

Desenvolvimento em Ensino de Física

Construção de conceitos de eletricidade nos anos iniciais do Ensino Fundamental com uso de experimentação virtual

(Construction of concepts of electricity in the early grades of elementary school with the use of virtual experiments)

Sorandra Corrêa de Lima¹, Eduardo Kojy Takahashi²

¹Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Monte Carmelo, MG, Brasil

²Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

Recebido em 23/5/2012; Aceito em 21/2/2013; Publicado em 9/9/2013

Neste trabalho, desenvolvemos e aplicamos uma metodologia de ensino para crianças do quarto ano do Ensino Fundamental, com o objetivo de viabilizar o início da construção de alguns conceitos de eletricidade a partir do uso de um experimento virtual. A análise do desenvolvimento das concepções dos estudantes, durante as atividades realizadas, mostrou que a experimentação virtual propiciou o desenvolvimento de algumas capacidades cognitivas e exibiu indícios de formação dos conceitos em nível formal.

Palavras-chave: aquisição de conceitos, eletricidade, experimentação virtual, Ensino Fundamental.

In this paper, we report the development and application of a methodology for teaching electricity concepts to children attending the fourth year of elementary school, with the aim of starting the construction of some concepts related to this topic by using a virtual experiment. The analysis of the evolution of the student's concepts while they were performing the programmed tasks showed that the virtual experimentation led to the development of some cognitive skills and provided evidences of concept formation in the formal level.

Keywords: concept acquisition, electricity, virtual experimentation, elementary school.

1. Introdução

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 de conceitos específicos dessa área já nos primeiros anos do Ensino Fundamental.

No entanto, o início da apresentação de conceitos de física no Ensino Fundamental aparece englobado dentro da disciplina denominada ciências, sendo a mesma lecionada por um único professor que, em geral, não possui uma formação adequada em física [1]. 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.

Schroeder [2] conclui que tornar as aulas de física como regra, e não como exceção, nas quatro primeiras séries do Ensino Fundamental, pode contribuir significativamente na melhoria da qualidade do ensino de Ciências que se oferece às crianças nas escolas brasileiras. O autor discute, ainda, a importância do professor

de ciências em propor desafios e garantir que todas as crianças participem das atividades, das discussões e, assim, sejam capazes de expor suas próprias conclusões, com base em argumentos lógicos e nas evidências disponíveis.

De acordo com Lima e Grillo [3, p. 117],

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.

O tema “eletricidade” atende satisfatoriamente essas três condições, estando tão presente no cotidiano, que se torna difícil identificar equipamentos, processos ou atividades humanas que não se utilizem, direta

¹E-mail: sorandra@infis.ufu.br.

ou indiretamente, de alguma propriedade elétrica ou eletrônica.

Entretanto, 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.

Nesse sentido, a utilização de experimentos virtuais qualitativos aparece como um recurso promissor, pois, ao mesmo tempo em que desperta a atenção do estudante para a matéria de ensino, ainda potencializa a aprendizagem por descoberta orientada [4], favorecendo o estabelecimento de habilidades e competências cognitivas (observar criticamente, elaborar e testar hipóteses, refletir e generalizar) [5].

Além disso, face ao elevado número de alunos por sala, à pouca disponibilidade de laboratórios de Ciências e à formatação rígida das aulas no ensino básico [6], as experimentações virtuais constituem estratégias didáticas viáveis para permitir a análise de fenômenos físicos de forma semelhante à realizada em laboratórios reais, com a redução dos custos de implantação e manutenção desses laboratórios para as escolas [7-8].

Em nosso trabalho, o uso de artefatos virtuais ao invés de artefatos reais teve, ainda, a intenção de agregar a atração do aluno pelo computador à promoção da sua autonomia para testar ideias utilizando regras e estruturas pré-definidas, além de propor alternativas para o uso do laboratório de informática da escola.

Assim, desenvolvemos e aplicamos uma metodologia de ensino para crianças do quarto ano do Ensino Fundamental (9 a 11 anos de idade), com o objetivo de viabilizar o início da construção de alguns conceitos de eletricidade a partir do estudo do funcionamento de uma lâmpada elétrica, em função da associação de diferentes elementos no circuito elétrico em que ela se encontra conectada e utilizando um experimento virtual qualitativo para observar o comportamento elétrico da lâmpada. A aplicação dessa metodologia foi realizada em uma escola pública do município de Uberlândia.

2. Fundamentação teórica

De acordo com Bento [9], a aprendizagem de Ciências deve começar nos primeiros anos da escolaridade, mas a abordagem inicial dos conteúdos científicos deve ser feita de forma exploratória, conectada ao que os alunos conhecem do seu cotidiano e de maneira a iniciar a sistematização desses saberes e experiências vivenciais para permitir aprendizagens mais complexas posteriormente.

Para potencializar a exploração do novo conhecimento, utilizamos um software que permite a simulação de uma atividade experimental no computador e ao qual denominamos experimentação virtual.

Adotamos a concepção construtivista de experimentação, na qual “as atividades são organizadas a partir do conhecimento prévio dos estudantes, sendo os experimentos desenvolvidos na forma de problemas ou testagem de hipóteses” [10], em contraposição às concepções demonstrativa, empirista-indutivista, ou dedutivista-racionalista do laboratório didático [10].

