

Entre o observado e o imaginado: do arco-íris à mecânica quântica*

Alexandre Campos

107

Resumo

Se, por um lado, é na escola que se deve almejar a alfabetização científica, no sentido de o aluno ser apresentado à cultura científica, por outro, deve-se reconhecer que ele é portador de uma cultura própria, a infantil. Assim, durante o processo de apreensão da realidade, essas culturas atuam mutuamente, influenciando aquilo que se observa e a representação daquilo que se observa. É na psicologia cognitiva que nos apoiaremos para analisar os aspectos da realidade presentes nas representações das crianças na faixa dos 8 aos 10 anos sobre o fenômeno da difração. Com esse fim, algumas atividades foram realizadas para que as crianças observassem e registrassem possíveis diferenças entre espectros contínuos e discretos. A análise dos desenhos se deu por inferência, mediante possíveis aspectos da realidade (física, cotidiana ou da cultura infantil). Os resultados sugerem prevalência da cotidiana.

Palavras-chave: ensino de ciências; crianças; realidade; física moderna e contemporânea; teoria dos campos conceituais.

* Pesquisa em andamento com interesse na inserção de aspectos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino fundamental ciclo I. Apoio: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Instituto Tim.

Abstract

Between what is observed and what is imagined: from the rainbow to quantum mechanics

If, on the one hand, the school is the place to aspire for scientific literacy, in the sense that it is there that students are presented to scientific culture, on the other hand, they must be acknowledged as bearers of their own child culture. Thus, through the reality-grasping process, these cultures act upon one another, influencing both what is observed and the representation of what is observed. This research is based on cognitive psychology to analyze the aspects of reality existent in the representations made by children aged from eight to ten about the dispersion phenomenon. For this purpose, some activities have been carried to prompt the children to observe and record possible differences between the continuous and discrete spectra. The analysis of the drawings have been conducted by inference, considering possible reality aspects (physical, mundane or child culture realities). The results indicate the prevalence of the mundane reality.

Keywords: science teaching; children; reality; modern and contemporary physics; theory of conceptual fields.

Resumen

Entre lo observado y lo imaginado: del arco iris a la mecánica cuántica

Si, por un lado, es en la escuela que se debe anhelar la alfabetización científica, en el sentido del alumno ser presentado a la cultura científica, por otro, se debe reconocer que él es portador de una cultura propia, la infantil. Así, durante el proceso de aprehensión de la realidad, esas culturas actúan mutuamente, influenciando lo que se observa y la representación de lo que se observa. Es en la psicología cognitiva que nos apoyaremos para analizar los aspectos de la realidad presentes en las representaciones de los niños en la franja etaria de los 8 a los 10 años sobre el fenómeno de la dispersión. Con ese fin, algunas actividades fueron realizadas para que los niños observaran y registraran posibles diferencias entre espectros continuos y discretos. El análisis de los dibujos se dio por inferencia, mediante posibles aspectos de la realidad (física, cotidiana o de la cultura infantil). Los resultados sugieren la prevalencia de la realidad cotidiana.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias; niños; realidad; física moderna y contemporánea; teoría de los campos conceptuales.

Introdução

As primeiras brincadeiras e o primeiro contato com a escolarização formal marcam a vida de qualquer criança, pois proporcionam as experiências fora do convívio familiar. Tudo é novo, é quase tudo diversão. Aos poucos, as diferenças ficam evidentes, com a percepção de que os espaços e os momentos não são os mesmos. Gestos, falas e ações que são comuns em casa são repetidos na escola; manifestações adquiridas na escola passam a ser usadas em casa. O mesmo se pode dizer de suas explicações e de suas representações. Se, por um lado, conhecimentos adquiridos no dia a dia são utilizados para explicar situações escolares, por outro, conhecimentos e situações escolares são utilizados para explicar acontecimentos cotidianos.

A esse respeito, Souza (2016, p. 42) reflete sobre as articulações entre o conhecimento científico escolar e o conhecimento de infância das crianças e aponta que se faz necessário repensar o espaço escolar, possibilitando “seu acesso à cultura científica, sem desvalorizar as infâncias”. Segundo a autora, “ser criança é viver a experiência da infância, experiência essa que se diferencia a partir do meio onde a criança está imersa. A criança é receptora de uma cultura que está posta, mas não apenas isso” (p. 43). Esse processo de inter-relações entre as diferentes influências nas quais as crianças estão chama-se de “culturas infantis”.

A fim de demonstrar essas influências, a autora lança mão de um exemplo, no qual uma criança é convidada a representar um cientista. A criança, então, desenha um robô e uma escada. Ao ser questionada sobre o motivo de a escada estar presente no desenho, a criança responde que a escada está ali para consertar o robô (Souza, 2016, p. 45-46). A compreensão de que essa cultura traz implicações aos processos explicativos é fundamental.

Se é necessário aceitar e compreender a cultura infantil no processo de ensino e aprendizagem da ciência, também é interessante que se aponte de que forma aspectos dessa cultura interagem quando um fenômeno científico é apresentado à criança. De que maneira um aluno dos primeiros anos do ensino fundamental ciclo I (EFCI) faria a representação de um fenômeno físico? Ele seria capaz de perceber, espontaneamente, sutilezas presentes em dois fenômenos parecidos, cujos modelos explicativos sejam muito distintos? Essas perguntas surgem da convergência de duas culturas, a da infância e a da ciência. Ambas se apresentam na escola e são indissociáveis quando se almeja a alfabetização e o letramento científico.

No que se refere à cultura científica e, em especial, à ciência física, pode-se pensar que seu corpo de conhecimentos está alicerçado em modelos, com a forte presença de entidades que, nem sempre, possuem apelo ao real. Nesse sentido, muitos conceitos e ideias da física parecem ir contra o senso comum. Na Física Moderna e Contemporânea (FMC), tais entidades e modelos podem ser encontrados com frequência.

Portanto, se levarmos em consideração que: 1) a escola é portadora de momentos e de espaço privilegiado para que a cultura científica seja apresentada às crianças; 2) a criança deve ser reconhecida como um sujeito imerso na “cultura infantil”;

e 3) há, na FMC, aspectos com pouco apelo ao real, de que maneira, crianças na faixa dos 8 aos 10 anos representariam aspectos fenomenológicos da FMC? O quão fiéis estariam essas representações do fenômeno em si? Quais aspectos da cultura infantil estariam presentes nessas representações?

Na busca de respostas para essas perguntas é que este trabalho se coloca. Trata-se de pesquisa empírica, cujas inferências se apoiam na dimensão psicológica.

