

Gabriel: *Passar energia elétrica, se não tivesse o fio, não teria jeito de passar energia...*

Bruno: *Energia no corredor!*

Outros alunos conseguiram expressar verbalmente o rótulo conceitual “resistência elétrica” associando-o ao comprimento de um fio condutor, como nas transcrições a seguir:

P1: *Agora vamos pensar qual a relação de resistência elétrica com fio de telefone?*

Ana: *Porque ele demora passar energia, mas ele tem mais resistência!*

P1: *Por que você concluiu isso? Você viu isso aonde?*

Ana: *Porque você falou /// no joguinho!*

P1: *Isso! No joguinho! Lá no joguinho, qual era a comparação? O fio de telefone com o fio curto e na verdade os dois eram fios de ///?! Cobre! [destacando os conceitos na lousa] e por que o fio de telefone deixava a lâmpada menos brilhante?*

Aline: *Eu acho que o fio de telefone tem mais resistência!*

P1: *Então resistência elétrica, depende do material que a gente tá lidando, né? ...resistência elétrica! A gente viu isso claramente no joguinho né! Porque era a comparação do fio de telefone com o fio curto né, o fio de telefone possuía uma maior ou menor resistência elétrica?*

Ana: Maior!

Esses dados nos indicam que os alunos começam a formar o conceito “resistência elétrica”, embora esse conceito seja abstrato e consista em um atributo físico dos materiais, observável apenas por meio da realização de medidas físicas (não trabalhadas nos experimentos).

Diante do exposto, fica claro que a experimentação virtual conseguiu dar um suporte ao aluno para elaboração das informações recebidas e construção de interpretações pessoais significativas dos rótulos conceituais trabalhados, tendo estimulado nos alunos as capacidades cognitivas que aparecem no Quadro 13.

RÓTULO CONCEITUAL	CAPACIDADES COGNITIVAS
Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar com fenômenos que envolvem energia elétrica • Conhecer nomenclatura (rótulos conceituais) da área • Conceituar os rótulos
Energia elétrica	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que está presente em circuitos elétricos • Identificar que é gerada por pilhas, tomadas, etc. • Identificar que é transferida entre diferentes elementos do circuito elétrico
Circuito elétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que é uma associação de condutores elétricos em um arranjo fechado • Identificar que necessita de uma fonte de energia elétrica • Identificar que é possível transmissão de energia elétrica entre os elementos de um circuito elétrico • Identificar que a energia elétrica transmitida depende da capacidade da fonte
Condutor elétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que está presente em circuitos elétricos • Identificar que é "gerada" por pilhas, tomadas, etc. • Identificar que é transferida entre diferentes elementos do circuito elétrico • Identificar como materiais metálicos • Identificar que o material facilita transmissão da energia elétrica • Identificar que é um elemento importante num circuito elétrico • Diferenciar diferentes condutores • Identificar que o material permite passagem de corrente elétrica • Discriminar condutor elétrico de isolante elétrico
Isolante elétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que o material dificulta a transmissão de energia elétrica • Identificar como materiais não-metálicos • Identificar que o material não permite passagem de

	corrente elétrica
Corrente elétrica	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que corrente elétrica percorre um circuito elétrico • Compreender que é necessária uma fonte de energia para se produzir uma corrente elétrica • Identificar que corrente elétrica transporta energia elétrica
Resistência elétrica	<ul style="list-style-type: none"> • Inferir que a resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento de um fio

QUADRO 13: Capacidades cognitivas estimuladas pelo uso dos experimentos virtuais na construção dos conceitos de eletricidade

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Foi possível constatar, durante o desenvolvimento desse trabalho, o enorme potencial que o tema apresenta para o desenvolvimento de capacidades cognitivas que podem e devem ser estimuladas desde o início da escolarização, propiciando uma melhor alfabetização científica e, possivelmente, facilitando uma aprendizagem mais aprofundada desse conteúdo em séries mais avançadas da instrução formal.