O uso da experimentação (real ou virtual) permite o desenvolvimento de um tipo de aprendizagem que Ausubel, Novak e Hanesian [4] classificam de *aprendizagem por descoberta orientada*, na qual o aprendiz deve descobrir parte do conteúdo a ser aprendido sob a orientação do professor.

Para esses autores, existem dois métodos gerais de aquisição conceitual: *formação de conceitos*, que ocorre principalmente nas crianças mais novas, na fase pré-escolar e *assimilação de conceitos*, que é a forma dominante de aprendizagem nas crianças em idade escolar e nos adultos.

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, envolvendo processos psicológicos como: análise discriminativa, abstração, diferenciação, formulação, teste de hipóteses e generalização [4, p. 87]. Os conceitos formados por esses processos são denominados *conceitos primários*. A maioria das informações necessárias à formação de um conceito provém de situações de laboratório (vivencial ou didático), em qualquer fase da vida de uma pessoa.

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 ideias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva. Os conceitos formados por esses processos psicológicos são denominados *conceitos secundários* [4, p. 87].

A metodologia que desenvolvemos propicia o início da ocorrência de ambos os tipos de aprendizagem conceitual: a formação de conceito de forma orientada e sistemática durante as atividades experimentais programadas e a assimilação de conceito, pela recepção de novos conhecimentos, pelos estudantes, durante o desenvolvimento das discussões coletivas efetuadas.

Devido ao nível escolar do público-alvo de nosso trabalho, preocupamo-nos essencialmente com o início da formação dos conceitos “energia elétrica”, “corrente elétrica”, “isolante elétrico”, “condutor elétrico” e “circuito elétrico”.

Relativo à formação de conceito, Klausmeier [11] 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 de Klaus-

meier 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, muitos conceitos são formados nos níveis concreto e de identidade antes do início da escolarização e nos níveis classificatório e formal, durante a fase inicial da escolarização.

Interpretando todas essas ideias de aquisição e desenvolvimento conceitual, podemos integrar os processos psicológicos envolvidos na formação de conceitos, segundo Ausubel, aos níveis de desenvolvimento conceitual de Klausmeier e propor uma taxonomia de

Ausubel-Klausmeier sobre a aquisição e desenvolvimento de um conceito, como apresentada na Tabela 1.

Essa taxonomia foi utilizada como referencial em nossas análises da aquisição e desenvolvimento de cada conceito trabalhado em nossa metodologia de ensino.

3. Metodologia de pesquisa

O campo de investigação foi uma turma de 34 alunos do quarto ano do Ensino Fundamental de uma escola pública situada na periferia do município de Uberlândia-MG, composta de 10 meninas e 24 meninos com idades de 9 a 11 anos. Essa quantidade de alunos variou durante o desenvolvimento dos trabalhos, em função das faltas de alguns alunos às aulas.

As atividades foram desenvolvidas em nove aulas de 50 minutos cada, sendo que todas elas foram registradas em áudio e vídeo e todas as falas dos alunos e dos pesquisadores foram transcritas, preservando-se ao máximo suas características originais. Para esta transcrição, adaptamos um código [12] (Apêndice) contendo as convenções utilizadas para registrar as falas e aspectos não verbais percebidos nos diálogos. Além disso, utilizamos pseudônimos no lugar dos nomes verdadeiros dos alunos durante a transcrição dos dados.

Embora a professora da turma tivesse incluído um conteúdo de eletricidade em seu planejamento da disciplina, ela não tinha a intenção de abordá-lo, por não saber como proceder. Desta forma, os estudantes não tiveram contato algum com o tema antes de nossa intervenção na escola.

Tabela 1 - Taxonomia de Ausubel-Klausmeier sobre a aquisição e o desenvolvimento de um conceito.

Nível de aquisição e desenvolvimento de um conceito	Processos psicológicos envolvidos
Formação de conceito em nível concreto	Abstração dos atributos mais elementares de um conceito primário
Formação de conceito em nível de identidade	Representação do conceito primário sob diferentes perspectivas visuais
Formação de conceito em nível classificatório	Análise discriminativa de diferentes padrões de estímulo
Formação de conceito em nível formal	Formulação de hipóteses sobre os elementos comuns abstraídos do conceito primário
	Testagem das hipóteses em situações específicas
	Seleção de uma categoria geral, ou de um conjunto de atributos comuns das hipóteses confirmadas
	Integração dos atributos formados do conceito primário a ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva
	Diferenciação do novo conceito de outros conceitos previamente aprendidos
Assimilação de conceito em nível formal	Generalização dos atributos criteriais do novo conceito para todos os membros da classe
	Representação do novo conteúdo por um símbolo de linguagem consistente com o uso convencional
	Integração dos atributos recebidos do conceito secundário simples a ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva
	Integração dos atributos recebidos do conceito secundário complexo a ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva

Em relação à metodologia de ensino desenvolvida, identificamos, inicialmente, o conhecimento prévio dos estudantes sobre eletricidade; utilizamos esse conhecimento para selecionar um organizador prévio do assunto que seria abordado, que partisse do conhecimento empírico dos estudantes e introduzisse as noções de eletricidade desejadas; propusemos atividades desafiadoras (problematizações) com base nos conhecimentos prévios dos estudantes e nas capacidades cognitivas esperadas, para serem resolvidas com o auxílio do experimento virtual e procuramos estimular reflexões dos estudantes acerca de diversos aspectos relacionados aos conteúdos abordados, consolidando-as ao final das atividades.