O ensino da FMC na escola básica

Diferentemente das dificuldades encontradas até o final da década de 1990, o ensino de conteúdos da FMC é hoje uma realidade. A elaboração de materiais didáticos desses conteúdos e sua implementação em aulas de física no ensino médio (EM) demonstram a pertinência dessa afirmação. Exemplos dessa elaboração podem ser encontrados em trabalhos como os de Brockington (2005), ao tratar da dualidade onda-partícula, e de Siqueira (2006), ao abordar as partículas elementares.

Sendo possível a inserção de conteúdos de FMC em aulas de física no EM, então pode-se pensar em adaptar alguns de seus conteúdos e/ou algumas de suas atividades para outros níveis de ensino.

Em artigo publicado em 2006, Lemke (*apud* Sasseron; Carvalho, 2011, p. 71) argumenta em favor de uma reavaliação do ensino de ciências na qual se considere uma abordagem didático-epistemológica que seja coerente com a idade dos alunos e o nível de ensino. Para crianças, esse autor sugere que se explorem aspectos dos fenômenos científicos:

Com estudantes mais jovens devemos trabalhar para criar um compromisso mais profundo com o fantástico dos fenômenos naturais. Com os estudantes maiores precisamos apresentar uma imagem mais honesta tanto dos usos prejudiciais como dos benefícios das ciências. (Lemke *apud* Sasseron; Carvalho, 2011, p. 71).

No que se refere ao cotidiano, tem-se que conteúdos da FMC apresentam pouco apelo à realidade, diferentemente de parte dos conteúdos da Física Clássica (FC), na qual o apelo ao real é mais frequente:

- exemplos de realidade física com pouco apelo ao real (ou pouco/nenhum apelo à realidade cotidiana): energia, elétron, fóton, onda gravitacional, espectro discreto etc. – aqui, por vezes, relacionam-se ou a modelos microscópicos ou possuem grande abstração linguística;
- exemplos de realidade física com forte apelo ao real (ou muito apelo à realidade cotidiana): altura, peso/massa, velocidade, tempo, chuva, arco-íris, espectro contínuo etc. – aqui, por vezes, relacionam-se a modelos macroscópicos ou possuem pouca abstração linguística.

Vale chamar a atenção para o fato de que, nos dois exemplos, não nos referimos somente aos fenômenos (chuva, espectros etc.), nem somente às entidades físicas

(elétron, fóton etc.). Aqui, o significado de apelo ao real refere-se à sua apreensão, ou seja, remete ao seu sentido psicológico. Essa distinção interessa ao didata, se quisermos que o processo de ensino e de aprendizagem das disciplinas científicas caminhe do menos complexo – aspectos da realidade com pouco apelo ao real – ao mais complexo – aspectos da realidade com forte apelo ao real. A organização desses aspectos pode ser pensada em termos de níveis explicativos, os quais permitiriam diferenciar e problematizar espectros contínuos e discretos, por exemplo, com base na observação da produção da luz em lâmpadas incandescentes e em lâmpadas fluorescentes.

A produção da luz e os níveis explicativos

Um tema para se pensar na introdução da FMC no EFCI é a luz no contexto de sua produção. Por exemplo, lâmpadas incandescentes e lâmpadas fluorescentes emitem luz. Assim, a função de cada uma é iluminar. Essa percepção é tão natural que não nos questionamos sobre o funcionamento interno de cada uma delas. Qualquer outra explicação aqui parece inexistir, dado que faz parte do cotidiano o fato de as lâmpadas servirem para produzir luz. Contudo, ao utilizarmos um espectroscópio, perceberemos que o espectro da lâmpada incandescente é contínuo e o da lâmpada fluorescente é discreto. Essa percepção não é evidente e, portanto, não pode ser percebida espontaneamente no dia a dia. Mas qual seria a causa dos diferentes espectros? Para saber, recorramos às explicações dos modelos microscópicos utilizados na física. Enquanto, na primeira, a emissão de luz se dá pelo aumento da oscilação dos elétrons em torno da posição de equilíbrio, na segunda, ocorre pela absorção e emissão de pacotes de energia. Esses diferentes níveis explicativos podem ser organizados conforme o Quadro 1.

111

Quadro 1 – Níveis explicativos para a produção da luz

Conceito	1º nível	2º nível	3º nível
A produção da luz	Lâmpadas incandescentes e fluorescentes produzem luz.	Enquanto diferentes lâmpadas incandescentes apresentam espectros contínuos de mesma natureza, lâmpadas fluorescentes de diferentes gases possuem espectros distintos.	Nas lâmpadas incandescentes há produção de luz por aumento da oscilação dos elétrons. Nas lâmpadas fluorescentes a produção de luz ocorre por migração de elétrons para níveis mais e menos energéticos.

Fonte: Adaptado de Astolfi; Develay (2008, p. 60).

Segundo Astolfi e Develay (2008, p. 60), esses níveis explicativos se distinguem em três planos: a) linguístico; b) psicogenético; e c) epistemológico. No plano linguístico, refere-se à dificuldade lexical, à estrutura semântica e sintática; no psicogenético,

há a possibilidade de hierarquização, de acordo com os graus de complexidade para sua compreensão, tipo de causalidade etc.; e no epistemológico, podem ser hierarquizados em aspectos fenomenológicos, modelos explicativos, enunciados do problema etc.

Na organização por níveis apresentada no Quadro 1, percebe-se que há um afastamento da explicação cotidiana à medida que avançam os níveis. Assim, o primeiro nível possui apelo ao real cotidiano, conhecido do aluno, enquanto o terceiro nível não é acessível por apelo direto aos sentidos. O segundo nível também não é acessível, diretamente, mas apenas com o uso do espectroscópio.

O problema, porém, é que o espectro discreto é muito parecido com o espectro contínuo. A diferença entre um e outro se revela em eventuais “separações/falhas no espalhamento” das cores entre eles. Essa diferença é sutil à observação espontânea e por isso pode não ser notada pelas crianças. É a partir dessa percepção que se coloca em questão as diferenças entre os dois espectros e se avança para o nível explicativo seguinte, nos próximos anos da escolarização formal. Portanto, reescrevamos as perguntas da introdução, mais especificamente, da seguinte forma:

- Será que alunos do EFCI representariam a diferença entre os espectros de lâmpadas incandescentes e fluorescentes mediante desenhos?
- O quão fiéis seriam esses desenhos em relação aos espectros?
- Quais aspectos da cultura infantil estariam presentes nessas representações?

