



EXPERIÊNCIAS DE PENSAMENTO CIENTÍFICO EM AULAS DE FÍSICA

Experiences of Scientific Thinking in Physics Classrooms

Alexandre Fagundes Faria [affaria@ufmg.br]

Colégio Técnico (COLTEC)

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627. Pampulha. Belo Horizonte (MG)

Arnaldo de Moura Vaz [arnaldovaz@ufmg.br]

Colégio Técnico (COLTEC) e Programa de Pós-Graduação em Educação

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627. Pampulha. Belo Horizonte (MG)

Resumo

Governos, entidades e pesquisadores propõem a promoção de experiências escolares que deem aos estudantes oportunidade de mobilizar o pensamento científico, isto é: de usarem conhecimentos de domínio específico e estratégias de domínio geral. Observamos estudantes em situações regulares de sala de aula e tomamos como objeto de investigação suas experiências de pensamento científico. O objetivo da pesquisa foi caracterizar essas experiências de pensamento científico de dois grupos de estudantes que se envolveram na resolução de tarefas sobre dinâmica newtoniana. Participaram 19 voluntários, de 15 a 17 anos, dos cursos técnicos de nível médio em eletrônica e informática de uma escola técnica federal localizada em Belo Horizonte. As atividades propostas aos estudantes são parte regular do curso de Física desde 2010. Não houve intervenção especial para condução da pesquisa. A coleta de dados foi feita durante as aulas com gravações em áudio e vídeo; notas de observação de campo; e fotografias de cadernos dos estudantes e de pôsteres elaborados para apresentação em classe. Selecionamos para análise dois grupos de quatro estudantes, escolhidos com base na sua assiduidade. Transcrevemos episódios em que identificamos experiências de pensamento científico. Essas transcrições, as notas de campo e as fotografias foram trabalhadas no processo de análise dos dados. Para analisar os dados, recorreremos à Teoria da Experiência de John Dewey. Nossos resultados indicam que os dois grupos tiveram experiências educativas, mas elas foram qualitativamente distintas. Essa distinção na qualidade das experiências decorre das diferentes maneiras como os estudantes interagiram com as condições dadas para o desenvolvimento das tarefas. Informações adicionais são dadas sobre as circunstâncias escolares em que a pesquisa foi conduzida para melhor avaliação da qualidade dos seus resultados.

Palavras-Chave: pensamento científico; experiências; estratégias de raciocínio; grupos de aprendizagem; Tutoriais de Física Introdutória.

Abstract

There is a contemporary demand on STEM education to support learning experiences in which students use scientific thinking to solve tasks. Scientific thinking involves domain-specific knowledge and general domain strategies of thinking. The object of interest in this research was the set of students' experiences of scientific thinking in which they articulate domain-general strategies and domain-specific knowledge to solve physics tasks. Our goal was to characterize the experiences of scientific thinking of two groups of four students engaged in tasks about Newtonian Mechanics. The volunteers were 19 students, 15-17 years old, enrolled in electronics or computer science courses (11th grade) of a Brazilian vocational high school at Belo Horizonte/Minas Gerais. All class activities proposed to the students have been regularly used since 2010, therefore, we made no special intervention to conduct the study. Data collection occurred during the classes and involved audio and video recordings of students working in group; field notes; and photographs of students' notebooks and of the posters they made to conduct oral presentations. The choice of the groups was based on how assiduous the members were. We have transcribed episodes in which we identified experiences of

scientific thinking. These transcriptions, the field notes and the photographs were analyzed together, in interaction with each other. Data analysis is based upon John Dewey's Theory of Experience. Our results show that the experiences of scientific thinking of the two groups were educative experiences, although qualitatively different. This difference was due to the way students interacted with the conditions given to solve the tasks. Additional information is given about the school circumstances in which the study was conducted to allow a better evaluation of results quality.

Keywords: scientific thinking; experiences; reasoning strategies; learning group; Tutorials in Introductory.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, pouca atenção tem sido dada à criação de oportunidades para o pleno desenvolvimento do pensamento científico de estudantes da Educação Básica e da Educação Superior. As experiências de educação formal privilegiam a mobilização de conhecimentos de domínio específico (conceitos, leis e teorias) em detrimento da mobilização de estratégias de domínio geral (raciocínio baseado em evidência e raciocínio hipotético-dedutivo, p. ex.). Não se busca um equilíbrio na abordagem dessas duas dimensões do pensamento científico. Situação parecida pode ser verificada nas pesquisas em Ensino de Ciências: onde se investiga a aprendizagem, o objeto de interesse predominante é o desenvolvimento conceitual dos estudantes.

Apesar disso, identificamos artigos e documentos produzidos por governos, entidades científicas e pesquisadores que nos levam a afirmar que a criação de oportunidades para o pleno desenvolvimento do pensamento científico está em sintonia com as demandas atuais de aprendizagem (AAAS, 1990; BRASIL, 2013; Ding, Wei & Mollohan, 2014; Fensham, 2012; Mansilla & Jackson, 2011; NRC, 2013; Pozo & Crespo, 2009; Vieira, Tenreiro-vieira & Martins, 2011). Suspeitamos que tais textos possam estar começando a influenciar nossa comunidade de pesquisa, pois, embora ainda em pequeno número, há uma ampliação do interesse de pesquisadores pelo estudo do fenômeno do ensino e da aprendizagem para além da esfera conceitual (Bellucco & Carvalho, 2014; Choi, Hand & Greenbowe, 2012; Havdala & Ashkenazi, 2007; Kanari & Millar, 2004; Lee & Park, 2013; Locatelli & Carvalho, 2007; Maurines, 2010; Mendonça & Justi, 2006; Yeo & Gilbert, 2014; Zeineddin & Abd-el-khalick, 2008). O que não podemos dizer com certeza é que esse germe de mudança observado nas pesquisas em Ensino de Ciências tem sido também observado nas salas de aula.

Conduzimos nossa investigação numa escola em que, desde 1999, se tem empreendido o esforço de promover atividades didáticas nas aulas de Física que favoreçam tanto o desenvolvimento conceitual dos estudantes, quanto o desenvolvimento de estratégias de raciocínio de domínio geral. Algumas delas já foram investigadas ou serviram de contexto para a condução de outras pesquisas (Borges & Gomes, 2005; Borges, Borges & Vaz, 2005; Julio & Vaz, 2007; Julio, Vaz, & Fagundes, 2011).

A atividade didática que acompanhamos em 2014, durante o período de coleta de dados, foi inspirada pelos Tutoriais de Física Introdutória¹, elaborados por McDermott e Shaffer (1998). Ela é desenvolvida desde 2010 pela equipe de professores. Como também somos membros dessa equipe, observamos que os estudantes costumam dar indícios de uso de estratégias de domínio geral para solucionar as tarefas que lhes são propostas. Isso nos pareceu um fenômeno interessante, que valia a pena ser investigado. Porém, intrigou-nos o fato de não termos identificado na literatura de pesquisa outros trabalhos que tenham abordado a mobilização e o desenvolvimento de estratégias de domínio geral por estudantes para a realização das tarefas propostas pelos tutoriais. Afinal, segundo seus autores, as tarefas ali propostas também visam o desenvolvimento de estratégias de raciocínio. Na literatura de pesquisa sobre participação de estudantes em atividades baseadas nos tutoriais, explora-se apenas seu desenvolvimento conceitual (Cf. Benegas, 2007; Cruz et al, 2010; Finkelstein & Pollock, 2005; Flores & Benegas, 2008; Keller et al, 2005; Lorenzo, Crouch & Mazur, 2006; Loverude, Kautz & Heron, 2003; Pollock, 2005; Pollock, Finkelstein & Kost, 2007; Shaffer & McDermott, 2005; Slezak et al, 2011).

Enquanto fazem as tarefas dos tutoriais, os estudantes têm oportunidade de resolver problemas; trabalhar em colaboração; elaborar, avaliar e defender argumentos; elaborar raciocínios baseados em evidência; lidar com situações que envolvam conflitos cognitivos; entre outras (Faria & Vaz, 2017). O aproveitamento dessas oportunidades pelos estudantes pode se constituir em experiências educativas – com

¹ Para simplificar, usaremos “tutorial/tutoriais” para nos referirmos aos Tutoriais de Física Introdutória do Grupo de Ensino de Física da Universidade de Washington, Seattle.

repercussões em sua vida futura – inclusive para enfrentar situações sem paralelo com aquelas vividas em sala de aula. Identificamos alguns desses episódios e os analisamos.

O objetivo de nossa pesquisa foi caracterizar as experiências de pensamento científico de estudantes decorrentes da participação no processo de resolução em grupo de tarefas sobre dinâmica newtoniana numa aula inspirada pelos tutoriais de física introdutória de McDermott e Shaffer (1998). Chamamos de experiência de pensamento científico aquelas em que os estudantes mobilizam estratégias de domínio geral e conhecimentos de domínio específico para solucionarem as tarefas que lhes são propostas. Para a condução deste trabalho, elegemos como referencial teórico-metodológico a Teoria da Experiência de John Dewey (1997).