No desenvolvimento dessas atividades, procuramos identificar a construção e o desenvolvimento das ideias dos estudantes relativas à “energia elétrica”, “corrente elétrica”, “isolante elétrico”, “condutor elétrico” e “circuito elétrico”, com base na taxonomia de Ausubel-Klausmeier, e a influência da experimentação virtual no processo de construção inicial desses conceitos, com base na identificação das capacidades cognitivas que o uso dessa experimentação proporcionou à aquisição conceitual.

Nesse sentido, 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.

As atividades com os experimentos virtuais foram realizadas no laboratório de informática da escola e as discussões coletivas, coordenadas pelos pesquisadores, ocorreram na sala de aula, com a presença da professora da turma.

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

3.1. Primeira etapa: Identificação do conhecimento prévio dos estudantes

Na primeira aula, realizamos uma entrevista semi-estruturada a cada um dos estudantes para investigar o conhecimento dos mesmos sobre cada rótulo conceitual que seria trabalhado na experimentação e sobre o funcionamento de uma lâmpada incandescente.

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 aos demais estudantes.

Perguntamos, basicamente, se eles sabiam o que era “energia elétrica”, “circuito elétrico”, “condutor elétrico”, “isolante elétrico”, “corrente elétrica”, como uma lâmpada incandescente produzia luz, o que acontecia quando a lâmpada deixava de funcionar e o que

acontecia se ligássemos uma lâmpada de lanterna em uma, duas ou mais pilhas. As perguntas foram conduzidas para que o aluno tivesse clara compreensão acerca do que estava sendo questionado e para obter a melhor resposta possível à questão.

Em seguida, aplicamos um pré-teste em forma de questionário, contendo questões relacionadas aos rótulos conceituais em questão.

Os resultados dessa etapa serviram para selecionar o organizador prévio, na forma de vídeo, que foi utilizado no início da metodologia.

3.2. Segunda etapa: Aplicação das atividades instrucionais

Na 2ª aula, apresentamos um vídeo de aproximadamente cinco minutos, utilizado como organizador prévio, denominado “Eletricidade e Condutores”,² disponibilizado livremente na internet, no qual uma equipe de atores se caracteriza de cientistas malucos e realiza uma experiência, utilizando uma bobina de Tesla e diversos materiais do cotidiano, como lâmpadas de filamento e à gás, luz, água, prato de metal, borracha e o corpo humano, para mostrar o comportamento elétrico desses materiais. O vídeo enfatiza os conceitos “condutor elétrico”, “isolante elétrico” e “circuito elétrico”.

Durante a apresentação do vídeo não houve a interferência dos pesquisadores em momento algum. No entanto, após a sua exibição, foi promovida uma discussão com a turma (2ª e 3ª aulas), para obter mais informações sobre as concepções dos estudantes acerca da eletricidade, as quais foram aproveitadas posteriormente nas atividades experimentais.

Em relação ao uso da experimentação virtual, utilizamos os experimentos virtuais denominados KS2 Bitesize³ que estão disponíveis livremente 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 uso do 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 que representavam um circuito elétrico: um, dirigido à faixa etária de 10-11 anos, dispunha de um interruptor e três conectores (Fig. 1) e foi utilizado para estudar o funcionamento de uma lâmpada ao associá-la com pilhas,

²Disponível em [http://criancas.uol.com.br/ultnot/multi/2010/06/29/04029A386ED4A10346.jhtm?](http://criancas.uol.com.br/ultnot/multi/2010/06/29/04029A386ED4A10346.jhtm?mad-science-eletricidade-e-condutores-04029A386ED4A10346)

³KS2 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/.

lâmpada e fios; e outro, para a faixa etária de 8-9 anos, dispunha de quatro conectores (Fig. 2) e foi utilizado para estudar o funcionamento da lâmpada em função da presença de diferentes materiais (condutores ou isolantes) no circuito elétrico. Os conectores permitiam a utilização de diferentes elementos no circuito elétrico.

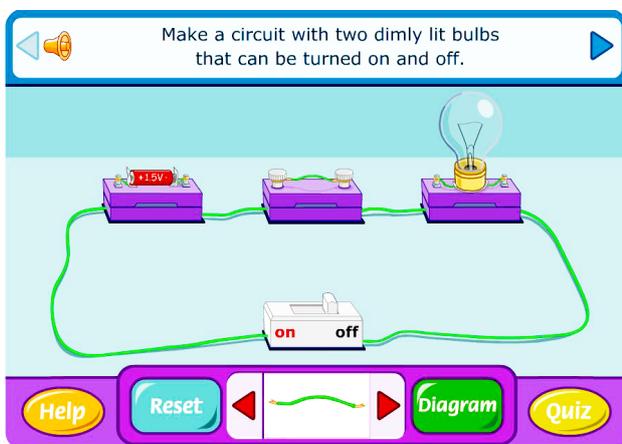


Figura 1 - Vista do ambiente gráfico do experimento virtual utilizado para estudar o funcionamento de uma lâmpada em função da sua associação com pilhas ou outra lâmpada (Experimento 1).