O conteúdo trabalhado, apesar de ser um tema pouco explorado no ensino fundamental, possibilitou contribuir para uma maior inserção do estudante no discurso contemporâneo, onde o tema constitui a base da revolução científica e tecnológica vivenciada no tempo presente.

Além disso, o uso da experimentação virtual valeu-se do interesse da criança pelo computador para despertar o aspecto motivacional pela aprendizagem, estimulou habilidades importantes propiciadas pelo uso da tecnologia, permitiu ao aprendiz vivenciar experiências, interferir, fomentar e construir o próprio conhecimento. Além disso, potencializou o diálogo entre os alunos e entre estes e os pesquisadores, propiciando a aprendizagem colaborativa. A interação do aluno com os experimentos virtuais deslocou o aluno da condição de aprendiz passivo para a condição de sujeito atuante na aprendizagem, criou condições para a elaboração e verificação de hipóteses de forma imediata e permitiu o contato do aluno com situações físicas diferenciadas, facilitando a aquisição dos conceitos de circuito elétrico, condutor e isolante elétrico.

Foi possível identificarmos, durante a aplicação da nossa metodologia, uma progressão do desenvolvimento dos estudantes em cada conceito trabalhado durante o uso da experimentação virtual, especialmente em relação a circuito elétrico, condutor elétrico, isolante elétrico e energia elétrica, pela participação ativa nas discussões fazendo uso desses rótulos conceituais e na apresentação de suas ideias correlacionadas, as quais se mostraram progressivamente mais complexas no aspecto proposicional e mais consistentes do ponto de vista lógico-científico.

A freqüência de frases e respostas dos alunos utilizando tais rótulos indicam que ocorreu uma extensão e modificação dos atributos criteriais desses conceitos na estrutura cognitiva de cada um, ao longo do nosso trabalho, evidenciando uma assimilação significativa dos mesmos no nível formal de desenvolvimento cognitivo.

Há de se considerar que, mesmo no caso dos conceitos que demonstraram uma menor assimilação pelos alunos, como eletricidade, corrente elétrica e resistência elétrica, é possível afirmar que boa parte dos alunos ofereceu evidências de formação de tais conceitos no nível classificatório de desenvolvimento cognitivo. Isso se torna evidente, diante das capacidades cognitivas apresentadas pelos alunos na aplicação da metodologia.

Além disso, os alunos conseguiram estabelecer relações superordenadas e subordinadas com os conceitos de eletricidade assimilados no nível formal de desenvolvimento.

Constatamos que o uso dos experimentos virtuais permitiu estimular a competência de aprender com tecnologia, propiciar contato empírico-concreto para formar conceitos primários e consolidar conceitos secundários, desenvolver a capacidade de elaborar e testar hipóteses e explorar relações de causa e efeito.

Esta conclusão está apoiada nas diversas respostas fornecidas pelos alunos, seja na forma textual, verbal, ou de desenho, que se fundamentavam em observações relacionadas aos experimentos virtuais utilizados.

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a metodologia proposta conseguiu viabilizar a construção de conceitos de eletricidade para estudantes do 4º ano do Ensino Fundamental, utilizando a experimentação orientada como espaço de descoberta do novo conhecimento.

Como coadunamos com Soares (2009) e entendemos que a conclusão de uma pesquisa é um referencial para novos embates científicos e novos campos de investigação, destacamos como importantes, além dos resultados expostos com teor de finalização, algumas sugestões e encaminhamentos que se relacionam ao tema de estudo.

Assim, a consecução do estabelecimento das operações cognitivas almejadas demonstra a pertinência e oportunidade da aplicação da metodologia proposta para o quarto ano do ensino fundamental, mostrando que, embora a Resolução SEE nº 666, de 07 de abril de 2005 estabeleça a obrigatoriedade de ensinar eletricidade dentro do conteúdo de Ciências apenas a partir do quinto ano do ensino fundamental, é possível ensinar conceitos básicos desse tópico nos anos iniciais dessa etapa de educação, pois a maioria dos alunos já consegue assimilar os conceitos básicos e isso permite uma alfabetização científica mais sólida, estabelecendo uma efetiva interdisciplinaridade na área de Ciências.

