

Experiência de Pensamento Científico: estudantes em atividades estimuladas pelos Tutoriais de Física Introdutória¹

Experience of Scientific Thinking: Student's activities stimulated by Tutorials of Introductory Physics

Alexandre F. Faria² e Arnaldo M. Vaz³

COLTEC/UFMG^{2,3} e Programa de Pós-Graduação FAE/UFMG^{2,3}
affaria@ufmg.br²

Resumo

Na literatura de pesquisa, as técnicas e estratégias de raciocínio figuram como demandas de aprendizagem atuais. O Ensino de Ciências é um contexto fértil para promoção desse tipo de aprendizagem. O objetivo deste trabalho foi investigar experiências de estudantes que envolveram mobilização de estratégias de domínio geral na resolução de tarefas de física em grupo. Adotamos a *Teoria da Experiência* de John Dewey como referencial analítico. Participaram do estudo 2 grupos de 4 de estudantes de uma turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública federal de Belo Horizonte. Acompanhamos esses grupos ao longo do 1º trimestre letivo. Fizemos gravações em áudio e vídeo dos estudantes enquanto trabalhavam nas tarefas. Tomamos notas em tempo real num caderno de campo. Nossos resultados sinalizam que os estudantes dos 2 grupos passaram por *experiências educativas*. Contudo, essas experiências foram qualitativamente diferentes.

Palavras chave: pensamento científico; experiência educativa; ensino de física; tutoriais de física introdutória.

Abstract .

In research literature, techniques and reasoning strategies are treated as nowadays learning demand. The Science Education is a fertile context to promote this kind of learning. Our purpose was to investigate the experiences which students mobilized general domain strategies in solving of physics tasks in group. We adopted Dewey's *Theory of Experience* as analytical framework. The study involved 2 groups of 4 students in a classe 11th grade of a federal school in Belo Horizonte. We followed these groups throughout the 1st trimester. We made audio and video recordings of the students while working on tasks. We also made fieldnotes in a appropriate notebook. Our results indicate that students of the two groups had educative experiences. However, this experiences were qualitatively different.

Key words: scientific thinking; educative experience; physics teaching; Tutorials of introductory physics.

¹Agradecemos à FAPEMIG e ao COLTEC/UFMG pelo apoio financeiro.

Introdução

A criação de oportunidades de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes em atividades didáticas de Ciências vai ao encontro das demandas de aprendizagem atuais preconizadas por pesquisadores e entidades diversas. Entre essas demandas de aprendizagem estão as estratégias de identificação e resolução de problemas, as estratégias de aprendizagem, o trabalho colaborativo, a capacidade de buscar, selecionar e interpretar informações entre outras (AAAS, 1990; BRASIL, 2000; FENSHAM, 2012).

A Psicologia e o Ensino de Ciências têm investigado o pensamento científico de crianças, adolescentes e adultos há algumas décadas. Na literatura, há uma quantidade considerável de trabalhos que tratam do tema. No entanto, não há uma definição única para esse termo, pois, como destaca Morris et al (2012), se trata de um construto multifacetado. O pensamento científico é tratado por um número considerável de autores como constituído por duas dimensões: por conhecimentos de domínio específico (conceitos, modelos e teorias) e por estratégias de domínio geral (elaboração e teste de hipóteses, coordenação entre teoria e evidência, elaboração de inferências etc) (BORGES, 2006; JIROUT; ZIMMERMAN, 2015; JULIO; VAZ, 2007; ZIMMERMAN, 2000). Estas estratégias são denominadas por gerais em função do reconhecimento de que também podem ser utilizadas por pessoas em situações cotidianas, fora do contexto científico. Consideramos que no Ensino de Ciências os conhecimentos de domínio específico e as estratégias de domínio geral estão inter-relacionados. Contudo, em nossa investigação do *pensamento científico* de estudantes, focalizamos as estratégias de domínio geral.

Apresentamos aqui o recorte de um estudo em andamento. Trata-se de uma pesquisa sobre o *pensamento científico* de estudantes em pequenos grupos em aulas de física do Ensino Médio. As experiências dos estudantes são nosso objeto de investigação. O objetivo do trabalho foi caracterizar as experiências em que houve mobilização de estratégias de domínio geral em atividades de Dinâmica inspiradas pelos *Tutoriais de Física introdutória* (MCDERMOTT; SHAFFER, 2002).