Plano psicogenético

O plano psicogenético permite que se hierarquize os níveis explicativos em função do grau de abstração e complexidade, de acordo com a seriação e a idade dos alunos. Esse plano não é uma diretriz didática; tampouco é um plano linguístico ou epistemológico. Embora a análise ou o conhecimento do desenvolvimento psicogenético tenha implicação didática, ele não é, em si, um plano didático.

Ao entrar na escola, a criança traz consigo um conjunto de conhecimentos e explicações do mundo, de fenômenos naturais ou sociais, os quais exercem/sofrem influência sobre/dos conhecimentos escolares. Essa espécie de simbiose entre conhecimentos é que permite aos alunos aumentarem sua rede explicativa, à medida que novos fenômenos são apresentados, para os quais os alunos ou não possuem ou possuem pouco repertório explicativo.

Por volta dos 8 aos 10 anos de idade, os alunos costumam trazer à tona noções aparentemente sem conexão com o conhecimento científico escolar. Por exemplo, em investigação na qual se pediu para as crianças desenharem um cientista, uma delas desenhou um robô gigante (supostamente representando o cientista) e, ao lado, uma escada. Ao ser questionada sobre o motivo de a escada estar ali, argumentou que ela servirá quando for necessário consertá-lo (Souza, 2016).

Também se sabe que, nessa faixa etária, as crianças são capazes de reconhecer fenômenos presentes no domínio da Física Clássica, assim como traçar relações de causa

e efeito – se isto, *então* aquilo (Dias; Correia, 2015; Ferraz; Sasseron, 2017; Sasseron; Carvalho, 2011). O mesmo não se pode afirmar dos fenômenos presentes no domínio da FMC. Seja num domínio, seja noutro, o fato de o aluno reconhecer o aspecto do real é central para que se pense em avançar com o conhecimento científico escolar.

Portanto, a direção que tomaremos deve nos dar condições para analisar e discutir *se* e *como* as crianças registram os espectros, em particular o da lâmpada fluorescente (espectro discreto). Assim, valemo-nos da adaptação do triângulo epistemológico para a psicologia (Weil-Barais, 1994, p. 439). Trata-se de uma sistematização em três planos (aspectos da realidade, significado e significante), contida na Teoria dos Campos Conceituais (TCC), de Gérard Vergnaud.

Pressuposto teórico

O pressuposto teórico adotado baseia-se na TCC, uma teoria cognitivista que se interessa pela conceitualização, partindo de aspectos da realidade. Duas noções são centrais nessa teoria: a de *esquemas* e a de *homomorfismos*. A noção de esquema foi incorporada à psicologia cognitiva pelas contribuições de Piaget, depois de ter sido, inicialmente, idealizada por Kant e modificada por Revault d’Allonnes. Segundo Carvalho Junior e Parrat-Dayana (2015, p. 527-528),

na teoria piagetiana, não faz sentido pesquisar o momento exato em que se iniciou determinado *schème* [...]. Se, no início da vida, as “situações semelhantes” às quais os *schèmes* elementares se aplicam são muito diversas – em oposição ao número restrito de *schèmes* –, o mecanismo de diferenciação que se processa não extingue em determinado plano o que já foi conseguido no plano anterior. Há, portanto, uma continuidade em relação às situações às quais os *schèmes* se aplicam.

Haveria, assim, um processo de filiações e de rupturas, nas quais os sujeitos poderiam associar novas competências às que já possuem e romper com outras. Nem a associação nem a ruptura de competências são simples. Essa perspectiva diz respeito às escolhas e ao acompanhamento do professor, o que lhe permite facilitar e guiar a aquisição de novas competências. É a escolha de bons percursos didáticos que influenciará os processos de filiação e ruptura. Filiação é o apoio encontrado por novas competências em outras adquiridas anteriormente; ruptura é o abandono de antigas ideias ou competências, a partir da tomada de consciência, “processo necessário para que se adquiram novas competências” (Vergnaud, 2011, p. 16). A aquisição de novas competências e ideias e o abandono de antigas não ocorrem somente no ambiente escolar, embora seja na escola que as primeiras competências e ideias científicas são exploradas. Nesse sentido, os esquemas apresentam plasticidade para que ocorram ou filiações ou rupturas. Ainda que a conceitualização aconteça em longo prazo, deve-se destacar, também, uma perspectiva de curto prazo:

“Longo prazo” refere-se inevitavelmente a uma perspectiva de desenvolvimento. [...]. “Curto prazo” refere-se a situações suscetíveis de serem utilmente propostas aos alunos em um ou outro momento de seu desenvolvimento, em função de competências adquiridas ou parcialmente adquiridas. (Vergnaud, 2011, p. 16).

Vale chamar a atenção para a segunda noção central da TCC, a do homomorfismo. Segundo Vergnaud (1994), essa noção permite que se entenda a relação entre realidade e representação conceitual e a relação entre significado e significante. Ou seja, “é uma correspondência entre dados de chegada e dados de saída numa correspondência dos conjuntos de classes e componentes” (Campos, 2014, p. 47). Portanto, o homomorfismo se coloca em dois planos: o dos aspectos da realidade e o da representação. O Diagrama 1 ilustra a correspondência entre os dois planos.

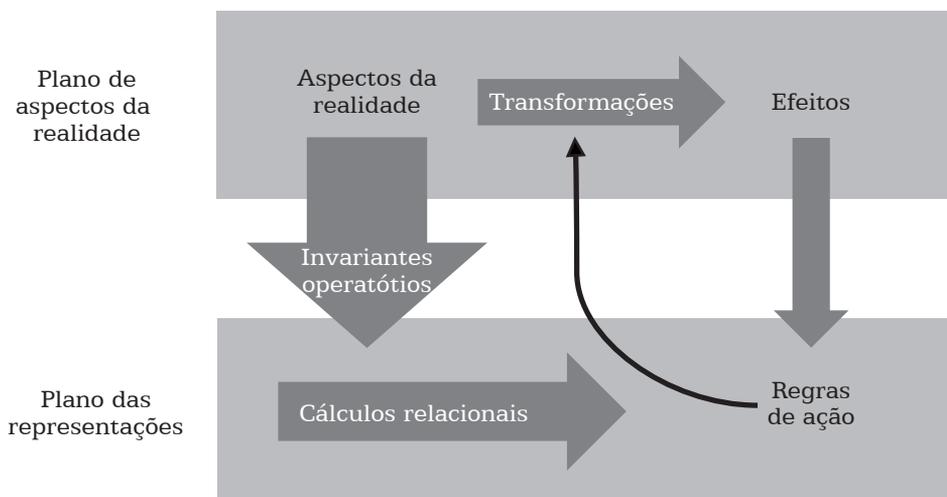


Diagrama 1 – Relação simplificada entre o plano de aspectos da realidade e o plano das representações

Fonte: Adaptado de Weil-Barais (1994, p. 439).