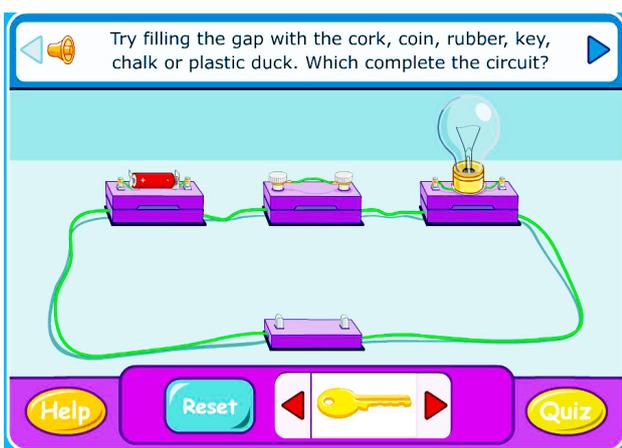


Figura 2 - Vista do ambiente gráfico do experimento virtual utilizado para estudar o funcionamento de uma lâmpada em função da sua associação com diferentes materiais (condutores ou isolantes) no circuito elétrico (Experimento 2).

Cada experimento possibilitou trabalhar desafios de naturezas distintas. O primeiro experimento permitiu selecionar os componentes do circuito elétrico dentre os seguintes dispositivos: pilhas com voltagens de 1,5 V ou 3,0 V, fios curtos ou longos e lâmpadas. Permitiu 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, com o tipo de fio utilizado, ou, ainda, com a associação de duas lâmpadas em série.

Propusemos, para esse experimento, as seguintes questões: como proceder para ligar a lâmpada no circuito elétrico? De que forma proceder para deixar a lâmpada do circuito mais brilhante? Qual o efeito do

brilho da lâmpada ao trocarmos o fio curto pelo longo? Por que a lâmpada do circuito se queima ao utilizar duas pilhas de 3 V?

O segundo experimento permitiu 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 acender a lâmpada e que classificassem o material em condutor elétrico ou isolante elétrico, de acordo com essa capacidade.

Esses dois experimentos virtuais possibilitaram trabalhar todos os rótulos conceituais alvos de nossa pesquisa.

A turma foi dividida em dois grupos para a manipulação dos experimentos virtuais no laboratório de informática da escola. O intuito era que cada aluno manipulasse o computador individualmente para construir suas concepções e, a partir disto, interagisse com os demais colegas para socializar e ressignificar seus pontos de vista.

No primeiro dia das atividades experimentais (4ª e 5ª aulas), aplicamos o primeiro experimento às duas turmas e no segundo dia (6ª e 7ª aulas), aplicamos o experimento 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.

Durante a aplicação da experimentação virtual, concentramo-nos nas falas e ações de cada aluno para procurar identificar o nível de desenvolvimento cognitivo, dentro da taxonomia de Ausubel-Klausmeier. Isso nos possibilitou obter uma radiografia dinâmica da estrutura cognitiva do aluno, relacionada aos conceitos trabalhados ao manipular o experimento, e a consecução ou não das capacidades cognitivas explicitadas na Tabela 2.

3.3. Terceira etapa: Consolidação da etapa instrucional

Na fase posterior à aplicação da experimentação (8ª e 9ª aulas), foram propostas duas atividades para averiguar se o aluno conseguia recordar informações trabalhadas na etapa anterior, detectar capacidades cognitivas atingidas pela maioria dos alunos e verificar se houve início de construção de cada um dos conceituais trabalhados.

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

Na aplicação do pós-teste foram solicitadas as concepções dos estudantes sobre os rótulos conceituais trabalhados nos experimentos e, também, que os alunos relacionassem cada rótulo conceitual com mais seis rótulos trabalhados. Na discussão final, os estudantes apresentaram as suas justificativas para as associações feitas no pós-teste.

Tabela 2 - Capacidades cognitivas esperadas dos estudantes ao manipular o experimento virtual.

Rótulo conceitual	Capacidades cognitivas esperadas
Energia elétrica	Discriminar a energia elétrica como um tipo de energia Identificar as pilhas como “fontes” de energia elétrica. 3. Identificar que a energia elétrica é transferida entre os diferentes elementos do circuito elétrico 4. Identificar que a energia elétrica é necessária para propiciar o funcionamento da lâmpada
Circuito elétrico	5. Identificar que o circuito elétrico é uma associação de condutores elétricos em um arranjo fechado 6. Identificar que o funcionamento da lâmpada necessita de uma fonte de tensão 7. Identificar que é possível a transmissão de energia elétrica entre os elementos de um circuito elétrico 8. Identificar que a quantidade de energia elétrica transmitida à lâmpada depende da capacidade da fonte e dos elementos presentes no circuito
Condutor elétrico	9. Identificar condutores elétricos 10. Identificar materiais metálicos como condutores elétricos 11. Identificar que o condutor elétrico é o elemento que estabelece conexões num circuito elétrico 13. Identificar que o condutor elétrico permite a passagem da corrente elétrica
Isolante elétrico	14. Identificar isolantes elétricos 15. Identificar que o isolante elétrico não permite a passagem de corrente elétrica 16. Discriminar condutor elétrico de isolante elétrico
Corrente elétrica	17. Identificar que a corrente elétrica percorre um circuito elétrico 18. Compreender que é necessária uma fonte de energia para se produzir uma corrente elétrica 19. Identificar que corrente elétrica transporta energia elétrica

4. Resultados e análise dos dados

Analizamos as transcrições das falas dos alunos durante todas as atividades desenvolvidas e as respostas aos questionários, com a intenção de realizar uma análise do desenvolvimento de suas ideias acerca de cada conceito trabalhado.