Nesse sentido, juntamente com a construção do conhecimento teórico sobre o tema e, tomando por base algumas falas dos alunos sujeitos dessa pesquisa, é importante apresentar noções de segurança em eletricidade, com fundamentação científica que evidencie os riscos e

os cuidados a serem observados no manuseio de equipamentos eletroeletrônicos pelas pessoas.

A pesquisa realizada permite-nos, ainda, inferir sobre a pertinência da realização de cursos de formação continuada de professores de Ciências, face ao despreparo dos professores deste nível de ensino no que diz respeito a tópicos relacionados à área de Física, cujo problema é apontado por diversas pesquisas na área da Educação e também ficou evidenciado durante a realização da nossa pesquisa (a professora de Ciências da turma afirmou não ensinar o tópico eletricidade por falta de conhecimento).

No caso específico do ensino de eletricidade, pretendemos oferecer um curso a professores de Ciências, visando apresentar a metodologia empregada e os resultados obtidos, no sentido de contribuir para a construção e disseminação de métodos eficientes para se ensinar Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental.

E, da rápida experiência que este trabalho nos proporcionou com estudantes do ensino fundamental, é possível vislumbrar metas melhores de aprendizagem em Ciências pela potencialidade que as crianças demonstraram, bastando que os professores se capacitem para obter melhor formação e descobrir estratégias de ensino mais envolventes para o estudante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. P. **Psicología educativa: un punto de vista cognitivo.** México: Ed. Trilhas, 1978. 769p.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicología educacional.** Rio de Janeiro: Interamerica, 1980. 625 p.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva,** Lisboa: Plátano, 2003. 219 p.
- BENMOHAMED, H.; ARNAUD, L.; PATRICK, P.. Generic framework for remotelaboratory integration. **ITHET 6th Annual International Conference.** 2005 IEEE July 7 –9, 2005, Juan Dolio, Dominican Republic. T2B-11.
- BRITO, M. R. F. O ensino e a formação de conceitos na sala de aula. In: NOVAES, M. H.; BRITO, M. R. F. **Psicologia na Educação: articulação entre pesquisa, formação e prática pedagógica.** Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Psicologia, 1996.
- CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; REY, R.C.; VANUCCHI, A.I. **Ciências no Ensino Fundamental - o conhecimento físico.** São Paulo, Editora Scipione, 1998.
- CRESWELL, John W. **Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research.** 2^o Edição. New Jersey: Merrill Prentice Hall, 2005.
- DAMASIO, F.; STEFANI, M. H. A Física nas séries iniciais (2^a a 5^a) do ensino fundamental: desenvolvimento e aplicação de um programa visando a qualificação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, 4503, 2008.
- FAMILIA, R. A.. Virtual laboratory for cooperative learning of robotics and mechatronics. **ITHET 6th Annual International Conference.** 2005 IEEE July 7-9, 2005, Juan Dolio, Dominican Republic. T2B-17 Session T2B.
- GLAUERT, E.B. How Young Children Understand Electric Circuits: Prediction, explAnation and exploration **International Journal of Science Education** Vol. 31, No. 8, 15 May 2009, pp. 1025–1047, 2009
- GONÇALVES, M. E. R.; CARVALHO, A. M. P. As atividades de conhecimento físico: um exemplo relativo à sombra. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.1, p.7-16, 1995.
- GONZÁLES REY, F. **Pesquisa qualitativa em psicologia: caminhos e desafios.** 1.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002
- HILL& HILL. A. **Investigação por Questionário.** Lisboa: Edições Sílabo, 2000.