PENSAMENTO CIENTÍFICO

A mobilização e o desenvolvimento do pensamento científico em tarefas escolares têm sido definidos como objetos de investigação por pesquisadores dos campos do Ensino de Ciências e da Psicologia. São inúmeros os trabalhos que se debruçam sobre esses objetos (Borges, 2006; Borges, Borges & Vaz, 2005; Dunbar & Fugelsang, 2005; Dunbar & Klahr, 2012; Faria & Vaz, 2017; Julio & Vaz, 2007; Kant, Scheiter & Oschatz, 2017; Klahr, Zimmerman & Jirout, 2011; Kuhn & Pearsall, 2000; Murphy, Firetto & Greene, 2017; Taber et al., 2016; Van der Graaf, Segers & Verhoeven, 2016; Zimmerman, 2000; Zimmerman, 2007).

As definições de pensamento científico utilizadas nessas pesquisas focalizam estratégias gerais de raciocínio e de resolução de problemas comumente associadas às atividades de cunho científico-tecnológico. Chamam-se estratégias gerais de raciocínio, pois também podem ser utilizadas por pessoas em situações cotidianas, fora do contexto científico (Dunbar & Fugelsang, 2005; Dunbar & Klahr, 2012; Kuhn & Pearsall, 2000). Contudo, não há consenso sobre essa generalidade (Ritchhart & Perkins, 2005). Identificamo-nos com a posição de Dunbar e Klahr (2012) e Kuhn e Pearsall (2000). Para eles, o que diferencia a mobilização de estratégias de domínio geral no campo da ciência da mobilização dessas estratégias fora do campo da ciência são o rigor conceitual e a consciência envolvida no uso das mesmas.

Entendemos, porém, que o pensamento científico é constituído pela inter-relação das estratégias de domínio geral com conhecimentos de domínio específico – que se referem, por exemplo, aos conceitos e teorias científicas. As estratégias de domínio geral estão envolvidas na elaboração de raciocínio baseado em evidência, de raciocínio por analogia, de raciocínio hipotético-dedutivo, entre outros. Esses conhecimentos e estratégias são mobilizados em processos de (re)elaboração de ideias, conceitos e teorias sobre fenômenos físicos para resolução das mais variadas tarefas (Borges, 2006; Borges, Borges & Vaz, 2005; Dunbar & Fugelsang, 2005; Dunbar & Klahr, 2012; Julio & Vaz, 2007; Klahr, Zimmerman & Jirout, 2011; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988; Kuhn & Pearsall, 2000; Zimmerman, 2000; Zimmerman, 2007).

Durante a mobilização do pensamento científico, todavia, as estratégias de domínio geral e os conhecimentos de domínio específico são indissociáveis. Estes exercem influência direta sobre as possibilidades de mobilização daquelas (Almudi & Ceberio, 2014; Kasseboehmer & Ferreira, 2013; Klahr & Dunbar, 1988; Lin, 2014; Mulder, Lazonder & de Jong, 2010; Valanides, Papageorgiou & Angeli, 2013). O trabalho de Marusic e Slikso (2012) traz evidências dessa indissociabilidade ao mostrar que certas experiências no domínio conceitual favorecem o desenvolvimento de estratégias de raciocínio. Eles observaram que estratégias de ensino que demandam a discussão de conceitos entre os estudantes, levando-os a vivenciar situações de conflito cognitivo, são mais promissoras no que diz respeito ao desenvolvimento de estratégias de domínio geral identificadas com o pensamento lógico-formal piagetiano.

Outros trabalhos indicam que estudantes que dominam e utilizam certas estratégias de domínio geral se desenvolvem mais do ponto de vista conceitual. Choi, Hand e Greenbowe (2012) acentuam que há correlação positiva entre a qualidade dos argumentos produzidos por estudantes e o desempenho final em duas disciplinas: química geral e laboratório de química geral. Coletta e Phillips (2005) e Nieminen, Savinainen e Viiri (2012) reportam que há “variáveis ocultas” que podem explicar o sucesso na aprendizagem conceitual por estudantes. Por exemplo, há correlação positiva entre a capacidade de mobilizar estratégias de raciocínio de domínio geral medidas por testes como o de Lawson (1978; 1982) e a aprendizagem dos princípios da dinâmica aferida a partir do “Inventário do Conceito de Força” (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992). Mashood e Singh (2013) preconizam que algumas dessas estratégias de domínio geral desenvolvidas em aulas de Física têm impacto positivo sobre o desempenho na resolução de problemas em outras áreas de conhecimento como a Química e a Matemática.

No campo do Ensino de Ciências, nem todas as pesquisas que abordam a mobilização e o desenvolvimento de estratégias de domínio geral por estudantes fazem uso dos termos “pensamento científico” ou “raciocínio científico”. No entanto, há vários trabalhos em que o objeto de interesse se relaciona ao pensamento científico, conforme a definição que utilizamos. Entre esses trabalhos há os que lidam: com a argumentação (Bulgren, Ellis & Marquis, 2013; Iordanou & Constantinou, 2015; Kulatunga, Moog & Lewis, 2013; Locatelli & Carvalho, 2007; Osborne, Erduran & Simon, 2004; Osborne et al, 2013; Sampson & Clark, 2009; Tang et al, 2010; Yun & Kim, 2014); com o raciocínio baseado em evidência (Almudi & Ceberio, 2014; Iordanou & Constantinou, 2015; Paula & Borges, 2007; Piekny, Grube & Maehler, 2014; Tytler & Peterson, 2003; Valanides et al., 2013; Waldrip & Waldrip, 2014); ou com o raciocínio hipotético-dedutivo (Lee & Park, 2013; Locatelli & Carvalho, 2007; Stephens & Clement, 2010). Uma discussão mais detalhada dessas pesquisas está disponível em Faria e Vaz (2017).

É importante esclarecer que reconhecemos que o pensamento científico não se restringe aos conhecimentos de domínio específico e às estratégias de domínio geral. Criatividade, intuição, valores, idiosincrasias, coincidências, perspicácia, entre outros elementos também estão envolvidos na estruturação do pensamento e da própria atividade científica. Por essa razão, Al-Ahmadi e Reid (2011) enfatizam que não há uma definição única e precisa que se ajuste às diferentes manifestações do pensamento científico, o que ajuda a compreender o caráter multifacetado das definições adotadas nas pesquisas. Isso é coerente com a noção de que não há um padrão ou um “método científico” único usado por quem faz ciência (Al-Ahmadi & Reid, 2011; Gil-Pérez et al., 2001; Kasseboehmer & Ferreira, 2013; Lawson, 2010; Maia & Justi, 2008; Millar & Lubben, 1996; Tang et al, 2010).

Não buscamos estabelecer como um cientista age e pensa, tampouco vamos definir o pensamento científico a partir da proposição de um “método” de investigação universal, pois isso nos desviaria do escopo deste trabalho, além de não se constituir como uma boa representação da atividade científica. Não aprofundaremos em questões sobre filosofia, epistemologia ou natureza da ciência, pois este é um estudo sobre aprendizagem de física em um curso de nível médio. O debate sobre essas outras questões já foi bem explorado por outras pesquisas em nossa área de conhecimento (Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Gil-Pérez et al., 2001; Hodson, 1986; Hodson, 1985; Hodson & Wong, 2014; McComas, 2002; Praia, Cachapuz & Gil-Pérez, 2002).

TEORIA DA EXPERIÊNCIA

O conceito de experiência possui grande importância na teoria educacional de John Dewey (Branco, 2010; Glassman, 2001; Kruckeberg, 2006; Postholm, 2008; Schmidt, 2009). Para Dewey, as experiências são processos vitais que ocorrem a todo o tempo e lugar, pois todo indivíduo está em constante interação com seu mundo físico e social. Ao passar por uma experiência, o indivíduo é transformado independentemente de sua própria intenção (Roth & Jornet, 2014). Nessas interações, os indivíduos são modificados e modificam aquilo com o que interagem, sejam outras pessoas, sejam objetos, a partir de uma relação transacional entre eles. Diz-se, então, que as experiências envolvem um caráter ativo e um caráter passivo (Dewey, 1966). Todos os envolvidos numa experiência se constituem mutuamente. Ao passar por novas experiências, o indivíduo já não é mais o mesmo, seu contexto também não. Essas características são comuns a quaisquer experiências. Porém, nem toda experiência tem o potencial de promover o desenvolvimento do indivíduo, possibilitando ações inteligentes em situações novas e distintas. Há experiências educativas, assim como experiências *deseducativas* (Dewey, 1966, 1997, 2010).

No livro “Experiência e Educação”, Dewey (1997) apresenta o princípio da continuidade e o princípio da interação que, tomados em conjunto, possibilitam a avaliação do potencial educativo de experiências. Para Roth e Jornet (2014), esses princípios são fundamentais para a compreensão de que as experiências não se encerram nos indivíduos, mas se distribuem no espaço-tempo por meio de inúmeras interações sociais empreendidas ao longo da vida. Para Branco (2010), a continuidade confere temporalidade e a interação confere espacialidade às experiências.