4.1. Desenvolvimento da ideia de energia elétrica

Na entrevista para identificação do conhecimento prévio dos estudantes sobre “energia elétrica”, 12 estudantes responderam que energia elétrica era a luz; 6 responderam que era para fazer funcionar algum aparelho e 7 não souberam responder. As demais respostas associavam energia elétrica com poste, tomada, água, conta para pagar e choque (elétrico).

De um modo geral, as respostas apresentavam proposições truncadas e dadas em termos de objetos que utilizam a energia elétrica para funcionar. Alguns diálogos registrados estão apresentados a seguir:

P1- Você sabe o que é energia elétrica?

Aline - É prá dar energia nas casas / dar luz.

Ana - É quando você /// é quando você liga a televisão [pensativo] a luz também possui energia elétrica!

Augusto - É energia que tem pra / acender a luz / [pensativo] beber água / [pensativo], pra ver televisão / som, carregar a pilha / celular.

André - Movidá a água!? Porque na estação lá /// tem uma água que joga energia pra poder trazer prá gente.

Bernardo - Não sei

Bruno - Energia da nossa casa

Celeste - Ah, a CEMIG³.

Cirilo - Luz e água.

Gabriel - É uma energia que passa em todas as casas para transmitir energia/ assistir programa...

Joelma - Energia elétrica eu acho que é a luz.

Larissa - É porque [pensativo] a gente põe as coisas pra funcionar?!

A partir dos dados coletados inicialmente, consideramos que os estudantes tinham conhecimento de aplicações da energia elétrica em eventos do cotidiano, mas não possuíam clareza ou segurança acerca do termo.

Deve-se ressaltar que as falas de Bruno e Gabriel parecem indicar que eles conseguem identificar a energia elétrica como um tipo de energia.

Após uma discussão coletiva ocorrida durante a aplicação do primeiro experimento, em que os pesquisadores expuseram uma ideia relacionada à transmissão da energia elétrica entre os dispositivos constantes de um circuito elétrico, os estudantes passaram a utilizar de forma natural o rótulo conceitual “energia elétrica”, como nas falas a seguir:

Aline - Eu pus três chaves e uma lâmpada, mas precisa de pilha para transportar energia elétrica até a luz.

P1 - Por que [a lâmpada] queimou?

Celeste - Porque tem muita energia elétrica, aí arrebentou o fiozinho.

Joelma - Dá muita energia elétrica, aí a bolinha da lâmpada vai e num (sic) aguenta e solta.

P1 - Sem pilha [no circuito] a lâmpada acende?

Cirilo - Porque não tem energia elétrica! Eeehhh e se pôr (sic) três fiozinho (sic) [no circuito elétrico] a lâmpada não acende!

P1 - Por que?

Cirilo - Porque não tem pilha e energia elétrica!

Nessas falas, nota-se que as respostas emitidas pelos estudantes apresentam proposições mais elaboradas e sem hesitação em relação à etapa de avaliação do conhecimento prévio. Os estudantes procuraram emitir explicações com o uso do rótulo conceitual “energia elétrica” relacionando-o com ideias relevantes, já existentes em sua estrutura cognitiva, o que indica um indício de assimilação deste conceito em nível formal, conforme a taxonomia de Ausubel-Klausmeier.

As falas mostram que os estudantes conseguem identificar as pilhas como fontes de energia elétrica, que a energia elétrica é transferida entre diferentes elementos do circuito e que ela é necessária para o funcionamento da lâmpada, cujas capacidades cognitivas eram esperadas que os estudantes desenvolvessem.

As explicações emitidas nas falas seguintes confirmam nossas análises anteriores:

P1 - Por que [a luz da lâmpada] ficou mais forte?

Ana - Porque 3V é mais que 1,5//

Ana - Tem mais energia!

P1 - Mas por que [a lâmpada] não acendeu?

Bernardo - Porque... quando passa o fiozinho [gesticula mostrando o fiozinho dentro da lâmpada] não tava passando [energia elétrica] pra ir pra outra!

P1 - Huummm... exatamente!

[Bernardo sorri satisfeito com sua explicação]

André - Professora, [antes de usar o experimento] eu não sabia o que era energia elétrica.

P1 - O fio tá fazendo o que ali? Qual a função do fio?

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

A ideia de transmissão de energia elétrica entre diferentes elementos do circuito aparece nas falas de Bernardo e de Gabriel. A influência da capacidade da fonte sobre a intensidade de luz da lâmpada aparece na fala de Ana.

4.2. Desenvolvimento da ideia sobre circuito elétrico

Na entrevista para análise prévia do conhecimento dos alunos sobre “circuito elétrico”, a fala de André exemplifica a confusão que diversos estudantes apresentaram entre esse rótulo conceitual e “curto-circuito”,

P1 - E você sabe o que significa circuito elétrico?

André - Quando dá aquele pipoco?!

P1 - Dá o que?