KAMEL, C.; LA ROCQUE, L. As histórias em quadrinhos como linguagem fomentadora de reflexões – uma análise de coleções de livros didáticos de ciências naturais do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 6, n.3, 2006.

KS2BITESIZE. BBC, 1998. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/schools/ks2bitesize/science/physical_processes/changing_circuits/pla_y.shtml> Acesso em 26/04/2011.

LEE S.J. Exploring Students' Understanding Concerning Batteries—Theories and Practices. **International Journal of Science Education** Vol. 29, No. 4, 19 March 2007, pp. 497–516, 2007.

LIMA, M. C. B. Nascimento e evolução de uma proposta de apresentação de Física no primeiro segmento do primeiro grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 2: p. 107-122, ago. 1995.

MAD SCIENCE – ELETRICIDADE E CONDUTORES 29 JUN 2010. UOL crianças. Disponível em: <criancas.uol.com.br/ulnot/multi/2010/06/29/04029A386ED4A10346.jhtm?ma_d-science-eletricidade-e-condutores-04029A386ED4A10346> Acesso em 26/04/2011.

MATOS M. G., VALADARES J. O efeito da actividade experimental na aprendizagem da ciência pelas crianças do primeiro ciclo do ensino básico. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 6, N. 2, 2001.

MOCO et al.. É tudo na prática. **Nova Escola**, São Pauçlo, Set, 2008. Disponível em: <<http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/fundamentos/tudo-pratica-426101.shtml>> Acesso em: 24 Oct. 2011

MONTEIRO, M. A. A.; TEIXEIRA, O. P. B. Propostas e avaliação de atividades de conhecimento físico nas séries iniciais do ensino fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v. 21, n. 1, p. 65-82, 2004.

_____.Uma análise das interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 9, n. 3, 2004.

MOREIRA, M.A. (1983). **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade

MOZENA, E. R. ; OSTERMANN, F. A Pesquisa em ensino de Física nas séries iniciais do ensino fundamental: uma revisão de literatura em artigos recentes de periódicos nacionais “Qualis A” .In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2008, Curitiba. **Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2008. p. 01-12.

NASCIMENTO, Silvana Sousa do; SANTOS, Robson; NIGRI, Elbert. Alfabetização científica e tecnológica e a interação com os objetos técnicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 53-67, 2006.

NOVAK, J. D.; CANAS , A. J. **A teoria subjacente aos mapas conceituais** e como elaborá-los e usá-los. Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun. 2010.

NOVAK, J. & GOWIN, D. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Editora, 1984. 212 p.

PANAGIOTAKOPOULOS, C.T.; IOANNIDIS, G.S.: Assessing children's understanding of basic time concepts through multimedia software. **Computers & Education** pp.331-349, 2002

PRAIN V. AND B. WALDRIP. An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-modal Representations of Concepts in Primary Science. **International Journal of Science Education** Vol. 28, No. 15, 15 December 2006, pp. 1843–1866, 2006

ROSITO, B.A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas. 2 ed. Porto Alegre: Editora EDIPUCRS, 2003. p. 195-208.

SILVA, L. F. **Associando Realidade Virtuais não-imersiva e Ferramentas Cognitivas para o Ensino de Física**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

SILVA, L.H.de A.; ZANON, L.B. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R.M.R. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000. 182 p.

SOARES, L.H. **Aprendizagem Significativa na Educação Matemática: Uma proposta para a aprendizagem de Geometria básica**. Dissertação, (Mestrado em Educação)- Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal da Paraíba, 2009

TSAI C.H. et al. . Current as the Key Concept of Taiwanese Students' Understandings of Electric Circuits **International Journal of Science Education** Vol. 29, No. 4, 19 March 2007, pp. 483–496, 2007

TSAI, C. C. Using a conflict map as an instructional tool to change student alternative conceptions in simple series electric-circuits. **International Journal of Science Education**, 25(3), 307–327, 2003