Princípio da Continuidade

O princípio da continuidade baseia-se em que “*toda experiência vive nas experiências que a sucedem*” (Dewey, 1997, p. 27). Isso significa que “[...] *toda experiência tanto toma algo das experiências passadas quanto modifica de algum modo a qualidade das experiências que virão*” (Dewey, 1997, p. 35).

A continuidade é mencionada como uma característica de toda experiência, quer educativa, quer deseducativa. O modo como a continuidade opera é o que definirá se a experiência é, de fato, educativa. As experiências educativas conduzem a um tipo de crescimento que possibilita ao indivíduo agir de modo inteligente em novas situações a partir da reelaboração de suas experiências.

Para Dewey, cada experiência educativa “*é um todo e carrega em si seu caráter individualizador e sua autossuficiência*” (Dewey, 2010, p. 110). Isso quer dizer que as experiências educativas são bem-definidas e únicas. Têm começo e fim claros. São deliberadamente consumadas pelo indivíduo e não interrompidas sem que se estabeleça qualquer tipo de relação inteligente entre as ações e as consequências que dela decorrem. Ao mesmo tempo, uma experiência educativa faz parte de uma totalidade caracterizada pela continuidade de um fluxo experiencial no qual passado, presente e futuro se inter-relacionam.

Quando se consegue perceber a relação entre uma ação e a consequência que dela decorre, criam-se as condições para o estabelecimento de um fluxo experiencial que conecta a experiência atual às experiências passadas e às futuras, transformando o indivíduo: “*quando uma atividade é continuada pela submissão às consequências, quando a mudança produzida por uma ação se reflete numa mudança em nós mesmos, o simples fluxo torna-se cheio de significado. Aprendemos algo*” (Dewey, 1966, p. 139).

Princípio da Interação

O princípio da interação representa a superação da dicotomia *mente-mundo*. Para Dewey, a mente humana é uma individualização estabelecida a partir do contato e da interação com o outro (Kruckeberg, 2006; Postholm, 2008). Branco destaca o papel do outro na constituição do indivíduo, tendo como referência a perspectiva deweyana:

O ser humano é entendido fundamentalmente como interação, sendo as relações sociais determinantes na constituição do sentido do self. O autor alerta-nos, pois, para a importância educativa dos contextos e, nesse sentido, para o primado da comunidade sobre o indivíduo (Glassman, 2001). O desenvolvimento da individualidade de cada um corresponde a um alargamento progressivo da experiência, que, sendo pessoal, fundeia na experiência social. A ampliação da experiência é também o objetivo primordial da educação, sem a qual esta verdadeiramente não acontece, e cuja consecução requer ambientes e instituições apropriadas, leiam-se cooperativos e democráticos (Branco, 2010, p. 609).

A experiência do indivíduo é socialmente constituída. Daí a importância de se levar em consideração que toda experiência possui um caráter passivo e um caráter ativo. Ao se relacionar com outras pessoas e objetos, o indivíduo tem a oportunidade de alargar seu campo de experiências, de se desenvolver. Ao mesmo tempo, há o desenvolvimento das pessoas e dos meios materiais que constituem a experiência do indivíduo. Com isso, queremos destacar que a experiência social se transforma não apenas porque o indivíduo se transforma, mas também porque o contexto no qual se desenvolve a experiência é continuamente modificado. Aspectos individuais, sociais e materiais associados às experiências estão em constante interação e transformação.

O princípio da interação estabelece que as experiências educativas dependem igualmente das condições internas e das condições objetivas, estando ambas em interação. As condições internas são relativas ao indivíduo. Elas compreendem, entre outros, os interesses, os hábitos, as necessidades, os valores, os desejos e os aspectos cognitivos de cada pessoa. As condições objetivas, externas ao indivíduo, envolvem equipamentos, infraestrutura, recursos mediacionais e até mesmo outras pessoas com suas condições internas próprias. Tudo isso “representa os produtos da experiência mais madura dos adultos” (Dewey, 1997, p. 41), ou seja, representa produtos da história cultural da humanidade. Assim, pode-se dizer que as experiências educativas são marcadas por interações entre pessoas e entre pessoas e objetos (materiais ou imateriais). 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 as condições, tomando-as em interação (Dewey, 1997).

A interação das condições internas com as condições objetivas constitui o contexto². O conceito de contexto nas obras de Dewey possui forte caráter relacional. Não se trata de pensar que o indivíduo está contido num contexto, mas que contextos são constituídos na interação entre pessoas e entre pessoas e

² Originalmente, Dewey utiliza o termo “situação”.

objetos. Michael Cole (1996) toma Dewey como uma das referências para discutir o conceito de contexto como “aquilo que se tece junto”. Essa ideia vem do uso por Cole (1996) da metáfora de corda, fios e fibras. Tal metáfora ajuda a comunicar o caráter relacional entre condições internas e condições objetivas. Uma corda é composta de fios finos entrelaçados. Cada fio é formado por arranjos descontínuos de fibras de pequena extensão e de baixa resistência. A corda, quando submetida à tração, mostra-se muito mais resistente que as partes individuais que a compõem (fios e fibras), além de apresentar-se como um todo contínuo e coerente. “Quando o contexto é pensado dessa forma, ele não pode ser reduzido àquilo que circunda. Ele é, preferencialmente, uma relação qualitativa entre no mínimo duas entidades analíticas (fios), que são dois momentos de um único processo” (Cole, 1996, p. 135).

Essa metáfora de corda, fios e fibras é apropriada para pensar as interações entre pessoas e entre pessoas e objetos como aquelas interações pelas quais nos interessamos nesta pesquisa. Cada indivíduo possui condições internas próprias que o fazem ser único. Cada objeto, se tomado isoladamente, possui propriedades que permitem caracterizá-lo. No entanto, tomados em interação uns com os outros, pessoas e objetos formam um todo coerente, com propriedades muito diferentes das partes. Chamamos de contexto a esse todo coerente.

As salas de aula representam contextos múltiplos, complexos e fluidos. Múltiplos, pois em uma mesma sala de aula há vários contextos coexistindo. Tomada como um todo, a sala de aula com suas condições objetivas e suas várias condições internas formam um contexto mais amplo. Tomada por partes, sobretudo quando estudantes trabalham em pequenos grupos, novos contextos se estabelecem, pois, nesses pequenos grupos, há nova inter-relação entre condições objetivas e condições internas. Cada pequeno grupo forma um novo contexto. Os contextos escolares são fluidos e complexos, pois a organização desse espaço e das atividades que nele se desenrolam é dinâmica e suscetível a mudanças de diferentes ordens, intencionais ou não intencionais.

Por decorrerem de diferentes interações de vários níveis, pode-se dizer que as experiências possuem natureza aberta ou que são indefinidas a priori (Roth & Jornet, 2014). Por mais que um professor aja de maneira consciente sobre as condições objetivas de uma atividade a fim de promover experiências educativas, não há como saber quais serão os resultados de suas ações, pois esse resultado depende da interação entre as condições internas e as condições objetivas. Uma mesma ação geralmente tem efeitos distintos sobre os diferentes estudantes de uma turma, já que numa sala de aula estão em jogo múltiplos contextos que se entrelaçam.

DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Cenário da Investigação

A pesquisa foi conduzida em uma escola técnica federal de nível médio localizada em Belo Horizonte. Trata-se de uma escola bem equipada e com infraestrutura adequada. Os professores trabalham em regime de dedicação exclusiva e são todos Doutores³. A escola está localizada no campus de uma universidade federal, o que amplia as possibilidades de convivência e experiências dos estudantes.

Os dados foram coletados no primeiro trimestre letivo de 2014 em aulas de Física nas quais foram desenvolvidas atividades inspiradas pelos Tutoriais de Física Introdutória (McDermott & Shaffer, 1998). Naquele trimestre letivo, os temas abordados foram Mecânica Newtoniana e Hidrostática. Em todas as aulas, os estudantes trabalharam em pequenos grupos (3 a 4 integrantes) para realizar as tarefas que lhes foram propostas.

Desde 2009, os estudantes têm aulas de Física somente nas duas primeiras séries do Ensino Médio. Até 2017, a carga horária semanal de Física para a 1ª e a 2ª série dos cursos técnicos em eletrônica e informática era de cinco aulas semanais de 50 minutos divididas em dois encontros em classe (um de 50 min e outro de 100 min) mais um encontro semanal no laboratório (100 minutos). Os resultados que apresentamos neste trabalho decorrem da análise das aulas que aconteceram em classe.

No quadro 1, apresentamos a distribuição dos assuntos tratados no curso de Física. Há assuntos que são abordados nas duas séries, mas com profundidades e ênfases diferentes. Um desses assuntos é a

³ Na época da coleta dos dados, o corpo docente era formado por dois Mestres (em qualificação) e quatro Doutores. Atualmente, os seis professores são Doutores.

Dinâmica Newtoniana. Para a turma analisada, as Leis de Newton foram introduzidas na 1ª série sob o ponto de vista histórico, os enunciados das leis foram formalizados e relacionados ao estudo de movimentos unidimensionais. Na 2ª série, busca-se, desde 2010, consolidar a definição operacional de força e dá-se ênfase à elaboração de diagramas de corpo livre, sobretudo para lidar com situações que envolvam aplicações das Leis de Newton. Como todos os professores de Física são pesquisadores na área de ensino, o programa, os materiais e as estratégias de ensino usados no curso são inspirados em resultados de pesquisa.