Em função da pequena extensão deste trabalho, optamos por não caracterizar os tutoriais. Em certa medida, fizemos isso em outro trabalho (VAZ; JULIO; FARIA, 2012). Outras caracterizações também estão disponíveis na literatura (BENEGAS, 2007; PEG/UW, 2013).

Teoria da Experiência

As experiências em que estudantes mobilizam estratégias de *pensamento científico* são nosso objeto de investigação. Esse objeto foi inspirado na *Teoria de Experiência* de John Dewey. Seu conceito de experiência nos parece apropriado para investigar o desenvolvimento do *pensamento científico* dado seu caráter processual e relacional. Mas esse é um conceito complexo. Por isso muitas vezes ele é mal interpretado por quem cita Dewey. Isso decorre de leituras fragmentadas, que tendem a isolar a ideia do conjunto da obra (SCHWAB, 1959). Para Wong e Pugh (2001), o emprego de palavras de uso comum para expressar ideias com

significados complexos é uma característica de Dewey que também favorece a má compreensão de suas ideias com conseqüente depreciação.

Para Dewey (1938), experiência e educação não possuem o mesmo significado pois nem toda experiência tem valor educativo: há *experiências educativas*, mas também há experiência não educativas. Para distinguir esses dois tipos de experiência, Dewey propôs os princípios da continuidade e da interação.

O princípio da continuidade diz que “[...] *toda experiência tanto toma algo das experiências passadas quanto modifica de algum modo a qualidade das experiências que virão* (DEWEY, 1938, p. 35)”. As experiências educativas conduzem a um tipo de crescimento que possibilita ao indivíduo agir de modo inteligente em novas situações alargando o campo das experiências. Em outras palavras, as *experiências educativas* envolvem a reelaboração das experiências passadas e conferem potencial de reelaboração às experiências futuras.

O segundo critério para avaliar o caráter educativo de uma experiência é o princípio da interação. Esse princípio estabelece que as *experiências educativas* dependem igualmente das condições internas e das condições objetivas. As condições internas são relativas ao indivíduo. Elas compreendem interesses, hábitos, necessidades e valores de cada pessoa. As condições objetivas, externas ao indivíduo, envolvem equipamentos, infraestrutura, recursos mediacionais e até mesmo outras pessoas com suas condições internas próprias. Assim, pode-se dizer que as *experiências educativas* são marcadas por interações entre pessoas e por interações entre pessoas e objetos. Uma educação que privilegie o estabelecimento de *experiências educativas* deve evitar os extremos, ou seja, deve evitar privilegiar as condições internas em detrimento das condições objetivas e vice-versa. Nas experiências educativas “pesos iguais” são conferidos a ambas condições, tomando-as em interação (DEWEY, 1938). A interação entre condições internas e condições objetivas forma o que Dewey chama de situação e o que outros autores como Michael Cole (1996) chamam de contexto.

Delineamento Metodológico

Contexto da Pesquisa

No 1º trimestre letivo de 2014, acompanhamos 2 grupos de estudantes da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública federal localizada em Belo Horizonte durante o desenvolvimento de um conjunto de atividades inspiradas nos *Tutoriais de Física Introdutória*. Essas atividades abordaram as três leis de Newton, com ênfase na elaboração de diagramas de corpo livre (DCL). O grupo A era composto por 3 garotas e 1 rapaz e o grupo B por 3 rapazes e 1 garota. Os participantes tinham entre 15 e 18 anos. Utilizamos nomes fictícios para manter o anonimato dos participantes. Esse foi um dos cuidados éticos adotados. A pesquisa que relatamos foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG.

Estratégias de Coleta e Análise dos Dados

Observamos e filmamos os grupos. Posicionamos 2 câmeras na sala que enquadraram os 2

grupos ao mesmo tempo, mas de diferentes ângulos: uma no fundo voltada para a frente e outra na frente voltada para o fundo. As câmeras captaram o áudio geral da turma. Colocamos gravadores de áudio em cada um dos grupos participantes a fim de captar as interações verbais em detalhe. Um de nós permaneceu em sala e tomou notas de acontecimentos importantes que se relacionaram ao objetivo da pesquisa. As notas foram feitas em caderno de campo em ordem cronológica, sendo identificadas pelos horários e por breves descrições dos acontecimentos.