VILLANI, C. E. P. **As práticas discursivas argumentativas de alunos do ensino médio no laboratório didático de Física**. 2002. 188p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

APÊNDICE A – Roteiro da entrevista semi-estruturada realizada com os alunos



ENTREVISTA – ESTUDANTES

Este questionário tem o objetivo de conhecer os estudantes que participarão da pesquisa intitulada “Conteúdos de Física nos Primeiros Anos do Ensino Fundamental: uma Proposta Metodológica”, conduzida por Sorandra Corrêa de Lima, mestrandona Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGED) da Faculdade de Educação (FACED) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi, do Instituto de Física da UFU (INFIS) e professor do corpo docente permanente do PPGED-FACED.

As perguntas serão feitas verbalmente a cada estudante do 4º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Jerônimo Arantes.

1) Sexo: Feminino () Masculino ()

2) Qual o seu nome?

3) Qual a sua idade? _____

4) Em que bairro você mora? _____

5) O que você MAIS gosta de fazer quando NÃO está na escola?

6) Que OUTRAS coisas você gosta de fazer quando NÃO está na escola?

Assistir televisão () O que? _____

Brincar na rua () De que? _____

Brincar em casa () De que? _____

Brincar no computador () O que? _____

Praticar esporte () Qual? _____

Ler () O que? _____

Conversar com amigos ()

Passear no Shopping ()

Ir ao cinema ()

Ouvir música ()

Dormir ()

Tocar um instrumento () Qual? _____

Outra(s) (anotar): _____

7) Do que você MAIS gosta de fazer na escola?

8) Você sabe usar computador? Sim () Mais ou menos () Não ()

9) Você tem computador em casa?

Sim (). Quantos? _____

Não ()

10) Você usa computador em algum outro lugar?

Sim (). Onde? _____

Não ()

11) Em caso afirmativo na questão 9, o que gosta de fazer no computador?

12) Você conhece algum joguinho de computador?

Sim (). Qual? _____

Não ()

13) Você gosta de jogar no computador? Sim () Mais ou menos () Não ()

14) Você gosta das aulas de Ciências?

Sim ().

Não (). Por que? _____

15) Você sabe o que significa “Eletricidade”?

Sim (). O que significa? _____

Não ()

16) Você sabe o que é “Energia Elétrica”?

Sim (). O que significa? _____

Não ()

17) Você sabe o que significa “Circuito elétrico”?

Sim (). O que significa? _____

Não ()

18) Você sabe o que significa “Condutor elétrico”?

Sim (). O que significa? _____

Não ()

19) Você sabe o que significa “Isolante elétrico”?

Sim (). O que significa? _____

Não ()

**APÊNDICE B – Questionário para detectar o conhecimento prévio dos alunos
sobre os conceitos de eletricidade**



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Educação

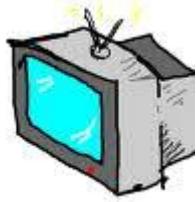
Av. João Naves de Ávila, 2121 – C.P. 593 – CEP 38400-902 – Uberlândia - MG - Brasil
 Fone: (034) 3239-4212 – email: ppged@faced.ufu.br

Questionário (ALUNO)

Nome: _____

Idade: _____ anos

1) Observe os aparelhos das figuras abaixo:



A) O que esses aparelhos têm em comum?

B) Do que esses aparelhos precisam para funcionar?

C) Cite outros aparelhos que funcionam dessa maneira na sua casa.

D) Como se chama a energia que faz esses aparelhos funcionar?