Quadro 1 – Assuntos abordados no curso de Física da 1ª e da 2ª série.

		1ª Série	2ª Série
Trimestres	11º	Introdução aos circuitos elétricos.	Dinâmica newtoniana (ênfase na definição operacional de força e na elaboração de diagramas de corpo livre); Hidroestática.
	22º	Modelos atômicos e processos de emissão de luz; Introdução à dinâmica newtoniana; Transformações e transferência de energia mecânica.	Carga elétrica; Campo, potencial e força elétrica; Ímãs; Campo e força magnética; Indução eletromagnética.
	33º	Transformações e transferência de energia mecânica; Introdução à física térmica; Introdução à ondulatória.	Transformações gasosas e lei dos gases ideais; Os três princípios da termodinâmica; Entropia.

Como faziam parte da 2ª série de Física desde 2010, as atividades didáticas e as tarefas propostas aos estudantes em 2014, ano da coleta dos dados, não foram elaboradas para atender as demandas desta pesquisa. Elas eram regulares havia cinco anos e já estavam incorporadas à cultura escolar.

Estudantes Voluntários

Contamos com a participação de 19 voluntários (15 rapazes e 4 moças) de turma da 2ª série formada por 39 estudantes do curso técnico integrado em eletrônica e do curso técnico integrado em informática. À época da coleta dos dados, eles tinham entre 15 e 17 anos. Garantimos o anonimato desses estudantes com a atribuição de nomes fictícios a eles, à turma e aos grupos. Nas aulas de Física, esses estudantes se dividiam em cinco grupos (trios e quartetos). Um de nós era o professor dessa turma. O outro fez as observações em sala e colheu todos os dados. A análise desses dados, embora feita em conjunto, garantiu aos estudantes voluntários privacidade em relação a seu professor, conforme compromisso firmado em termos de assentimento e de consentimento esclarecido. Isso foi possível porque a análise conjunta dos dados se deu somente após o término do ano letivo.

Atividade em que Coletamos os Dados

Os dados que analisamos neste artigo foram coletados em três aulas (50, 100 e 50 minutos) em que o professor conduziu uma atividade didática sobre mecânica newtoniana inspirada pelos Tutoriais de Física Introdutória de McDermott e Shaffer (1998).

Os tutoriais consistem em sequências de pequenas tarefas com foco em temas fundamentais da Física. Essas tarefas são planejadas para serem abordadas por pequenos grupos. Geralmente, elas são compostas de sequências de questões de lápis e papel. Algumas delas incluem manipulação experimental com materiais simples como, por exemplo, nos tutoriais sobre Eletromagnetismo (não abordados neste artigo). Tais tarefas foram criadas com base em dificuldades de aprendizagem e concepções dos estudantes

descritas na literatura de pesquisa em Ensino de Física. Busca-se com elas o engajamento cognitivo dos estudantes a fim de propiciar a compreensão funcional dos conceitos básicos da Física e o desenvolvimento de estratégias do pensamento científico (Finkelstein & Pollock, 2005; PEG/UW, 2013). Originalmente, os tutoriais foram elaborados com vistas ao ensino de Física nos anos iniciais de cursos de nível superior. No entanto, há evidências de adaptações bem-sucedidas dessa estratégia no ensino de Física na Educação Básica (Benegas & Flores, 2014; Benegas, 2007; Tuyarot & Eiras, 2011).

As tarefas propostas nos tutoriais criam situações de sala de aula nas quais os estudantes precisam confrontar ideias do senso comum com ideias científicas. O estímulo ao conflito cognitivo é deliberado. McDermott e Shaffer (1998), Finkelstein e Pollock (2005), Zavala, Alarcón e Benegas (2007) e Benegas (2007) resumem a estratégia dos tutoriais em três passos: a) preparar o estudante para os novos conteúdos e elicitá-las suas ideias sobre conceitos relacionados; b) confrontar essas ideias com evidências fornecidas pelo tutorial; c) resolver as inconsistências entre as ideias prévias e os conceitos científicos.

O professor propôs aos estudantes tarefas baseadas no tutorial intitulado “Forças” (McDermott & Shaffer, 1998, pp. 21–24), no qual se busca construir uma definição operacional desse conceito. Nesse tutorial, é apresentada a demanda de elaboração e discussão rigorosa de *Diagramas de Corpo Livre* (DCLs) de três objetos nas situações de equilíbrio apresentadas na figura 1. Trata-se de atividade de lápis e papel. Implicitamente, o que se requer dos estudantes é que eles levem em consideração as Leis de Newton para avaliar as situações propostas.

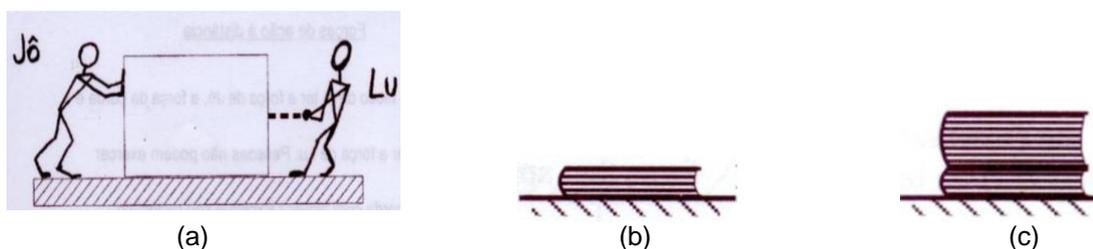


Figura 1 – Objetos em equilíbrio cujo DCL deveria ser elaborado pelos estudantes: (a) bloco em repouso empurrado/puxado por duas pessoas; (b) livro pequeno em repouso sobre mesa nivelada; (c) livro grande colocado sobre o mesmo livro pequeno do item (b), ambos em repouso sobre mesa nivelada (extraído de McDermott & Shaffer, 1998, p. 21-24).

Dinâmicas da Atividade Didática

Cinco dinâmicas de trabalho – também inspiradas em pesquisa (Julio & Vaz, 2007; Julio, Vaz & Fagundes, 2011) – haviam sido introduzidas previamente na rotina de classe: *preleções, pequenos grupos, plenárias, sínteses e elaboração de registros escritos pelos estudantes no caderno*. O uso dos tutoriais do GEF/UW junto com essas dinâmicas é uma peculiaridade do contexto escolar onde esta investigação foi conduzida. Essa rotina de classe pode ser um elemento relevante para interpretar os fenômenos de aprendizagem que observamos.

As preleções ocorriam geralmente no início de cada aula. Nesse momento, o professor introduzia assuntos, discutia ideias, destacava e explicava conceitos, demandava explicitamente o uso de estratégias de domínio geral, estabelecia vínculo entre diferentes partes do curso de Física. Embora a condução das plenárias fosse predominantemente dialógica, o protagonismo das ações empreendidas era do professor.

A dinâmica dos pequenos grupos predominou na maior parte do tempo das aulas. Os estudantes foram desafiados a buscar soluções para as tarefas propostas, tal como elaborar, colaborativamente, em folha A3, DCLs de certos objetos. Eles assumiam papel de protagonistas nesse tipo de dinâmica. O professor percorria a sala para observar o andamento das atividades em cada grupo e, quando necessário, fazia intervenções pontuais. A presença do professor também era solicitada pelos grupos de estudantes que enfrentavam dificuldades, não compreendiam as tarefas ou queriam esclarecimentos específicos. As intervenções do professor nos grupos visavam à problematização dos questionamentos dos estudantes. Essa era uma forma de instigá-los a buscarem soluções autônomas para as dificuldades vivenciadas e para os desafios propostos. O professor esclarecia, fazia contrapontos e propunha novas questões, mas não apresentava respostas ou soluções para os problemas dos estudantes.

Na dinâmica das plenárias o professor atuava como mediador de relatos produzidos pelos pequenos grupos e de debates entre estudantes com diferentes opiniões. As plenárias ocorriam em qualquer momento

da aula e eram desencadeadas por motivos diversos como a necessidade de uniformizar a abordagem de determinada tarefa ou para equiparar o estágio de desenvolvimento de uma tarefa entre os diferentes grupos. A exposição e discussão dos DCLs elaborados em folha A3 pelos estudantes, por exemplo, se deu em plenária. Em geral, o protagonismo da dinâmica das plenárias era compartilhado entre professor e estudantes.

A dinâmica de síntese acontecia ao final de cada aula ou ao final da abordagem de tópicos específicos. Ela se caracterizava pelo trabalho do professor em destacar conceitos e ideias fundamentais tratadas em cada aula ou num conjunto de aulas. O professor também expunha as principais dificuldades enfrentadas pelos grupos, bem como elementos do processo de superação dessas dificuldades pelos estudantes.