Na 1ª etapa da análise, identificamos e categorizamos as estratégias de domínio geral mobilizadas pelos estudantes para que, posteriormente, pudéssemos analisar as experiências envolvendo essas estratégias. Assistimos às gravações em vídeo sincronizadas com as gravações em áudio de cada grupo sem qualquer tipo de pausa ou interrupção. Tomamos notas das principais ações dos estudantes, das principais ações do professor e das ocorrências em que houve mobilização de estratégias de domínio geral pelos estudantes. Cada nota era precedida pelo tempo de gravação. Quando terminamos de assistir a todas as gravações, relemos as anotações a fim de categorizar as estratégias de domínio geral que identificamos.

Na 2ª etapa da análise, refinamos o que foi feito na 1ª etapa. Tornamos a assistir às gravações com pausas, avanços e retrocessos. Recorremos ao caderno de campo para conferir interpretações e para certificar de que não deixamos escapar acontecimentos relevantes.

Na última etapa, analisamos as experiências dos estudantes em que houve mobilização de estratégias de domínio geral. Delimitamos as experiências para análise a partir das anotações no caderno de campo e dos resultados da categorização feita nas etapas precedentes.

Sistema de Categorias

A identificação e classificação das estratégias de domínio geral mobilizadas pelos estudantes foi baseada num sistema de categorias que construímos paralelamente à análise dos dados (quadro 1). Para elaborar esse sistema categórico nos inspiramos nos processos de raciocínio lógico abstrato propostos por Arons (1996) e nas definições de *pensamento científico* apresentadas em levantamento bibliográfico anterior (FARIA; VAZ, 2014).

Cat	Descrição	Indicadores
E1	Avaliação da própria linha de raciocínio	Estudante testa as teorias que utiliza para estruturar seu pensamento; Avalia as conclusões a que chega como forma de verificar a correção ou a consistência interna e a coerência do seu raciocínio.
E2	Coordenação entre teoria e evidência	Estudante revisa teorias (propostas por si mesmo ou por outros) a partir de evidências disponíveis; Interpreta evidências a partir de uma teoria.
E3	Raciocínio baseado em evidência	Estudante reflete sobre uma dessas questões: “O que sabemos? Como sabemos? Por que aceitamos ou acreditamos? Qual é a evidência para....?”
E4	Uso de definições operacionais	Estudante mobiliza as ideias que constituem conceitos e definições; Reconhece que palavras são símbolos para ideias e não as próprias ideias.
E5	Uso de raciocínio por analogia	Estudante pensa numa situação tendo como referência outra situação que, supostamente, compartilham uma ou mais características entre si.

Quadro 1: Sistema de categorias para investigação do *pensamento científico*.

Resultados e Discussão

Os estudantes dos grupos A e B passaram por *experiências educativas* ao mobilizarem estratégias de domínio geral nas tarefas que lhes foram propostas. Porém, as características gerais das experiências estabelecidas em cada grupo foram distintas.

As experiências dos grupos A e B foram educativas pois atenderam aos princípios da continuidade e da interação. Quando solucionaram as tarefas propostas, os estudantes reelaboraram experiências passadas com as leis de Newton (seja do Ensino Fundamental, seja da 1ª série do Ensino Médio). Esse processo de reelaboração conferiu potencial germinativo às experiências presentes, aumentando as possibilidades de reelaborações futuras. Estabeleceu-se um fluxo experiencial. Os estudantes dos 2 grupos se esforçaram para cumprir da melhor maneira possível o que foi solicitado por cada tarefa e pelo professor tendo em vista a conclusão das atividades. Por isso, inferimos que houve uma convergência entre as condições gerais para o desenvolvimento das tarefas (o tipo de desafio proposto nas tarefas, os materiais disponíveis, as intervenções do professor etc) e as condições internas dos estudantes (interesses, atitudes, valores etc). Contudo, essa interação entre condições internas e condições objetivas foi qualitativamente diferente nos dois grupos, implicando em diferenças qualitativas nas experiências do grupo A e do grupo B. Temos boas evidências para atribuir essa diferença ao tipo de compromisso dos estudantes com as tarefas de física.