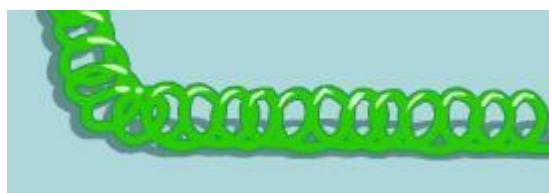
2) Escreva o que cada figura representa:

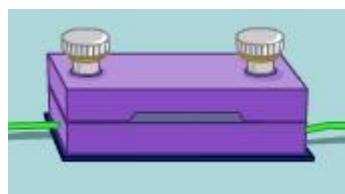




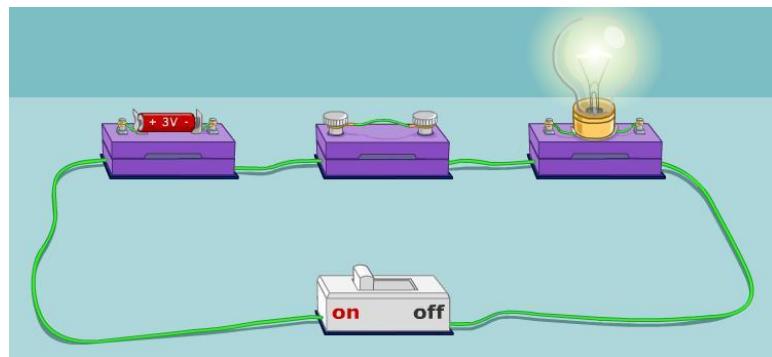








3) Observe a figura abaixo.



A) O que ela representa?

B) Qual a função da pilha nessa montagem?

C) Qual a função do fio nessa montagem?

D) Por que a lâmpada está acesa?

4) Explique o que você sabe sobre um **círculo elétrico**.

5) Assinale as figuras que representam **condutores elétricos**:



6) Do que é feito um fio elétrico?

7) Assinale as figuras que representam **isolantes elétricos**:





(rolha)



(moeda)

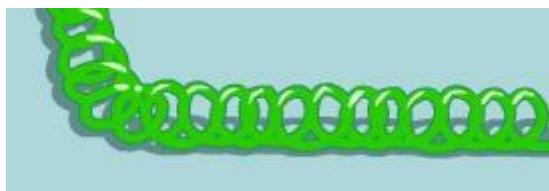


(pilha)

8) O que é uma **corrente elétrica**?

9) O que é **resistência elétrica**?

10) Dois fios de mesmo tipo possuem comprimentos diferentes, como na figura abaixo.



(fio comprido)



(fio curto)

Qual dos dois fios possui resistência elétrica maior?

() o fio comprido

() o fio curto

**APÊNDICE C – Pós-testes aplicados aos alunos depois da aplicação do
joguinho**



Pós-Teste I

Nome: _____

Conceito: **CIRCUITO ELÉTRICO**

1) Escreva ou desenhe o que é **círcuito elétrico**.

2) Escreva 6 palavras que se relacionam com **círcuito elétrico**.

3) Escreva uma frase utilizando **todas** as palavras escolhidas no item anterior.



Pós-Teste II

Nome: _____

Conceito: **RESISTÊNCIA ELÉTRICA**

1) Escreva ou desenhe o que é **resistência elétrica**.

2) Escreva 6 palavras que se relacionam com **resistência elétrica**.

3) Escreva uma frase utilizando **todas** as palavras escolhidas no item anterior.



Pós-Teste III

Nome: _____

Conceito: **ELETRICIDADE**

1) Escreva ou desenhe o que é **eletricidade**.

2) Escreva 6 palavras que se relacionam com **eletricidade**.

3) Escreva uma frase utilizando **todas** as palavras escolhidas no item anterior.



Pós-Teste IV

Nome: _____

Conceito: **CONDUTOR ELÉTRICO**

1) Escreva ou desenhe o que é **condutor elétrico**.

2) Escreva 6 palavras que se relacionam com **condutor elétrico**.

3) Escreva uma frase utilizando **todas** as palavras escolhidas no item anterior.



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Educação
Av. João Naves de Ávila, 2121 – C.P. 593 – CEP 38400-902 – Uberlândia - MG - Brasil
Fone: (034) 3239-4212 – email: ppged@faced.ufu.br

Pós-Teste V

Nome: _____

Conceito: **ISOLANTE ELÉTRICO**

1) Escreva ou desenhe o que é **isolante elétrico**.