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

Após uma breve explicação dos pesquisadores sobre circuito elétrico, alguns alunos conseguem apresentar explicações sobre o comportamento de um circuito na etapa de experimentação virtual. As falas a seguir exemplificam algumas respostas:

P1 - Agora todo mundo liga a lâmpada aí de novo! /// O que vai acontecer? Alguém me explica?

Ana - Porque a corrente elétrica/ passa nesses objetos [aponta para diversos dispositivos no circuito elétrico] até a lâmpada.

Victor - Porque a energia da pilha vai passar pelo fio e vai ligar a lâmpada.

P2 - Como é que você faria para acender a lâmpada?

Gabriel - Eu tiraria a borracha e colocaria um fio [faz a troca na hora e a lâmpada acende]

P1 - E aí, o que acontece?

Gabriel - Aí pode passar energia pelo fio, aí, até a lâmpada.

Nesta etapa, alguns estudantes testam e avaliam suas hipóteses sobre a intensidade da luz emitida pela lâmpada (ficar forte, ficar fraca e queimar) a partir da substituição de diversos elementos no circuito elétrico (associação de pilhas, de lâmpadas, uso de fio longo, uso de fio curto). Esses procedimentos constituem operações mentais que caracterizam o nível formal de desenvolvimento desse conceito, segundo a taxonomia de Ausubel-Klausmeier.

As falas de Victor e Gabriel indicam que eles conseguiram identificar que a energia elétrica é transmitida entre os elementos do circuito. Ana consegue apresentar uma explicação da funcionalidade do circuito elétrico em termos da corrente elétrica estabelecida no circuito.

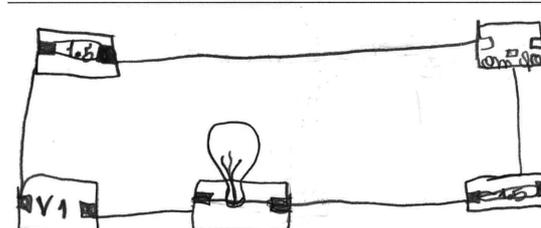
Ainda nessa etapa, alguns alunos conseguem generalizar o rótulo “circuito elétrico” como sendo toda associação fechada de dispositivos condutores, conectados a uma fonte de tensão, caracterizando o nível formal de desenvolvimento cognitivo.

Por outro lado, diversas falas apresentam relações entre “circuito elétrico” e mais de um rótulo conceitual trabalhado, o que, de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian [3], são indicadores de assimilação conceitual.

A Fig. 3 mostra a resposta de Joelma no pós-teste, a respeito do rótulo conceitual “circuito elétrico”.

Conceito: **CIRCUITO ELÉTRICO**

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



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

<u>lâmpada</u>	<u>fio de cobre</u>
<u>interruptor</u>	<u>eletricidade</u>
<u>pilha</u>	<u>radio</u>

Figura 3 - Resposta de Joelma na forma de desenho sobre sua compreensão de “circuito elétrico”

Todas as capacidades cognitivas esperadas em relação ao rótulo “circuito elétrico” estiveram presentes nas falas dos alunos.

4.3. Desenvolvimento das ideias sobre isolante e condutor elétrico

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

Na aplicação do pré-teste, 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.

Durante a aplicação das atividades experimentais, os respectivos alunos demonstraram adentrar o nível formal de Ausubel-Klausmeier em relação ao rótulo “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, circuito elétrico, corrente elétrica e energia elétrica. As falas seguintes exemplificam isso:

Celeste - Eu coloquei uma borracha, uma pilha e uma lâmpada e [a lâmpada] não acendeu!

P1 - Por quê?

Celeste - Porque a borracha é isolante!

Elda - Eu coloquei duas pilha (sic), coloquei um patinho, aí não pegou porque ele é isolante!

Joelma - Mesmo colocando a pilha e o fio a lâmpada não acende se não tiver um condutor! Porque eu coloquei um giz, uma lâmpada, a pilha e o fio!

Juliana - Eu pus um fiozinho e uma moeda e ela [a lâmpada] acendeu, porque a moeda é de metal.

Nessas falas, a aluna Juliana demonstrou uma generalização: 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).

A aluna Joelma, conseguiu identificar que a associação de condutores elétrico é importante para o funcionamento de um circuito elétrico. 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 “circuito elétrico”.

A segurança de alguns estudantes em relação à natureza condutora, ou isolante, dos materiais fica evidenciada na fala de Cirilo, a seguir, que corrige a fala de

André, evidenciando ter adquirido uma clareza e estabilidade no significado desses rótulos,

André - Eu já fiz isso! Mas [pensativo] eeeehh [pensativo] a pilha e a moeda são isolante (sic), aí por isso que passa energia e a lâmpada fica forte!

Cirilo - É condutor ôw!

No pós-teste, os alunos demonstraram ter adquirido maior clareza e segurança quanto aos rótulos conceituais “condutor elétrico” e “isolante elétrico”, conforme pode ser verificado nas Figs. 4 e 5.

Conceito: **CONDUTOR ELÉTRICO**

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

Condutor elétrico é uma colher e outros metais.



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

colher, lâmpada, pilha, interruptor, televisão, chuveiro.

Figura 4 - Resposta de Augusto sobre sua compreensão de “condutor elétrico”.

Conceito: **ISOLANTE ELÉTRICO**

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

Isolante são objetos que não passam energia elétrica.



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

cabos, madeira, borracha, tecido, vidro.