Os estudantes do grupo A se mostraram compromissados tanto em trabalhar para a conclusão das tarefas propostas, quanto com o próprio desenvolvimento conceitual. Eles atribuíram valor à utilização cuidadosa de termos técnicos, de definições operacionais e de conceitos. Isso qualificou as experiências em que houve mobilização de estratégias de domínio geral. Por exemplo, somente esse grupo conseguiu coordenar teoria e evidência na resolução das tarefas:

[A01] Isaac: *Ai você faz uma forcinha para o outro lado.*

[A02] Ada: *Não, é pro mesmo lado.*

[A03] Maria: *Pro mesmo lado.*

[A04] Isaac: *O atrito.*

[A05] Ada: *Ah é. [Consulta o tutorial]*

[A06] Maria: *Mas é a gravidade.*

[A07] Rosalinda: *Mas o bloco está se mexendo?*

[A08] Isaac: *O atrito é pra lá [sinaliza para Maria].*

[A09] Ada: *Ó Isaac, o bloco não está se mexendo.*

[A10] Maria: *O bloco não está se mexendo. Então não há atrito.*

[A11] Isaac: *Ah, o bloco não se mexe.*

[A12] Ada: *Mas o Jô e o Lu estão empurrando para o mesmo lado.*

[A13] Isaac: *O atrito é do mesmo tamanho que essa força pra cá ó. [aponta para o diagrama de corpo livre]*

[A14] Ada: *E essa força é a força do Jô e do Lu combinadas.*

Esse trecho faz parte de um episódio em que os estudantes elaboraram um diagrama de corpo livre (DCL) de um bloco puxado para a direita por uma pessoa (Lu) com o auxílio de uma corda e empurrado também para a direita por outra pessoa (Jô). O bloco permanecia em repouso. Entre os turnos de fala 01 e 11 coexistia no grupo a hipótese de que não havia força de atrito sobre o bloco e a hipótese de que devia haver uma força contrária e de mesmo módulo que a soma das forças de Jô e Lu. Entre os turnos 12 e 14 se efetiva a coordenação entre teoria e evidência com a definição de que a resultante das forças sobre o bloco deveria ser nula, já que o mesmo se encontra parado (condição de equilíbrio imposta pela 1ª lei).

Os estudantes do grupo B também se comprometeram com a resolução das tarefas, mas parecem não ter percebido a oportunidade de desenvolvimento conceitual criada pela atividade. Isso não significa que os estudantes do grupo não valorizam o próprio desenvolvimento con-

ceitual, mas que priorizaram outros aspectos das tarefas. O grupo se mostrou obstinado em concluir todas as tarefas de forma a atender as demandas das atividades estabelecidas pelo professor, ainda que isso implicasse no sacrifício de discussões potencialmente ricas sobre os fenômenos estudados. Vejamos o trecho transcrito a seguir, representativo em relação aos demais episódios envolvendo o grupo, na qual os estudantes estão diante do mesmo desafio enfrentado pelo grupo A no trecho que descrevemos anteriormente. Nele fica evidente o engajamento dos estudantes na tarefa, há evidências de reelaboração de experiências passadas e há todos os ingredientes necessários para que o grupo também coordene teoria e evidência. Contudo, em B11, Max encerrou a discussão quando César ainda pensava sobre a dificuldade enfrentada. Max estava comprometido em concluir as tarefas no tempo da aula ainda que isso custasse a interrupção de uma discussão em curso.

[B01] Max: O atrito não entra não...

[B02] César: Entra!

[B03] Lise: Mas o bloco não se mexe, então não vai ter.

[B04] César: Fala que não se mexe?

[B05] Lise: "Entretanto o bloco não se mexe". [Lê instruções do tutorial]

[B06] César: É verdade, cara. O bloco não se mexe. Eles tentam mover o bloco.

Breve silêncio. Alunos se entreolham e olham para os próprios cadernos.

[B07] César: Se a gente fosse colocar a força de atrito, ela teria que ter a mesma força resultante do que soma do Jô e do Lu puxando.

[B08] Max: O atrito [Lise diz algo ao mesmo tempo que Max, mas dirigido a César]... O atrito é a força que o bloco exerce sobre a terra.