2) Escreva 6 palavras que se relacionam com **isolante elétrico**.

3) Escreva uma frase utilizando **todas** as palavras escolhidas no item anterior.



Pós-Teste VI

Nome: _____

Conceito: **RESISTÊNCIA ELÉTRICA**

1) Escreva ou desenhe o que é **resistência elétrica**.

2) Escreva 6 palavras que se relacionam com **resistência elétrica**.

3) Escreva uma frase utilizando **todas** as palavras escolhidas no item anterior.

APÊNDICE D – Código das transcrições

CÓDIGO DAS TRANSCRIÇÕES

Locutores

(Nome) : nome fictício atribuído a um aluno do grupo observado

Aluno X: aluno da turma não identificado

Alunos: mais de três alunos falando ao mesmo tempo na gravação

P₁ : Pesquisador 1

P₂: Pesquisador 2

Palavras não identificadas

* : uma ou mais sílabas inaudíveis ou incompreensíveis

*** : palavras ou expressões inaudíveis ou incompreensíveis

(inaudível): grandes trechos incompreensíveis do discurso

Particularidades discursivas

/ : pausa breve (menor de 2 s)

/// : pausa longa (maior de 2 s)

(sic): **citação textualmente apresentada conforme a fala do aluno, com erro de português.**

Rs: risos

(*en italique e entre parênteses*): um locutor fala ao mesmo tempo de outro locutor

[sublinhado e entre colchete] observações do transcritor

(?) : enunciado incompreensível

! : intonação interpretada como exclamativa

? : intonação interpretada como interrogativa

**APÊNDICE E – Modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
direcionado aos pais dos alunos**



Modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar de atividades de pesquisa sobre o uso de experimentos virtuais na aprendizagem de conceitos de Física, a serem desenvolvidas por Sorandra Corrêa de Lima, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGED) da Faculdade de Educação (FACED) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi, do Instituto de Física da UFU (INFIS) e professor do corpo docente permanente do PPGED-FACED.

O projeto tem o objetivo de contribuir para o desenvolvimento do ensino de Ciências no ensino fundamental.

As atividades serão realizadas nas dependências da Escola Estadual Jerônimo Arantes, de 15 de março a 14 de abril de 2011, durante os horários das aulas de Ciências e consistirão na participação do estudante em experimentações virtuais e entrevistas. A aplicação será feita pela estudante Sorandra Corrêa de Lima, com acompanhamento dos professores Eduardo Kojy Takahashi (UFU) e da Profa. Neuza Maria dos Reis (E. E. Jerônimo Arantes), e as atividades serão gravadas em vídeo e fita cassete, para análises.

Declaramos que o nome do(a) estudante será mantido em sigilo em todas as citações referentes às gravações, assim como as imagens e falas em que ele(a) aparecer serão consideradas como material confidencial, não sendo permitida a sua veiculação em qualquer tipo de mídia, impressa ou eletrônica, e igualmente proibido o seu acesso por qualquer pessoa que não sejam os dois pesquisadores mencionados nesse documento, responsáveis pela aplicação das atividades. Além disso, as fitas contendo gravações das aulas e entrevistas serão desgravadas ao término do estudo.

Para maiores informações, favor contatar os pesquisadores responsáveis no Instituto de Física da UFU, Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Bloco 1X, sala 1X05, telefone (034) 3239-4190 (ramal 228) ou o Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEP-UFU), no mesmo endereço acima, Bloco 1A, sala 224, telefone (034) 3239-4131.

Assim, na qualidade de responsável legal pelo(a) estudante e, esclarecido(a) do convite, declaro estar ciente e concordar que o(a) mesmo(a) participe e seja filmado(a) nas atividades programadas no projeto acima descrito.

Uberlândia, _____ / _____ / 2010

Assinatura do responsável