É com base nos aspectos da realidade que o sujeito consegue mobilizar invariantes operatórios e seus significados. Tais aspectos se vinculam ao conjunto de esquemas que o sujeito é capaz de mobilizar diante de determinada situação e, portanto, não significam, necessariamente, a realidade imediata. Um determinado aspecto da realidade poderia corresponder a diversos invariantes operatórios, os quais são de três tipos (Vergnaud, 1994):

- 1) proposicional: suscetíveis de serem verdadeiros ou falsos;
- 2) função proposicional: tijolos indispensáveis à construção dos argumentos;
- 3) argumentos: vinculando os dois anteriores.

Assim, as tarefas escolares introduzem novas propriedades e novas representações, as quais podem, igualmente, se utilizar de propriedades e representações anteriores e assim por diante. É nesse sentido que a noção de homomorfismo se coloca. Os aspectos da realidade podem ser o da realidade cotidiana, o da realidade física, etc. É por meio deles que o sujeito toma consciência da situação ou da tarefa a ser executada. O plano das representações refere-se aos aspectos da linguagem, que podem ser gráficos, equações, gestos, determinada descrição etc. – ou seja, consiste em uma relação entre pensamento e linguagem.

Vale destacar, no entanto, que não se trata de adotar a TCC como referencial teórico. Nossa metodologia e nossa análise não ocorrem em todos os planos da TCC: aspectos da realidade, significado e significante. O que nos interessa é analisar como crianças de 8 a 10 anos de idade representam aspectos da realidade, quando expostas a determinada situação (fenômeno físico), portanto, trata-se de uma relação entre realidade física (plano fenomenológico) e sua representação (plano psicológico).

Metodologia

A intenção deste trabalho é estudar a percepção que crianças de 8 a 10 anos de idade têm de espectros contínuos e de espectros discretos. A justificativa possui dois motivos principais. O primeiro é o fato de que há certa sutileza entre o espectro contínuo e o discreto; nos dois casos, é possível perceber uma distribuição das cores, porém, no espectro discreto existem algumas “falhas”, que seriam facilmente identificadas pelos físicos. Acreditamos que essa sutileza passa despercebida aos olhares espontâneos de crianças. O segundo motivo é o fato de que há uma classe de situações cotidianas nas quais é possível observar fenômenos envolvendo distribuição de cores (arco-íris, CDs etc.). Tais fenômenos, certamente, influenciam as explicações e os olhares das crianças, com relação ao espectro discreto.

A fim de investigar as percepções das crianças, fizemos uma parceria com a Secretaria de Educação do Município de Campina Grande, Paraíba. Nessa parceria, solicitamos a indicação de escolas de ensino fundamental, ciclo I, e a autorização para coletar dados de pesquisa. Em contrapartida, comprometemo-nos a desenvolver oficinas para discutir a produção da luz em lâmpadas incandescentes e em lâmpadas fluorescentes. Foram indicadas sete escolas, localizadas em bairros periféricos. Os alunos foram selecionados pelas escolas, e as oficinas ocorreram no turno das aulas. Cada escola indicou, em média, 30 alunos. Participaram das oficinas 219 crianças.

As atividades foram desenvolvidas em dois momentos e realizadas em dois dias e em dois espaços distintos. No primeiro momento, os alunos fizeram uma investigação envolvendo lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Organizados em grupos de quatro alunos, entregamos uma lâmpada incandescente a cada grupo para ser utilizada na atividade. Depois de todos os grupos terem recebido a lâmpada, a dinâmica estabelecida contou com os seguintes passos:

- 1) identificar a lâmpada;
- 2) indicar as partes conhecidas da lâmpada;
- 3) indicar em que parte da lâmpada a luz era produzida;
- 4) fazer um desenho contendo, do ponto de vista dos alunos, as partes mais importantes da lâmpada.

Ao final desses passos, havia uma discussão sobre a atividade. Na sequência, as lâmpadas incandescentes foram recolhidas e as lâmpadas fluorescentes, distribuídas. Seguiu-se a mesma dinâmica realizada com as lâmpadas incandescentes.

Esse momento ocorreu na escola e seu fechamento se deu numa conversa em círculo, na qual os alunos expuseram seus pontos de vista sobre as semelhanças e as diferenças entre as lâmpadas e o processo de produção de luz em cada uma delas.

O segundo momento consistiu na investigação dos espectros das duas lâmpadas. Para isso, os alunos foram levados ao Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores (Life), no *campus-sede* da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). No Life, retomamos as conversas sobre a atividade desenvolvida na escola. A seguir, perguntamos se havia alguma diferença entre a luz produzida em cada uma das lâmpadas. Nesse instante, os alunos não pareciam certos do que estávamos perguntando e as respostas eram diversas, com algum destaque para aquelas do tipo: “o que produz a luz é a energia” ou “a luz vem da energia elétrica”.

A partir daí, apresentamos aos alunos a caixa de lâmpadas (Figura 1). Basicamente, é uma caixa de madeira, com nove bocais, alguns para lâmpadas incandescentes e fluorescentes, outros para lâmpadas que precisam de reator (sódio, vapor metálico, mercúrio). A ligação de cada bocal é independente, o que torna possível acender cada lâmpada separadamente ou mais de uma ao mesmo tempo.

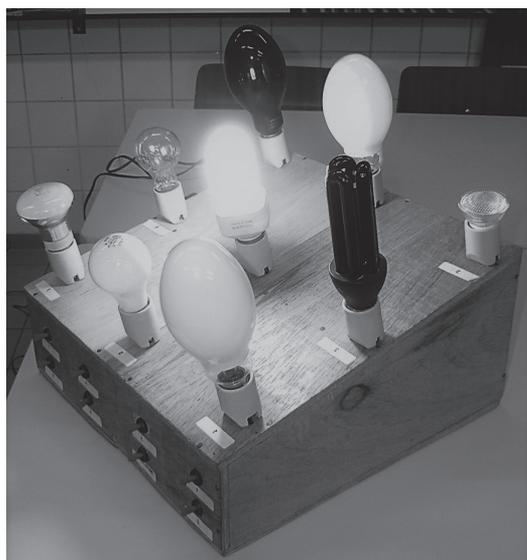


Figura 1 – Caixa de lâmpadas

Fonte: Bronckington, 2005.