[B09] Ricardo: Então, nesse caso, a força de atrito é maior que o vetor resultante... Você sabe, né?

[B10] César: É. Ele é maior. Não igual. Por que...

[B11] Max: A gente só tem que desenhar os vetores. Não vamos nos preocupar com magnitude não...

As sequências de turnos que transcrevemos evidenciam a diferença qualitativa na experiência dos estudantes dos grupos A e B. Elas também evidenciam reelaborações de experiências dos estudantes com as Leis de Newton.

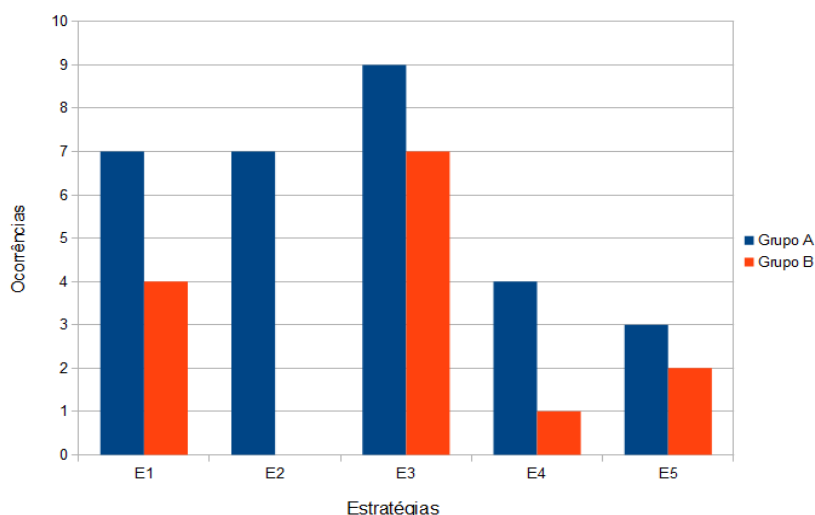


Gráfico 1: Pensamento científico mobilizado nas atividades baseadas no tutorial de forças – Categorização das ocorrências de estratégias de domínio geral.

O gráfico 1 traz um panorama das estratégias de domínio geral mobilizadas pelos estudantes. Esse gráfico sinaliza que a estratégia E3 (raciocínio baseado em evidência) foi a mais mobilizada tanto pelo grupo A quanto pelo grupo B e aquela em houve menor diferença relativa no número de ocorrência entre os grupos. Isso decorre das condições objetivas das tarefas que estimulavam o uso desse tipo de estratégia e da convergência dessas condições objetivas com o compromisso dos estudantes em fazer as tarefas tal qual solicitado. Veja exemplos desses estí-

mulos:

Tutorial de forças: *Que evidência você tem para a existência de cada uma das forças do seu diagrama?*

Problema: *Para cada força representada ou diga como você sabe que ela existe ou porque você acredita que ela existe.*

Professor para grupo B: *“Toda decisão que vocês tomarem, você devem tomar pensando no seguinte: qual é a base para essa decisão? O que a gente olhou que é relevante? Quais foram as razões que a gente tinha para tomar o que era relevante [...]”.*

Por outro lado, o grupo A superou o grupo B nas ocorrências das estratégias E1 (avaliação da própria linha de raciocínio), E2 (coordenação teoria e evidência) e E4 (uso de definições operacionais). Tomamos esse fato como uma evidência a mais a favor da ideia que de a qualidade das experiências dos grupos A e B foi diferente. Essas estratégias demandam compromisso por parte dos estudantes com o próprio desenvolvimento, com o aumento ou melhora do próprio entendimento conceitual. Verificamos isso no grupo A. No grupo B, a supervalorização do compromisso com a conclusão das tarefas no tempo da aula desviou os estudantes desse tipo de oportunidade de desenvolvimento intelectual.

Discussão Final

As experiências de mobilização do *pensamento científico* foram claramente educativas nas atividades inspiradas pelos tutoriais. Embora educativas, a qualidade dessas experiências foi diferente nos dois grupos. As atividades em grupos criam situações diversificadas. Cada grupo é um contexto. Isso porque nem as condições internas nem as condições objetivas são uniformes entre os diferentes grupos de uma turma. Nesse sentido, numa sala de aula há múltiplas situações que se entrelaçam formando uma espécie de trama em diferentes níveis (do aluno, do grupo e da turma como um todo).