Por fim, houve elaboração de registros escritos pelos estudantes ao final de cada aula a pedido do professor. Essa dinâmica se justificava pela demanda das tarefas: devido ao envolvimento nas discussões, os estudantes descuidavam de fazer qualquer registro dos debates em grupo, das plenárias e do que aprendiam. O professor estabeleceu uma rotina em que os estudantes tomavam notas livres no caderno de física. Essas notas tratavam, por exemplo, das dificuldades enfrentadas na resolução das tarefas, do que se fez para superar essas dificuldades, dos conceitos e ideias tratados.

Estratégias de Coleta dos Dados

Trabalhamos com três fontes de dados: (i) gravações em áudio e vídeo dos grupos de estudantes; (ii) anotações em caderno de campo; (iii) Fotografias dos cadernos e dos cartazes produzidos pelos estudantes durante as aulas.

Foram posicionadas duas câmeras na sala de aula: Uma na frente, voltada para o fundo; outra no fundo, voltada para frente. Pelo ajuste da distância das câmeras ao chão foram enquadrados apenas os grupos de estudantes que aceitaram participar como voluntário da pesquisa e que tiveram o consentimento dos responsáveis legais. Essas câmeras captaram o áudio geral da turma. Para garantir gravações em áudio de melhor qualidade, colocamos um gravador de áudio em cada um dos grupos participantes. Com essas gravações registramos as interações verbais e não verbais entre estudantes, entre estudantes e o professor e entre estudantes e os recursos que constituíam o contexto da sala de aula (e.g., folhas usadas para elaboração de cartazes).

Usamos um caderno comum para registrar notas de campo elaboradas por um de nós, sempre sentado ao lado da câmera posicionada no fundo da sala. Anotamos no caderno informações que julgamos importantes para que pudéssemos alcançar o objetivo da pesquisa. Buscamos produzir notas que nos ajudassem a identificar as tarefas e situações nas quais os estudantes supostamente mobilizaram estratégias de domínio geral para solucionarem as tarefas que lhes foram propostas. Além disso, empenhamo-nos em registrar nossas impressões pessoais sobre acontecimentos das aulas. Essas notas de campo foram usadas por nós como forma de verificar interpretações que fizemos sobre as cenas gravadas da sala de aula; para obter informações sobre acontecimentos importantes da sala de aula que não foram registrados pelas câmeras ou gravadores; para delimitar os episódios a serem analisados.

Fotografamos os cartazes e as páginas dos cadernos produzidos pelos estudantes durante o período de coleta de dados. As fotografias dos cartazes se justificam, pois os mesmos foram utilizados pelos estudantes como uma plataforma comum de trabalho, que congregava todo o grupo. Os registros que constituíam a resolução das tarefas, em geral, eram feitos primeiro nos cartazes. Esses registros serviram de referência nas discussões empreendidas no grupo. Por sua vez, as fotografias dos cadernos foram importantes porque eram neles que os estudantes faziam notas pessoais relacionadas às tarefas propostas e ao processo de resolução das tarefas.

Os dados obtidos a partir dessas três fontes foram tomados em interação no processo de análise o que potencializou a qualidade das descrições, exemplificações e interpretações realizadas nesse processo.

Estratégias de Análise dos Dados

Foram analisados dois dos cinco grupos de estudantes que participaram como voluntários da pesquisa: Grupo A (Ada, Isaac, Maria e Rosalinda) e Grupo B (César, Lise, Max e Ricardo). No grupo A, todos faziam a 2ª série pela primeira vez. Isaac e Rosalinda eram estudantes do curso técnico de Informática. Ada e Maria pertenciam ao curso técnico de Eletrônica. No grupo B, todos pertenciam ao curso técnico de Eletrônica. Max era o único a repetir a 2ª série. Em 2013, ele foi reprovado em Física com nota total anual de,

aproximadamente, 30% e baixo índice de frequência. Cabe destacar que essa não foi a única disciplina em que teve desempenho insuficiente.

A escolha desses grupos teve como referência a assiduidade dos estudantes, pois, para reduzir as variações no contexto a ser investigado, precisávamos de grupos cuja composição se mantivesse a mais estável possível ao longo do tempo. O grupo A se manteve completo em todo o trimestre letivo em que coletamos os dados. No grupo B, um dos estudantes faltou em uma das aulas do trimestre. Contudo, essa falta não se deu na sequência de aulas tomadas para análise neste artigo.

Interessou-nos os processos de ensino-aprendizagem vivenciado pelos estudantes. Os fenômenos relacionados a esses processos são complexos por natureza. Por isso, ao longo da investigação, recorremos a diferentes técnicas, estratégias e ideias para organizar e conduzir nossa pesquisa. No que tange a análise dos dados, não tínhamos uma estratégia metodológica definida desde o início do estudo. Tal estratégia se constituiu no percurso da investigação. Contudo, vistas em retrospectiva, as técnicas e estratégias que empregamos são coerentes com aquelas usadas na análise de conteúdo (Cf. Bardin, 1977; Moraes, 1999; Rosa, 2013). Na análise de conteúdo lida-se com textos oriundos de qualquer tipo de comunicação, seja ela verbal ou não verbal (Moraes, 1999). Busca-se extrair desses textos significados que são implícitos ou explícitos. Rosa (2013), ao tratar de questões metodológicas do Ensino de Ciências, refere-se a essa estratégia como “análise de conteúdo do discurso”. Para ele, as pesquisas em Ensino de Ciências que se pautam pela análise de conteúdo querem analisar a lógica interna de discursos produzidos. Na pesquisa que relatamos neste artigo, centramos nossa análise na transcrição das falas dos estudantes que participaram como voluntários da pesquisa. No entanto, não tomamos essas transcrições isoladamente, mas em interação com tudo o que se relacionou direta ou indiretamente às falas dos estudantes como, por exemplo, os gestos, as expressões corporais e faciais e os registros escritos produzidos por eles.

A partir das gravações em áudio e vídeo e das anotações feitas no diário de campo, identificamos episódios nos quais os estudantes mobilizaram estratégias de domínio geral no processo de resolução das tarefas que lhes foram propostas. Baseamo-nos em definições de estratégias de domínio geral disponíveis na literatura para fazer essa identificação. Com base nessas definições, criamos categorias para classificar as estratégias que identificamos. Em trabalho anterior (Faria & Vaz, 2017), estão disponíveis os resultados dessa categorização. Esses episódios em que houve uso de estratégias de domínio geral pelos estudantes são importantes, pois neles se constituíram as experiências de pensamento científico. Um episódio é caracterizado “[...] por um conjunto coerente de ações e significados produzidos pelos participantes em interação, que tem início e fim claros e que pode ser facilmente discernido dos episódios precedentes e subsequentes” (Mortimer et al, 2007, p. 61). Usamos as seguintes características ou marcadores para delimitar os episódios das aulas analisadas: as ações dos estudantes, as ações do professor, as interações entre estudantes, as interações entre estudantes e professor, a dinâmica de trabalho na sala de aula e as tarefas abordadas pelos estudantes.

Os episódios com experiências de pensamento científico foram transcritos. Caracterizamos essas experiências de pensamento científico a partir da explicitação das estratégias de domínio geral empregadas pelos estudantes para a resolução das tarefas propostas. Contextualizamos essas transcrições ao apresentá-las para embasar os resultados de nossa análise. Pode-se também ter acesso aos mapas de episódios completos das aulas delimitadas para análise em Faria (2016). O acesso a esse material possibilitará uma contextualização mais ampla das transcrições que serão apresentadas neste artigo.

Para caracterizar as experiências de pensamento científico dos estudantes recorremos ao princípio da continuidade e ao princípio da interação propostos por Dewey (1997) em sua Teoria da Experiência. Para avaliar a qualidade das experiências tendo como parâmetro o princípio da continuidade consideramos: a) se houve articulação entre ação e reflexão no desenvolvimento da experiência; b) se houve indícios de reelaboração (reconstrução) de experiências passadas; c) se a experiência teve o potencial de promover o desenvolvimento geral do indivíduo, ampliando as possibilidades de reelaboração de novas experiências.

Foi um desafio metodológico tomar o princípio da interação como referência. Tínhamos que considerar a interação entre as condições internas dos estudantes (interesses, hábitos, valores, preferências, cognição etc) e as condições objetivas para o desenvolvimento das tarefas (recursos mediacionais, infraestrutura, tarefas, organização do curso etc). O que queríamos era avaliar a qualidade das experiências dos estudantes de modo a caracterizá-las. Porém, em que nos apoiariamos para inferir sobre a interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para desenvolvimento das atividades propostas pelo professor? A solução que encontramos foi recorrer ao conceito de engajamento escolar de modo a tornar operacional o princípio da interação. Para essa solução tiramos proveito de nossa experiência

com a investigação do engajamento de estudantes em situações de aprendizagem em Física (Faria, 2008; Julio, Vaz & Fagundes, 2011).