Informamos aos alunos que deveriam “observar a luz” de algumas lâmpadas, inclusive das que foram mostradas na escola. Para essa observação, eles receberiam o espectroscópio (Figura 2). Explicamos os procedimentos a serem adotados e os devidos cuidados, como não olhar diretamente para a luz. A tarefa que os alunos deveriam executar era observar “as luzes” (espectros), registrá-las em desenho e indicar possíveis diferenças entre os espectros. A questão que norteou a observação era, portanto, mostrar as semelhanças e as diferenças entre os espectros percebidos em lâmpadas incandescentes e em lâmpadas fluorescentes. Foi estabelecido um tempo para a observação e, logo em seguida, os alunos deveriam registrar o observado.



Figura 2 – Espectroscópio

Fonte: Bronckington, 2005.

Depois de todos os alunos terem feito o desenho para as duas lâmpadas, houve uma discussão com a turma inteira. As respostas e manifestações sempre ocorreram de forma espontânea, com a mínima interferência do nosso grupo, sempre evitando dar pistas do que deveria ser observado. A dinâmica desse segundo momento teve, então, a seguinte ordem:

- 1) retomada da atividade do dia anterior;
- 2) distinção entre as lâmpadas;
- 3) questão inicial sobre a produção da luz em lâmpadas incandescentes e fluorescentes;
- 4) apresentação do equipamento para o estudo da luz (espectroscópio);
- 5) pergunta para a investigação;
- 6) registro do fenômeno mediante desenho;
- 7) discussão em grupo.

É o registro do fenômeno realizado pelas crianças mediante desenho que interessa aqui. Cada representação foi feita imediatamente depois de cada observação. Primeiro, as crianças observaram o espectro da lâmpada incandescente (contínuo), seguido do registro; depois, observaram o espectro da lâmpada fluorescente (discreto), seguido da representação. Assim, cada aluno representou dois espectros, um para cada tipo de lâmpada. É a partir desse ponto que realizaremos a análise dos dados.

Tendo os desenhos em mão, percebemos certos padrões. Alguns, de fato, representavam o fenômeno com bastante fidelidade, distinguindo os dois espectros, de acordo com o tipo de lâmpada. Outros representavam os dois fenômenos indistintamente, ou seja, os desenhos eram praticamente os mesmos, seja para a lâmpada incandescente, seja para a fluorescente. Notamos, ainda, um terceiro grupo

de desenhos, em que as crianças se valerem de formas geométricas conhecidas, distintas das formas presentes nos espectros, e/ou acrescentaram atributos do rosto humano (olhos, nariz, boca etc.).

A análise será realizada considerando o Diagrama 1, no qual se percebem dois planos: o primeiro, referente aos aspectos da realidade, e o segundo, referente às representações. Trata-se de um diagrama que relaciona termo a termo. Tomando o ponto de partida como sendo o espectro (realidade física, termo 1), o ponto de chegada será aquilo que inferiremos dos registros das crianças (linguagem/desenhos/representações gráficas, termo 2 – pessoal, particular, de cada indivíduo). Denotaremos o termo 1 com a grafia “[R]”, independentemente do sujeito analisado, pelo fato de o ponto de partida ser comum a todos os alunos. O termo 2 será denotado com as seguintes grafias, a depender do desenho: “[R_f]”, quando o registro do aluno sugerir que ele observou o fenômeno físico e percebeu as diferenças entre os espectros; “[R_c]”, quando o registro não deixar claro se a criança percebeu a distinção entre os espectros; e “[R_c_i]”, quando o registro tiver aspectos que apelam à cultura infantil. Portanto, as relações de termo a termo (ponto de partida e ponto de chegada) serão denotadas por:

- ([R]-[R_f]): aspectos do real (fenômeno físico) foram apreendidos e registrados pelos sujeitos;
- ([R]-[R_c]): aspectos do real podem (ou não) ter sido apreendidos pelos sujeitos;
- ([R]-[R_c_i]): aspectos do real podem (ou não) ter sido apreendidos, e o registro aponta influência da cultura infantil.

118

Valemo-nos dessa notação, termo a termo, ao tratar da conceituação do princípio de conservação de energia mecânica (Campos, 2014) em nossa pesquisa de doutorado. Duas diferenças merecem atenção: 1) na pesquisa de doutorado, inferimos invariantes operatórios, presentes em outros planos (significados e significantes); 2) aqui analisamos uma única situação para diferentes sujeitos, o que, entre outras razões, não permite afirmar que se trate de apropriação *stricto sensu* da TCC.

Análise dos desenhos

O primeiro aspecto da realidade a ser considerado é o que está presente no espectroscópio [R]. Esse aspecto é importante para o desenvolvimento da ciência. É essa imagem que é “registrada” no espectroscópio, independentemente de aspectos psicológicos. As Figuras 3a e 3b são fotos de espectros de lâmpadas incandescente e fluorescente tiradas com a câmera do celular acoplada ao visor do espectroscópio. É isso que o aluno observa, ou deveria observar, durante a atividade com o espectroscópio e a caixa de luzes.

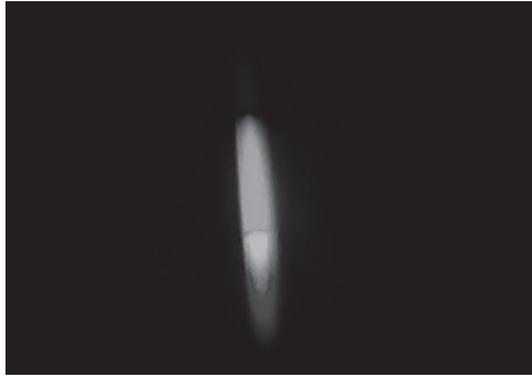


Figura 3a – Foto de espectro contínuo

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

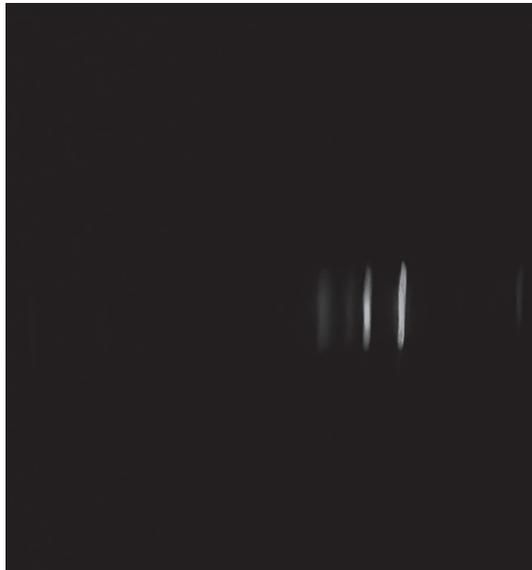


Figura 3b – Foto de espectro discreto

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

A seguir, apresentamos os desenhos das crianças acompanhados de algumas considerações.