Figura 5 - Resposta de Aline sobre sua compreensão de “isolante elétrico”.

4.4. Desenvolvimento da ideia de corrente elétrica

Em relação ao rótulo conceitual “corrente elétrica”, os alunos mostraram, inicialmente, desconhecimento

do mesmo e seu respectivo significado, mas, ao final das atividades, uma aluna conseguiu atingir o estágio de construir uma proposição relacionando a corrente elétrica como transportadora de energia elétrica (Fig. 6).

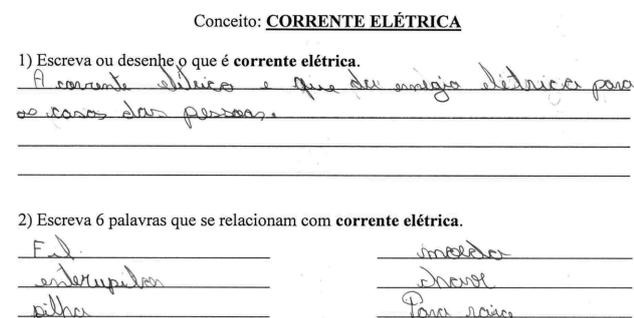


Figura 6 - Resposta de Celeste na forma escrita sobre sua compreensão de “corrente elétrica”

Outros estudantes também apresentaram ideias semelhantes na forma verbal, o que evidencia que o conceito estava começando a ser formado, com a identificação dos atributos relevantes do conceito de uma forma mais refinada e precisa, de forma que os atributos não essenciais são deixados de lado [4, p. 101]. Assim, consideramos que os estudantes encontram-se na etapa de formação de conceito em nível formal, de acordo com a taxonomia de Ausubel-Klausmeier.

P1 - Aí! Você substituiu a rolha pelo fio?

Larissa - Aham

P1 - Aí, o que aconteceu?

Larissa - A lâmpada acendeu!

P1 - Por quê?

Larissa - Por causa da corrente elétrica!

Aline: Eu pus a pilha aí ela acendeu, porque a pilha conduz corrente elétrica!

P1: Mas, para ter corrente elétrica, precisa do que?

Marcos e Tiago: Pilha!

P1: Do que a corrente elétrica é formada?

André: Elétron!

P1: E por onde vai passar a corrente elétrica?

André: Pelo fio!

Nas falas de Aline, Marcos e Tiago percebe-se a noção de que é necessária uma fonte de tensão, no caso a pilha, para o estabelecimento da corrente elétrica.

Uma síntese dos resultados e das análises efetuadas sobre o desenvolvimento das concepções dos estudantes acerca de cada rótulo conceitual trabalhado encontra-se na Tabela 3.

Diante do exposto, fica claro que a experimentação virtual conseguiu dar um suporte ao aluno para a elaboração das informações recebidas e construção de interpretações pessoais significativas dos rótulos conceituais trabalhados, tendo estimulado nos alunos as capacidades cognitivas que aparecem na Tabela 2.

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 trabalhados.

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 frequência de frases e respostas dos alunos utilizando tais rótulos indica que ocorreu uma extensão e modificação dos atributos criteriosais desses conceitos na estrutura cognitiva de cada um, ao longo do nosso trabalho, evidenciando uma assimilação significativa dos mesmos no nível formal do desenvolvimento cognitivo, de acordo com a taxonomia de Ausubel-Klausmeier.

Há de se considerar que, mesmo no caso do conceito “corrente elétrica”, que demonstrou uma menor assimilação pelos alunos, é possível afirmar que boa parte deles ofereceu evidências de formação de tais conceitos no nível formal de desenvolvimento cognitivo. Isso se torna evidente, diante das capacidades cognitivas apresentadas pelos alunos na aplicação da metodologia.

Tabela 3 - Síntese dos resultados e análise do desenvolvimento das ideias dos estudantes acerca de cada rótulo conceitual.