O engajamento escolar, ou simplesmente engajamento, é um conceito que se refere à relação que o estudante estabelece com as atividades escolares que lhe são propostas. Essa relação se constitui no contexto e com o contexto de desenvolvimento dessas atividades. Transformações no contexto promovem mudança nas características do engajamento exibido pelos estudantes (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004; Frydenberg, Ainley & Russell, 2005; Sinatra, Heddy & Lombardi, 2015). Pode-se, então, afirmar que o engajamento, assim como o conceito de experiência, é dotado de um caráter relacional, pois ele se constitui permanentemente, e de maneira dinâmica, a partir da interação das condições internas do indivíduo com as condições objetivas de uma atividade. A interpretação que fizemos disso, à luz do princípio da interação, é que esse indivíduo irá se engajar quando, em alguma medida, houver convergência entre suas condições internas e as condições objetivas envolvidas na realização de tarefas. Assim, consideramos o engajamento em tarefas como um indício de que houve interação entre as condições internas e objetivas.

A literatura de pesquisa trata o engajamento como um conceito multidimensional que abarca aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos, que se inter-relacionam dinamicamente. A dimensão comportamental do engajamento envolve a participação e as condutas positivas dos estudantes no desenvolvimento de tarefas. O engajamento emocional relaciona-se às reações afetivas e emocionais dos estudantes diante das tarefas que lhes são propostas e dos demais elementos que compõem o contexto. Interesse, felicidade, bem-estar, desgosto, ansiedade e frustração são exemplos de tais reações. O engajamento cognitivo envolve o investimento do estudante na própria aprendizagem. Ele é marcado pelo esforço empreendido pelo estudante para compreender o que é estudado e para atingir níveis mais elevados de compreensão sobre determinado tópico de estudo. O estudante engajado cognitivamente não se contenta em “completar” uma tarefa sem reflexão, não tem compromisso com o fazer por fazer. O trabalho empreendido na resolução de uma tarefa é movido pelo desejo de aprender algo novo ou de aprofundar a compreensão sobre algo que já se sabe (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004; Sinatra, Heddy e Lombardi, 2015).

A investigação do engajamento de estudantes em tarefas escolares tem sido feita, dentre outras maneiras, com base na observação das interações de estudantes entre si, com o professor e, de maneira geral, com as condições objetivas para realização das tarefas; e também com base na análise do discurso (Faria, 2008; Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004; Julio, Vaz e Fagundes, 2011; Milne & Otieno, 2007; Sinatra, Heddy e Lombardi, 2015). Em geral, o uso dessas abordagens observacionais baseia-se em indicadores de engajamento estabelecidos a partir do recurso à literatura de pesquisa.

A análise que fizemos do engajamento dos estudantes como forma de operacionalizar o princípio da interação envolveu a busca de indicadores de engajamento: nas interações verbais e não verbais dos estudantes com os colegas de grupo; com os colegas de turma; com o professor; e com os demais elementos que constituíram as condições objetivas das atividades (e.g. a organização da sala, os desafios propostos, os recursos mediacionais usados, etc). A maioria dos indicadores que usamos originaram-se da revisão de literatura elaborada por Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004) e no artigo de elaboração teórica de Sinatra, Heddy e Lombardi (2015). Uma parte menor, inspirada na definição de engajamento que usamos, emergiram dos nossos dados de pesquisa. Tais indicadores estão sintetizados no quadro 2.

Quadro 2 – Indicadores de engajamento usados na operacionalização do princípio da interação.

Engajamento Comportamental	Engajamento Emocional⁴	Engajamento Cognitivo
Observação e adesão dos estudantes às normas e acordos estabelecidos no grupo e na classe como um todo.	Alegria, bem-estar, felicidade, empolgação, orgulho, prazer e satisfação.	Uso de estratégias de aprendizagem como a elaboração de anotações e sínteses no caderno.
Respeito às opiniões, sugestões e ideias dos colegas.	Ansiedade, frustração, nervosismo, agitação, inconformismo e tédio.	Investimento cognitivo na compreensão dos fenômenos enfocados pelas tarefas.

⁴ Consideramos como indicadores tanto reações emocionais positivas quanto reações emocionais negativas, pois, em teoria, ambas estão relacionadas à dimensão emocional do engajamento em tarefas. Quando, por exemplo, um estudante demonstra frustração ou nervosismo diante de uma tarefa temos um indicador de que ele estabeleceu alguma ligação emocional com a mesma, levando a se comportar desta forma. Porém, cabe destacar que resultados de pesquisa indicam que as reações emocionais positivas em comparação com as reações emocionais negativas têm maior potencial de levar os estudantes a se engajarem ou a se manterem engajados nas múltiplas dimensões – comportamental, emocional e cognitiva (Sinatra et al., 2015).

Engajamento Comportamental	Engajamento Emocional⁴	Engajamento Cognitivo
<p>Envolvimento na resolução das tarefas.</p> <p>Esforço, persistência e concentração na resolução das tarefas.</p> <p>Contribuições individuais para resolução das tarefas.</p> <p>Colaboração para resolução das tarefas.</p>		<p>Investimento cognitivo na compreensão de relações, conceitos e ideias relacionados às tarefas.</p> <p>Esforço para aprofundar ou aperfeiçoar o que já se sabe;</p> <p>Esforço para se apropriar de estratégias de domínio geral;</p> <p>Flexibilidade na resolução de tarefas.</p>

RESULTADOS

Os estudantes do grupo A e os do grupo B tiveram experiências de pensamento científico nas atividades inspiradas pelos tutoriais sobre dinâmica newtoniana. Dizemos isso porque observamos as seguintes estratégias de domínio geral no processo de resolução das tarefas propostas: raciocínio baseado em evidência (RBE), avaliação de linha de raciocínio (ALR), raciocínio hipotético dedutivo (RHD) e raciocínio com definições operacionais (RDO). Tais estratégias foram caracterizadas em trabalho anterior (Faria & Vaz, 2017). Apresentamos as definições resumidas dessas estratégias aqui para facilitar o entendimento da análise que relatamos neste artigo. Sugerimos consultar Faria e Vaz (2017) para que se tenha pleno acesso às definições e aos exemplos dessas estratégias.

O RBE empregado pelos estudantes para solucionar tarefas propostas no tutorial sobre dinâmica newtoniana caracterizou-se por processos nos quais evidências disponíveis foram identificadas e usadas pelos estudantes para embasarem suas afirmações e hipóteses. A ALR foi usada na apreciação qualitativa feita pelos estudantes da linha de raciocínio empregada por eles mesmos na resolução das tarefas propostas. Essa apreciação enfocou a apropriação de conceitos, teorias e leis utilizados nas discussões para determinação das forças que comporiam os diagramas de corpo livre (DCLs) e das características dessas forças. O RDO caracterizou-se pelo recurso dos estudantes à definição operacional de força para solucionar as tarefas que demandaram elaboração, verificação e correção de DCL. Por fim, o RHD mobilizado pelos estudantes envolveu o uso das Leis de Newton para prever como objetos de interesse, cujos diagramas de corpo livre deveriam ser elaborados, se comportariam considerando-se alterações nas condições iniciais a que esses objetos estavam submetidos.

As experiências segundo o princípio da continuidade

As experiências de pensamento científico dos estudantes do grupo A e do grupo B com as tarefas do tutorial envolveram a reelaboração de experiências passadas, seja do ponto de vista de conhecimentos de domínio específico relacionados às Leis de Newton, seja do ponto de vista de estratégias de domínio geral. Identificamos episódios de reelaboração de experiências nas três aulas em que os estudantes lidaram com o tutorial sobre dinâmica newtoniana. Na sequência, apresentaremos a análise de um episódio do grupo A para justificar o que acabamos de dizer. Escolhemos esse episódio como exemplo pois ele representa bem os demais episódios em que houve reelaborações de experiências tanto no grupo A, quanto no grupo B.

A sequência de turnos de fala transcrita no quadro 3 ilustra uma situação em que os estudantes do grupo A reelaboraram o próprio entendimento sobre as Leis de Newton quando usaram uma estratégia de domínio geral para confecção de um dos diagramas de corpo livre (DCLs) solicitados como tarefa.

Nesse episódio, os estudantes mobilizaram a estratégia de raciocínio baseado em evidência (RBE). O RBE pode ser caracterizado pela tomada pelos estudantes do estado de repouso do bloco como uma evidência para embasar o raciocínio que levou à proposição de inserção ou exclusão de forças no DCL elaborado pelo grupo. É o que ocorre, por exemplo, nos turnos 11, 22 e 25.

Entre os turnos 1 e 11, os estudantes trataram da inclusão da força normal no DCL. Em 1, Isaac propôs a inclusão dessa força no DCL. Em 11, motivado por uma pergunta de Maria, Isaac baseou-se no estado de repouso do bloco (evidência) para defender a inclusão da força normal no DCL e para caracterizar essa força. O raciocínio de Isaac baseou-se na evidência em questão e envolveu reelaboração do entendimento que tinha da 1ª ou da 2ª e também da 3ª Lei de Newton.

Quadro 3 – Reelaboração de experiências em episódio de RBE.

Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
<p>Aula 07/2014 – grupo A – episódio 08: os estudantes trabalharam na tarefa de elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). Eles discutiram sobre a representação da força normal e sobre a representação da força de atrito no bloco.</p>			
1	Isaac	Também tem uma pra cima que é do mesmo tamanho dessa aí.	Referiu-se à força normal e à força peso.
2	Ada	Que é a normal.	Isaac balançou a cabeça afirmativamente.
3	Isaac	Isso aqui tem que ser maior.	Apontou para um dos vetores desenhados na folha A3 (não identificamos qual).
4	Maria	Eu só estou desenhando...	
5	Ada	Isso é uma força normal!	
6	Isaac	Oi?	
7	Ada	Força normal. Que nomezinho [inaudível].	
8	Maria	Eu tinha lido algo sobre a normal, mas eu esqueci.	Tenta recorrer a experiências passadas.
9	Isaac	Agora você faz outra força pra cima.	Fez gesto para cima, para a margem da folha A3.
10	Maria	Por quê?	
11	Isaac	É a normal... Força normal que anula a força peso, feita pela superfície. Do mesmo tamanho que a de baixo.	RBE Inferimos que o estudante se apoiou no repouso do bloco (evidência) para justificar a inclusão da força normal.
12	Rosalinda	Só eu que imaginava...	
13	Isaac	Ai você faz uma forcinha para o outro lado.	Referiu-se à força de atrito.
14	Ada	Não, é pro mesmo lado.	Pensaram na força feita por Jô, mas Isaac falava da força de atrito.
15	Maria	Pro mesmo lado.	
16	Isaac	O atrito.	
17	Ada	Ah é.	Antes dessa fala, leu as instruções escritas do tutorial.
18	Maria	Mas é a gravidade...	
19	Rosalinda	Mas o bloco está se mexendo?	Chamou atenção para o dado do repouso.
20	Isaac	O atrito é pra lá.	Falou para Maria que desenhava o DCL na folha A3, indicando o sentido para esquerda com um gesto.
21	Ada	Ô Isaac, o bloco não está se mexendo.	Reapresentou o dado do repouso.
22	Maria	O bloco não está se mexendo então não há atrito.	RBE Utilizou RBE, mas cometeu equívoco do ponto de vista conceitual.
23	Isaac	Ah, o bloco não se mexe.	
24	Ada	Mas o Jô e o Lu estão empurrando para o mesmo lado.	Destacou nova evidência.
25	Isaac	O atrito é do mesmo tamanho que essa força pra cá, ó.	RBE Indicou a força para a direita desenhada na folha A3 que representava a soma das forças de Jô e da corda sobre o bloco. Pareceu considerar o dado do repouso do bloco e a 1ª ou a 2ª Lei de Newton para fazer essa proposição.
26	Ada	E essa força é a força do Jô e do Lu combinadas.	
27	Isaac	É.	

Entre os turnos 13 e 27, os estudantes discutiram a inclusão da força de atrito no DCL. Do ponto de vista conceitual, essa discussão mostrou-se mais difícil, levando os estudantes a cometerem equívocos que foram superados graças à colaboração de todos para a resolução da tarefa. Em 21, Ada destacou a evidência do estado de repouso do bloco. Com base nessa evidência, Maria afirmou erroneamente que não havia atrito sobre o bloco (turno 22). Pareceu-nos que Maria orientou-se pelas clássicas concepções espontâneas sobre

força e movimento (Gunstone & Watts, 1985). Ada pareceu ter notado inconsistência nesse raciocínio, pois em 24 sugeriu para consideração o dado de que Jô e Lu empurravam o bloco para o mesmo lado. Na sequência, Isaac baseou-se nessa evidência e naquela explicitada no turno 21 para propor que o vetor usado para representação da força de atrito deveria ser igual em módulo e direção e oposto em sentido ao vetor usado para representação da soma das forças de Jô e de Lu.

A partir dessa sequência de turnos de fala, inferimos que os estudantes se pautaram pela 1ª ou pela 2ª e também pela 3ª Lei de Newton, seja para propor a inclusão de forças no DCL, seja para descrever essas forças. Por exemplo, no turno 11, Isaac propôs que o módulo da força peso e o módulo da força normal deveriam ser iguais. Essa afirmação está apoiada na evidência de repouso do bloco e na consideração de que a força resultante é nula sobre objetos em repouso. Situação semelhante foi verificada no episódio 25. Também no episódio 11, Isaac fez uma descrição completa da força normal com a indicação do tipo de força (normal), do agente (superfície) e do paciente (bloco). Inferimos que Isaac levou em consideração a 3ª Lei de Newton para elaborar essa descrição completa, em especial para identificar o agente da força.

A partir da análise desse e de outros episódios que envolveram a reelaboração de experiências, identificamos a inter-relação entre ação e reflexão pelos estudantes no desempenho das tarefas sobre dinâmica. Por exemplo, os estudantes tiveram o expediente de representar as forças nos DCLs. Fizeram isso com base nas discussões e nas reflexões empreendidas no grupo. Ainda que eles tenham cometido erros conceituais, julgamos que isso conferiu potencial generativo às experiências presentes, ou seja, elas adquiriram o potencial de serem novamente reelaboradas em situações futuras, alargando o campo das experiências dos estudantes. Com base nisso, afirmamos que as experiências dos estudantes possuem características destacadas pelo princípio da continuidade.

As experiências segundo o princípio da interação

Se por um lado as experiências de pensamento científico dos estudantes do grupo A e do grupo B foram igualmente caracterizadas pela reelaboração de experiências anteriores, por outro identificamos que os estudantes de cada grupo interagiram de maneiras distintas com as condições objetivas da atividade sobre dinâmica newtoniana. Essa constatação está baseada nas características do engajamento dos estudantes.

O engajamento dos estudantes do grupo A nas tarefas se deu em suas múltiplas dimensões: comportamental, emocional e cognitiva. Os estudantes deram indícios de que estavam desejosos de concluir as tarefas propostas, tal qual apresentadas pelo tutorial e pelo professor. Contudo, não passaram às tarefas seguintes sem que as discussões presentes tivessem se esgotado. Eles não demonstraram preocupação com a extensão do tempo que dedicariam a discutir soluções para as tarefas. Tomamos isso como sinal de que souberam aproveitar as oportunidades de aprendizagem decorrentes do trabalho com as tarefas e de que valorizaram as oportunidades de desenvolvimento que emergiram desse trabalho.

Essa maneira de se relacionar com as tarefas possibilitou aos estudantes do grupo A ampliar o potencial educativo de suas experiências de pensamento científico, visto que eles tiveram mais oportunidades de reelaborar conceitos e estratégias de domínio geral. Porém, essas experiências se mostraram emocionalmente desgastantes com o passar do tempo, pois os estudantes tiveram de lidar com dificuldades conceituais cuja solução não foi imediata, o que os levou investir muito tempo em discussões em torno dessas dificuldades.

Os estudantes do grupo B também mobilizaram as dimensões comportamental, emocional e cognitiva do engajamento nas tarefas. Contudo, em certos episódios, a dimensão comportamental do engajamento se sobressaiu às demais. Isso porque os estudantes priorizaram a execução de todas as tarefas propostas, ainda que tivessem que interromper ou abreviar discussões em curso para que dispusessem de tempo para isso. Eles manifestaram interesse em concluir as tarefas a qualquer custo, mesmo que à custa da qualidade das discussões empreendidas no processo de resolução.

A forma como os estudantes do grupo B interagiram com as tarefas permitiu que eles pudessem transitar por todas elas, mas desviou-os de excelentes oportunidades de se engajarem ou de se manterem cognitivamente engajados. Se, por um lado, eles tiveram o conforto emocional de perceberem que avançavam na resolução das tarefas propostas, por outro eles perderam a oportunidade de ampliar o potencial educativo das experiências de pensamento científico em curso e de terem novas experiências.

Exemplificaremos o que acabamos de afirmar sobre a qualidade do engajamento dos estudantes nas tarefas com a apresentação da análise de um episódio do grupo A (quadro 4) e da análise de outro episódio do grupo B (quadro 5).

Quadro 4 – Episódio com indícios sobre o engajamento dos estudantes do grupo A.

Aula 09/2014 – grupo A – episódio 14: estudantes trabalharam na tarefa de comparar o DCL do livro pequeno sozinho sobre uma mesa com o DCL do livro pequeno sobre uma mesa na situação em que um livro maior é colocado sobre ele. Deveriam também identificar quais forças mudaram e quais forças permaneceram iguais de uma situação para a outra.