Sujeito 1

Nas representações dos espectros da lâmpada incandescente e da lâmpada fluorescente do primeiro sujeito analisado, percebe-se que, nos dois casos, há proximidade com as fotos: a Figura 4a expõe o espectro contínuo, com a distribuição de cores sem separação; a Figura 4b reproduz o espectro discreto, com a indicação de separação das cores. Denotaremos a representação desses aspectos da realidade por [R_f]. Portanto, a relação de termo a termo para o sujeito 1 é do tipo ([R]-[R_f]), pelo fato de o aluno ter diferenciado, espontaneamente, os dois espectros.

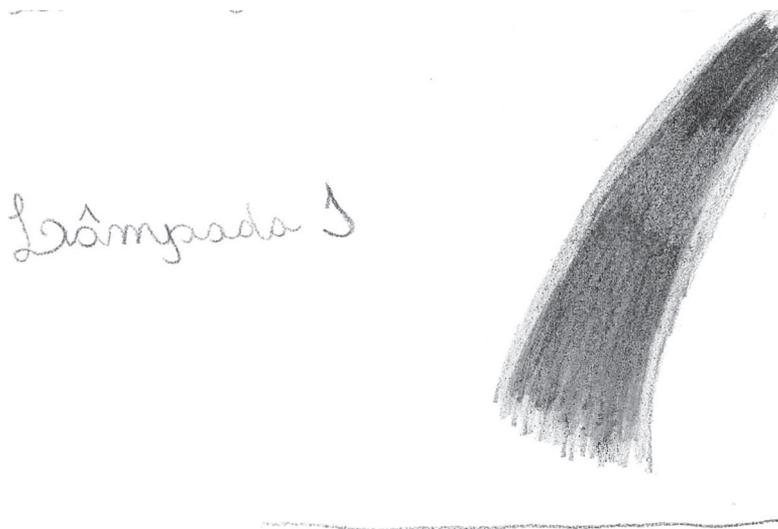


Figura 4a – Representação do espectro da lâmpada incandescente pelo sujeito 1

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

120

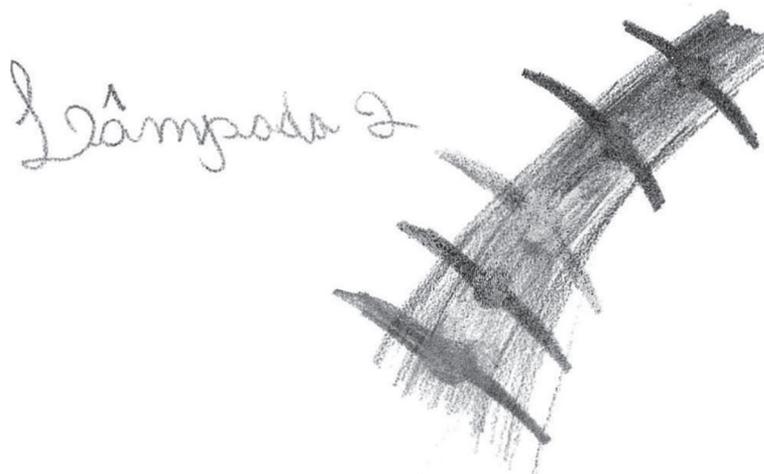


Figura 4b – Representação do espectro da lâmpada fluorescente pelo sujeito 1

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

Sujeito 2

As Figuras 5a e 5b são representações dos espectros observados por outra criança. Nesse caso, os desenhos não indicam intermitência para o espectro discreto. Em vez disso, a criança faz a distinção ao escrever que num deles as cores estão juntas e no outro estão separadas. Assim, a relação de termo a termo é do tipo (R)-[R_f]), pelo fato de o aluno perceber e registrar a diferença entre os espectros.



Figura 5a – Representação do espectro da lâmpada incandescente pelo sujeito 2

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa



Figura 5b – Representação do espectro da lâmpada fluorescente pelo sujeito 2

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

Sujeito 3

As Figuras 6a e 6b referem-se aos registros dos espectros contínuo e discreto pelo terceiro sujeito. Observa-se que, nos dois, o aluno não sugere haver diferença entre os espectros. Em ambos há distribuição de cores (contínuo), sem que haja nenhum tipo de indicação de que o segundo é discreto. Nesse caso, imaginamos possíveis explicações: 1) o aluno pode ter observado espectros distintos, porém ter se descuidado no momento do registro; 2) o aluno pode ter se entusiasmado com a atividade, e fatores de outras ordens, na dinâmica da tarefa, teriam “desviado” sua atenção (ou sido mais interessantes), como o funcionamento do espectroscópio ou os efeitos das luzes na parede da sala; e 3) o aluno pode ter recorrido aos fenômenos cotidianos, como o arco-íris ou a distribuição de cores nos CDs (o que teria influenciado o registro dos dois espectros). Desenhos de outros alunos, de outras escolas, nos quais a distribuição de cores foi representada na “forma geométrica” de arco-íris, sugerem influência cotidiana. Por isso, a relação de termo a termo, aqui, será do tipo ([R]-[R_c]). O registro da grande maioria das crianças é desse tipo.



Figura 6a – Representação do espectro da lâmpada incandescente pelo sujeito 3

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa



Figura 6b – Representação do espectro da lâmpada fluorescente pelo sujeito 3

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

122

Outras representações

Merecem destaque, ainda, duas representações particulares que nos chamaram a atenção. Na primeira (Figura 7), a criança prefere representar o espectro de luz no filamento de uma lâmpada. No desenho, a distribuição de cores está presente no “ferrinho” da lâmpada que “produz” a luz. A interpretação que fazemos, com base nessa representação, é de que, para a criança, a lâmpada emite cada uma das cores separadamente. É como se não ocorresse o fenômeno da difração no espectroscópio, já que o conjunto luminoso é emitido monocromaticamente. Tal fato é muito interessante, uma vez que os alunos desconhecem esse fenômeno, o que pode sugerir outras possibilidades de investigação (como a luz é “separada” ou os diferentes fenômenos de “separação” da luz). Nesse caso, o registro do aluno pode ter sido influenciado ou pelas perguntas que fizemos no decorrer das atividades sobre a produção da luz ou por algum fator externo. Assim, a relação de termo a termo será do tipo (IR]-[R_c]).