Rótulo conceitual	Etapa 1: Diagnóstico do conhecimento prévio dos alunos (Entrevista, pré-teste e discussão do conteúdo do vídeo)	Etapa 2: Aplicação de atividades instrucionais (experimentação virtual)	Etapa 3: Consolidação final acerca da aquisição dos conceitos (Pós-Teste e discussão final)
Energia elétrica	Na entrevista, 38% das respostas associaram a energia elétrica com a luz; 22% não souberam dizer coisa alguma e 19% associaram como algo necessário para fazer funcionar aparelhos. As respostas eram, em geral, monossilábicas, sem construção de proposições e explicitando eventos em que a energia elétrica se manifestava.	Conseguiram abstrair a ideia de energia elétrica; apresentaram a ideia de que a energia elétrica é transferida entre diferentes elementos do circuito elétrico; conseguiram identificar que a energia elétrica transmitida entre os elementos do circuito elétrico depende do valor da tensão da fonte e que a energia elétrica é "gerada" pelas pilhas.	Atributos criteriosais foram entendidos ou modificados a partir da conciliação com os conceitos mais específicos trabalhados, como ocorreu com a ideia de que um circuito elétrico transporta energia elétrica e que o valor dessa energia é uma função direta da associação de pilhas no circuito.
condutor elétrico	Na entrevista, 88% dos estudantes afirmaram não conhecer esse rótulo conceitual e os demais apresentaram associações desconexas ao tentar dizer o que entendiam pelo termo. Apesar de alguns alunos conseguirem identificar alguns objetos como condutores elétricos, essa identificação foi meramente aleatória, uma vez que afirmaram não conhecer este rótulo e seu significado.	Os alunos formularam hipóteses, testaram as hipóteses formuladas e generalizaram, de forma autônoma, que objetos metálicos são materiais condutores e que este tipo de material permite a passagem de corrente elétrica no circuito elétrico. Diferenciaram, com bastante segurança, materiais condutores elétricos de isolantes elétricos.	Conseguiram diferenciar materiais condutores e isolantes elétricos com bastante segurança, apresentando justificativas relacionadas à permitir ou não o funcionamento de uma lâmpada em um circuito elétrico. Conseguiram explicitar exemplos e não-exemplos de condutores e isolantes elétricos que sequer tinham sido utilizados durante a experimentação.
Isolante elétrico	Da mesma forma que para o rótulo conceitual "condutor elétrico", na entrevista, 91% dos estudantes afirmaram desconhecer esse rótulo conceitual.	Os alunos formularam hipóteses, testaram essas hipóteses e conseguiram generalizar atributos de materiais isolantes elétricos e que estes materiais não permitem a passagem de corrente elétrica no circuito elétrico. Diferenciaram, com bastante segurança, materiais condutores elétricos de isolantes elétricos.	Conseguiram diferenciar materiais condutores e isolantes elétricos com bastante segurança, apresentando justificativas relacionadas à permitir ou não o funcionamento de uma lâmpada em um circuito elétrico. Conseguiram explicitar exemplos e não-exemplos de condutores e isolantes elétricos que sequer tinham sido utilizados durante a experimentação.
Circuito elétrico	Na entrevista, 59% dos alunos mostraram desconhecimento deste rótulo conceitual e 31% o confundiram com "curto-circuito" ou "choque elétrico". Entretanto, a maioria dos alunos apresentou uma ideia (proveniente do seu cotidiano) de como ligar uma lâmpada em uma pilha, para fazê-la funcionar.	Os alunos conseguiram generalizar a ideia de "circuito elétrico" como sendo uma associação fechada de dispositivos condutores, conectados a uma fonte de tensão (no caso, a pilha).	Os alunos fizeram uso desse rótulo conceitual com bastante segurança e conseguiam expressar atributos do conceito corretamente, seja na forma de desenho, verbal ou escrita.
Corrente elétrica	Demonstraram total desconhecimento desse rótulo conceitual.	Apenas um aluno conseguiu estabelecer uma relação entre "circuito elétrico" e "corrente elétrica" (hipotetizou que a corrente percorre o circuito elétrico) e outro aluno conseguiu relacionar primariamente "corrente elétrica" e "elétron".	Uma aluna conseguiu atingir o estágio de construir uma rica proposição relacionando a corrente elétrica como transportadora de energia elétrica e outros estudantes também apresentaram ideias semelhantes na forma verbal.

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 o início da construção de conceitos de eletricidade para estudantes do 4º ano do Ensino Fundamental, utilizando a experimentação orientada como espaço de descoberta do novo conhecimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro.

6. Apêndice - código das transcrições

P₁: pesquisador 1.

P₂: pesquisador 2.

/: 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.

[sublinhado e entre colchete]: observações do transcritor.

!: entonação interpretada como exclamativa.

?: entonação interpretada como interrogativa.

Referências

- [1] F. Damasio, *Programa para Qualificação de Professores para Ensino de Física em Séries Iniciais do Ensino Fundamental*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- [2] C. Schroeder, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 89 (2007).
- [3] V.M.R. Lima e M.C. Grillo, in: *Aprender em Rede na Educação em Ciências*, editado por M.C. Galiazzi, M. Auth, R. Moraes e R. Mancuso (Unijuí, Ijuí, 2008).
- [4] D. Ausubel, J. Novak and H. Hanesian, *Educational Psychology: A Cognitive View* (Rinehart & Winston, New York, 1978), p. 631.
- [5] M.S.T. Araújo e M.L.V.S. Abib, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **25**, 176 (2003).
- [6] E.K. Takahashi e S.R. Lima, in: *Ensino Médio: Processos, Sujeitos e Docência*, editado por R.V. Puentes, O.F. Aquino e A.M. Longarezi (Edufu, Uberlândia, 2012).
- [7] H. Benmohamed, L. Arnaud and P. Patrick, in: *Anais do ITHET 6th Annual International Conference*, Dominican Republic, 2005.
- [8] R.A. Familia, in: *Anais do ITHET 6th Annual International Conference*, Dominican Republic, 2005.
- [9] S.I.S. Bento, *Impactos do Programa de Formação de Professores do 1º Ciclo do Ensino Básico em Ensino Experimental das Ciências nas Aprendizagens das Crianças*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, 2010.
- [10] C.W. Rosa e A.B. Rosa, *Revista Iberoamericana de Educación*, **6**, 1 (2010).
- [11] H.J. Klausmeier, *Manual de Psicologia Educacional - Aprendizagem e Capacidades Humanas*, traduzido por Maria Célia Teixeira Azevedo de Abreu (Harper e Row, São Paulo, 1977).
- [12] C.E.P. Villani, *As Práticas Discursivas Argumentativas de Alunos do Ensino Médio no Laboratório Didático de Física*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.