Estudos que se pautam em pré-teste/pós-teste mostram que nas atividades baseadas nos tutoriais os estudantes alcançam maiores níveis de desenvolvimento conceitual que estudantes que participam de atividades ditas tradicionais (e.g. BENEGAS, 2007). Embora não tenhamos investigado o *pensamento científico* sob a ótica dos conhecimentos de domínio específico, nossos resultados são pautados no processo de desenvolvimento e não nos produtos dessas atividades. Esses nossos resultados podem favorecer a problematização e a reelaboração do conhecimento disponível sobre as atividades baseadas nos tutoriais.

A principal implicação de nossa pesquisa consiste na criação de oportunidades para a reflexão. Não pretendemos convencer colegas professores e pesquisadores a embarcarem seja numa prática específica de ensino, seja numa prática de pesquisa. Esperamos que esses colegas encontrem no nosso trabalho uma oportunidade de olhar para uma atividade de ensino a partir de uma lógica diferente da usual, com ferramentas teóricas também diferentes das usuais. Julgamos que dessa forma estaremos criando condições para a reelaboração tanto de ações no campo do ensino quanto de ações no campo da pesquisa. Essa é um compromisso que já firmamos em outra oportunidade (Cf. VAZ; JULIO; FARIA, 2012).

Futuramente, apresentaremos análise densa das experiências desses grupos de estudantes em atividades inspiradas pelos tutoriais de dinâmica. Buscaremos evidências de desenvolvimento do *pensamento científico* promovido por essas atividades nas situações em que há reelaboração dessas experiências em outros momentos do curso de física.

Referências

- AAAS. **Science for all Americans: Project 2061**. New York: Oxford University Press, 1990.
- ARONS, A. B. Critical Thinking. In: **Teaching Introductory Physics**. New York: John Wiley & Sons, 1996. p. 375–392.
- BENEGAS, J. Tutoriales para Física Introductoria : Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 1, n. 1, p. 32–38, 2007.
- BORGES, O. Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 135–142, 2006.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasil, 2000.
- COLE, M. **Cultural Psychology - A once and future discipline**. Cambridge: Harvard University Press, 1996.
- DEWEY, J. **Experience and Education**. 30. ed. New York: Touchstone, 1938.
- FARIA, A. F.; VAZ, A. M. **Pensamento científico em artigos publicados de 2010 a 2014 em periódicos de ensino de física**. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xv/sys/resumos/T0223-1.pdf>>
- FENSHAM, P. J. **The challenge of generic competences to science education**. Anais ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. Anais...Lyon: ESERA, 2012.
- JIROUT, J.; ZIMMERMAN, C. Development of Science Process Skills in the Early Childhood Years. In: CABE TRUNDLE, K.; SAÇKES, M. (Eds.). **Research in Early Childhood Science Education**. Dordrecht: Springer, 2015. p. 143–165.
- JULIO, J. M.; VAZ, A. M. Grupos de alunos como grupos de trabalho: um estudo sobre atividades de investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2007.
- MCDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S. **Tutorials in Introductory Physics**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.
- MORRIS, B. J. et al. The Emergence of Scientific Reasoning. In: KLOOS, H.; MORRIS, B. J.; AMARAL, J. L. (Eds.). **Current Topics in Children's Learning and Cognition**. Rijeka: In Tech, 2012. p. 61–82.
- PEG/UW. **Preface to Tutorials in Introductory Physics**. Disponível em: <<http://depts.washington.edu/uwpeg/tutorial/preface>>. Acesso em: 25 maio. 2013.
- SCHWAB, J. J. The “Impossible” Role of the Teacher in Progressive Education. **The School Review**, v. 67, n. 2, p. 139–159, 1959.
- VAZ, A. M.; JULIO, J. M.; FARIA, A. F. **Princípios para investigação da experiência em atividades baseadas em pesquisas em Ensino de Física**. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xiv/sys/resumos/T0069-2.pdf>>
- WONG, D.; PUGH, K. Learning science: A Deweyan perspective. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 3, p. 317–336, 2001.
- ZIMMERMAN, C. The Development of Scientific Reasoning Skills. **Developmental Review**, v. 20, n. 1, p. 99–149, 2000.