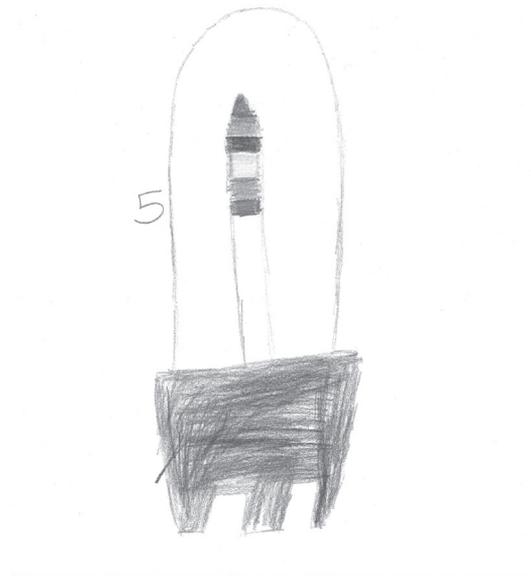


Figura 7 – Representação do espectro da lâmpada fluorescente pelo sujeito 4

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

Já no segundo desenho (Figura 8), o aluno representa a distribuição de cores na forma geométrica de um arco-íris, quase um semicírculo. A partir daí, a criança desenha atributos do rosto humano. Nessa representação, o arco-íris ocupa a posição em que estariam os cabelos. Inferimos que a criança desenha esses atributos por influências do cotidiano, por exemplo, dos desenhos animados, nos quais é comum haver corpos celestes (sol, por exemplo) com características do rosto humano. Entendemos que a presença desses aspectos na representação do espectro se dá pela confluência de informações existentes na cultura infantil. Por isso, nesse caso, a relação de termo a termo é do tipo ([R]-[R_c_i]).

123

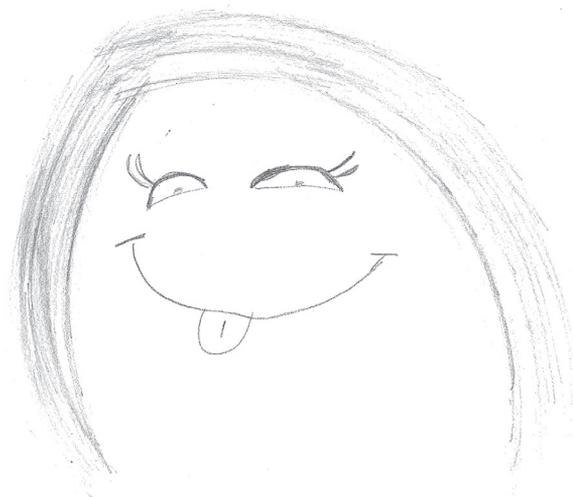


Figura 8 – Representação do espectro da lâmpada incandescente pelo sujeito 5

Fonte: Imagem obtida durante a pesquisa

Considerações finais

O primeiro contato com a escola é um momento marcante para qualquer criança. Serão novas regras, nova dinâmica, enfim, nova cultura, a escolar. Faz parte da cultura escolar apresentar aos alunos novos conhecimentos, entre eles, os científicos. Pouco a pouco, então, aspectos dessa nova cultura são incorporados pelos alunos. Se, de um lado, a escola possui sua própria cultura, de outro, o aluno traz consigo sua cultura, que não se excluem no espaço escolar, agindo, mutuamente, uma sobre a outra. Especificamente, do ponto de vista do processo de ensino e aprendizagem, uma influencia a outra. Nesse contexto procuramos investigar:

- 1) se e como aspectos da cultura infantil estariam presentes nas representações feitas por crianças sobre um fenômeno da FMC;
- 2) se alunos da EFCI perceberiam os diferentes espectros de lâmpadas incandescentes e de lâmpadas fluorescentes; e
- 3) a fidedignidade da representação dos espectros nos desenhos das crianças.

Para isso, propusemos uma atividade com 219 sujeitos de diferentes escolas, realizada em dois dias, sendo que, em um deles, os alunos utilizaram um espectroscópio. O que se notou, ao final das aplicações, foi a existência de padrões nos registros das crianças. Alguns deles indicam que parte das crianças observou o fenômeno físico de modo muito próximo daquele que se observa nos laboratórios. Outros padrões sugerem que os alunos percebem o “espalhamento” das luzes sem diferenciar o espectro contínuo do discreto; nesses padrões, todos os espectros seriam contínuos. Um conjunto de padrões particulares não se encaixa nos dois anteriores e não se repete. A Tabela 1 apresenta a quantidade de desenhos por padrões.

Tabela 1 – Padrão de espectro registrado pelas crianças

Espectro identificado	Lâmpada incandescente	Lâmpada a gás
Contínuo	217 sujeitos	213 sujeitos
Discreto	0 (nenhum)	4 sujeitos
Outro	2 sujeitos	2 sujeitos

Fonte: Elaboração própria.

Para a maioria, parece tratar-se apenas de fenômeno físico de espalhamento da luz. Embora em tais desenhos não haja distinção entre os espectros, não se pode afirmar que as diferenças não foram observadas. O objeto investigado é a representação do que foi observado e não o observado em si. Por um lado o sujeito pode ter observado o espectro discreto; porém, ao desenhá-lo, preferiu desprezar as linhas pretas, por algum motivo. Por outro lado, os alunos podem não ter percebido as diferenças entre os espectros e até mesmo não ter observado o espectro discreto.

Essa não observação talvez tenha se dado por alguns fatores: eventual interferência luminosa do ambiente externo; limitações óticas do espectroscópio (o espectroscópio utilizado tem baixa resolução, pois foi construído para fins didáticos, com materiais de baixo custo); ângulo do espectroscópio acoplado ao olho; ângulo do espectroscópio apontado para a caixa de luz. Cada uma dessas limitações deve ser investigada com o uso de um espectroscópio de alta resolução.

O segundo conjunto de padrões, que diz respeito aos registros da diferença entre os espectros, é composto por quatro crianças. Mais uma vez, não podemos afirmar, categoricamente, que apenas essas observaram, espontaneamente, os diferentes espectros. Outros alunos podem tê-los observado e, no momento da representação, ter desconsiderado as diferenças entre eles. O que é possível afirmar, com certeza, é que, no mínimo, quatro alunos perceberam e registraram espontaneamente os dois espectros.

O terceiro conjunto de registros não se repetem e, por essa razão, não podemos considerá-los como padrão, pois aparecem apenas uma vez. São desenhos que não se enquadram nos dois padrões anteriores. Esses "padrões" merecem destaque e outras investigações. Na verdade, não sabemos o que pensava a criança no momento de desenhar boca, olhos etc. Por certo, seja em virtude de influência externa, talvez dos desenhos animados. Contudo, os aspectos teóricos que alicerçam a investigação são da psicologia cognitiva. A perspectiva aqui é averiguar novos sujeitos durante a execução de situações como essa. Em outros termos, é se valer mais rigorosamente da TCC e investigar o sujeito-em-ação. Outra possibilidade é investigar aspectos sociológicos da cultura infantil e suas influências mútuas em situações que envolvam o conhecimento científico.

Ainda há o interessante registro feito por um aluno, indicando que as cores são emitidas individualmente na lâmpada. De alguma forma, o aluno deve ter pensado sobre a fonte de luz. Esse modo de representação indica uma série de situações que poderiam ser trabalhadas com esse tipo de sujeito. Ainda que o fenômeno observado tivesse sido os espectros – nosso objeto –, a física envolvida num experimento dessa natureza não se limita a eles. Se pensarmos em todos os processos e passos, perceberemos toda a riqueza de detalhes exploráveis nessa atividade. Por exemplo, poderíamos direcionar a ação didática para as diferentes lâmpadas (fonte luminosa), para a necessidade de a parede interna do espectroscópio ser preta, para o fato de as luzes do Life terem de ser apagadas, para as limitações e a fisiologia do olho humano, para os diferentes fenômenos de "separação" da luz branca (dispersão, refração) etc. Para cada uma dessas ações, poderíamos nos valer da mesma atividade, com as devidas adaptações. Destaque-se que a representação foi realizada por apenas um aluno.

Chame-se a atenção para o aspecto didático, além do psicológico. O objetivo inicial era investigar se alunos, na faixa etária de 8 a 10 anos, relacionavam o tipo do espectro ao tipo de lâmpada. Acreditávamos que os alunos veriam e representariam facilmente os espectros, não havendo nenhuma dificuldade na percepção. Nas primeiras oficinas, pensávamos que algum problema técnico ou com o espectroscópio impedia os alunos de verem aquilo que, para nós, era evidente: a simples observação

e representação do espectro. O que se revelou é que nossa obviedade não é a obviedade das crianças, ainda que o material e o experimento tenham sido pensados e adaptados para elas. Outras tentativas foram realizadas, sempre com os mesmos resultados.

Concordamos com Lemke (*apud* Sasseron; Carvalho, 2011), quando sugere a investigação de fenômenos físicos com crianças, e com Astolfi e Develay (2008), quando afirmam que cabe ao didata pensar e adaptar os conteúdos a serem trabalhados, respeitando o nível de ensino e a idade dos alunos. Porém, existem sutilezas que devem ser consideradas.

Optamos por deixar os alunos observarem e representarem espontaneamente. Poderíamos ter apresentado fotos do que eles deveriam procurar (por exemplo, uma foto do espectro contínuo e outra do espectro discreto). Essa escolha, no entanto, direcionaria o olhar das crianças, que deixaria de ser espontâneo. Claro que fotos podem ser utilizadas para fins didáticos e, provavelmente, ajudariam na percepção das diferenças entre os espectros.

Por último, vale destacar que a introdução da FMC no EFCI é mais do que possível. Para isso, precisamos de mais indicativos sobre como os alunos da referida faixa etária estabelecem relações de causa e efeito e qual é a percepção que eles possuem daquilo que está sendo apresentado. Tais investigações indicariam se aspectos de curto termo seriam possíveis e se poderiam ajudar a pensar o desenvolvimento (longo termo). Por certo, a introdução da FMC nos primeiros anos do ensino fundamental facilitaria a retomada do tema, em níveis mais avançados (Astolfi; Develay, 2008), nas séries/anos mais adiantados, permitindo, quem sabe, que se apresente aos adolescentes uma visão mais honesta da ciência (Lemke *apud* Sasseron; Carvalho, 2011).

Referências bibliográficas

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. *A didática das ciências*. 12. ed. Campinas: Papyrus, 2008.

BRONCKINGTON, J. G. O. *A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio*. 2005. 268 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CAMPOS, A. *A conceitualização do princípio de conservação de energia mecânica: os processos de aprendizagem e a teoria dos campos conceituais*. 2014. 522 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências – modalidades Física, Química e Biologia) – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de física. In: CARVALHO, A. M. P. (Coord.). *Ensino de física*. São Paulo: Cengage Learning: 2011. (Coleção Ideias em Ação).

CARVALHO JÚNIOR, G.; PARRAT-DAYAN, S. Recortes históricos sobre a noção *schème* em Piaget: o processo de desenvolvimento de um conceito. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 96, n. 244, p. 522-540, set./dez. 2015.

DIAS, D.; CORREIA, M. As potencialidades da implementação de atividades práticas de caráter investigativo e interdisciplinar em ciências no 1º ciclo. *Saber e Educar*, Porto, Portugal, n. 20, 2015.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 42-60, abr. 2017.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, mar. 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172>>.

SIQUEIRA, M. *Do visível ao invisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio*. 2006. 166 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SOUZA, C. R. A ciência no espaço educacional da criança: do fazer ciência à ciência do fazer. *Revista Eletrônica de Educação*, São Carlos, v. 10, n. 1, p. 42-51, maio 2016.

VERGNAUD, G. Homomorphismes, réél-représentation et signifié-signifiant (Exemples en mathématiques). *Didaskalia*, Paris, n. 5, p. 25-34, 1994. Transcrição de Philippe Prévost.

VERGNAUD, G. O longo e o curto prazo na aprendizagem da matemática. *Educar em Revista*, Curitiba, n. especial, p. 15-27, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/er/nse1/02.pdf>>.

WEIL-BARAIS, A. *L'homme cognitif*. Paris: Presses Universitaires de France, 1994.

Alexandre Campos, doutor em Ciências pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP), é professor adjunto na Unidade Acadêmica de Física da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).
alexandre.campos@df.ufcg.edu.br

Recebido em 17 de janeiro de 2018

Aprovado em 25 de abril de 2018