Nº	ESTUD.	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Isaac	Quais as forças mudaram quando o livro de cima foi acrescentado e quais permaneceram?	
2	Ada	Teve uma outra força do livro de cima atuando no de baixo e teve a normal que aumentou. É a minha opinião...	RDO Ada olhou para os colegas.
3	Isaac	Como assim: a normal aumentou?	
4	Ada	Porque tipo... O livro está pressionando a mesa.	RDO Pressionou com as mãos a carteira para baixo.
5	Rosalinda	A força normal aumentou. O peso dele continua o mesmo. Mas a força normal sobre ele aumentou por causa que é a força normal dele mais o livro de cima.	RDO
6	Ada	É porque... O livro está empurrando a mesa com mais força.	RDO Pressionou com as mãos a carteira para baixo.
7	Maria	Ela [inaudível]...	
8	Ada	É! Eu tenho que demonstrar.	Risos.
9	Isaac	Então aumenta a normal aí.	
10	Rosalinda	Não tem como aumentar a normal nesse negócio aqui.	
11	Ada	Por quê?	
12	Rosalinda	Pra ela ficar a soma dessa normal.	
13	Isaac	Ahn?	
14	Rosalinda	Porque não tem espaço.	Ada sorriu como se discordasse. Demonstrou frustração, pois os colegas não conseguiram compreender seus argumentos.
15	Isaac	Porque a normal que vai atuar nesse livro ali (livro de cima) é a normal desse aqui (livro de baixo).	Apontou para o DCL ao se referir aos livros.
16	Maria	É. A normal tem que ser igual. Só o peso é quem tem que ser diferente... Ah, dá sim! Vão ficar duas pontinhas aqui, mas vai dar para fazer as duas iguaizinhas.	Considerou que a normal sobre o livro pequeno não muda quando um livro maior fosse colocado sobre ele.
17	Ada	Não vai dar não.	
18	Maria	As duas têm que ser iguais?	Normal que atuava sobre o livro pequeno e normal que atuava sobre o livro grande.
19	Isaac	Tem!	
20	Maria	Dá para fazer igualzinha. Quer vê, ó?	Mediu vetores com a régua.
21	Isaac	Olha o diagrama do outro grupo lá, ó. Se bem que está tudo errado também!	Olhou para o DCL do grupo B. Dirigiu sua fala para Rosalinda.
22	Rosalinda	Todos nós erramos. De um jeito diferente, mas erramos.	Isaac sorriu.
23	Isaac	O professor não explica. O professor não explica!	Aproximou-se do gravador para falar.
24	Rosalinda	Tá revoltado, hein?	
25	Isaac	Não. Estou brincado. Estou brincando! Queimou meu filme, hein? A Rosalinda! A Rosalinda está queimando meu filme!	Aproximou-se do gravador para falar. Parece ter se sentido envergonhado.
26	Ada	Todo mundo está nervoso. Calma! A gente está quase enforcando [inaudível]. A Rosalinda principalmente está praticando isso muito [inaudível].	
27	Rosalinda	Estou mesmo!	

Nesse episódio, os estudantes mobilizaram a estratégia de domínio geral RDO. Nos turnos 2, 4, 5 e 6, Ada e Rosalinda parecem recorrer à definição de força normal para sustentar a proposição de que a força que a mesa faz sobre o livro pequeno torna-se mais intensa quando um livro grande é posto sobre ele. Em 4 e 6, Ada empurra a carteira para baixo para enfatizar que há um aumento da força feita sobre a mesa pelo

livro. Isso nos leva a inferir que Ada se valeu da ideia de que a força normal é uma reação a uma força feita sobre uma superfície. Em 5, Rosalinda parece concordar com a ideia de Ada e a também se orientar pela definição de força normal. Dizemos isso pois ela complementa a fala da colega com a apresentação de raciocínio matemático que vai ao encontro do argumento a favor da intensificação da força normal que a mesa faz sobre o livro pequeno.

Ada compreendeu a situação física que deveria ser representada no DCL. Ela conseguiu identificar o que mudaria no DCL do livro pequeno quando um livro maior fosse colocado sobre ele. Os demais colegas tiveram dificuldade a esse respeito. Essa dificuldade surgiu na aula anterior. Apesar da recorrência dessa discussão ter se mostrado emocionalmente desgastante, eles vinham trabalhando com afinco na resolução das tarefas. Contudo, como se vê no turno de fala 14 e nos turnos 22 a 27, os alunos deram indícios de frustração, ansiedade e nervosismo. Isso revela envolvimento emocional e comportamental com a atividade que, num dado momento, externou-se na forma destacada.

É interessante notar que, do mesmo modo que os colegas, Isaac empenhou-se em desenvolver bem as tarefas, em discutir os fenômenos físicos e as ideias relacionadas às tarefas e em usar com responsabilidade a autonomia concedida e estimulada pelo professor. Porém, no turno 23 ele pareceu se sentir desconfortável diante do impasse em que se encontravam e da falta da “resposta certa” dada pelo professor. Essa reação mostrou tanto o envolvimento emocional de Isaac com as tarefas quanto o efeito da atividade conduzida pelo professor sobre ele: o tipo de situação desafiadora e a maneira como ela foi proposta e conduzida pelo professor levou Isaac a experimentar um desconforto que se revelou produtivo no desenrolar das aulas. Produtivo, pois o estudante e seu grupo persistiram nas discussões a fim de encontrarem uma solução comum para as tarefas. E buscaram ampliar a compreensão sobre o fenômeno objeto de estudo, o que se configurou como uma oportunidade de desenvolvimento.

A reação emocional de Isaac no turno de fala 23 pode ser interpretada do ponto de vista da psicologia e da pedagogia de senso comum que predomina entre leigos, mas que também influencia as ações de professores e outros profissionais do campo da educação. Essa psicologia e essa pedagogia “populares” têm a ver com a compreensão que se tem do que é aprender e do que é ensinar. Vinculam-se a elas as concepções de ensino-aprendizagem que concebem a mente como um recipiente no qual se depositam bocados de conhecimentos (Bereiter & Scardamalia, 1996; Olson & Bruner, 1996). Freire (1996), por exemplo, usa a expressão “educação bancária” para se referir a esse tipo de concepção.

Embora a cultura escolar da qual Isaac fazia parte tenha iniciativas inovadoras que rompem com uma concepção de mente como recipiente, há que se considerar que essas iniciativas não são hegemônicas na escola. A trajetória escolar de Isaac teve, certamente, influência sobre expectativa que o professor agisse como provedor de conteúdo. Naquele momento, aprender significava encher a mente de saber.

O tipo de intervenção do professor que levou ao desabafo de Isaac favoreceu também a dimensão cognitiva do engajamento, pois, apesar das reações contrárias, estimulou a autonomia dos estudantes, que passaram a tomar decisões compartilhadas no grupo e a construir a “melhor resposta possível”, tendo em vista os recursos e informações disponíveis. Esses estudantes se esforçaram cognitivamente para compreender os fenômenos, conceitos, definições, leis e relações em jogo no processo de resolução das tarefas. Também deram indícios do compromisso com o próprio desenvolvimento conceitual e com o desenvolvimento conceitual dos colegas. Eles não se limitaram ao que foi solicitado nas tarefas, mas buscaram analisar em detalhes os fenômenos enfocados em cada questão. O resultado disso foi que, ao final das três aulas em que a atividade foi desenvolvida, todos do grupo tinham registrado no caderno de Física os DCLs conceitualmente corretos com as características recorrentemente destacadas por Ada no quadro 4. Veja, por exemplo, os registros do próprio Isaac:

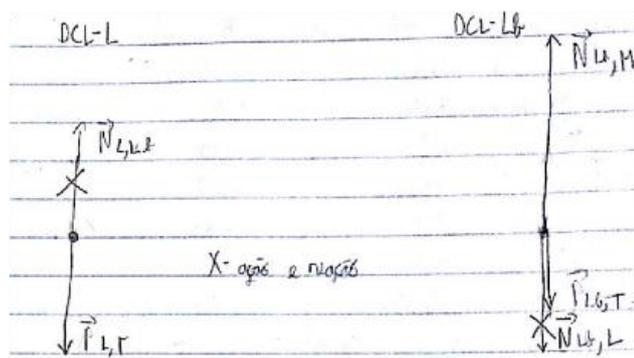


Figura 2 – DCLs referentes ao tutorial 01, parte II, item B (por de Isaac).
P: Peso; N: Normal; L: Livro de cima; Lb: Livro de baixo; M: Mesa; T: Terra.
Fonte: dados da pesquisa.

Julgamos que o engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos estudantes do grupo A com as tarefas propostas pode ser tomado como um indício de convergência entre as condições nas quais essas tarefas foram trabalhadas e as motivações, interesses e valores dos estudantes. Por um lado, os estudantes estavam diante de tarefas desafiadoras, difíceis de serem solucionadas individualmente. Por outro lado, esses estudantes aceitaram os desafios impostos por essas tarefas, valorizaram as oportunidades de desenvolvimento decorrentes do enfrentamento das dificuldades e, desde o início, mostraram-se motivados a participarem das atividades de Física. Assim, podemos dizer que as experiências de pensamento científico desses estudantes atenderam ao princípio da interação, tendo havido uma inter-relação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para o desenvolvimento das tarefas propostas.

Agora, apresentaremos no quadro 5 um exemplo do tipo de engajamento dos estudantes do grupo B nas tarefas do tutorial sobre dinâmica newtoniana. Como dissemos anteriormente, o engajamento comportamental dos estudantes se orientou fortemente pelo compromisso assumido de concluírem as tarefas do tutorial sobre dinâmica no tempo delimitado pelo professor. Isso impactou a dimensão cognitiva do engajamento dos estudantes nas tarefas propostas. Eles engajaram-se cognitivamente nas tarefas, mas, em diferentes momentos, deixaram de lado discussões ricas, com potencial de mantê-los cognitivamente engajados e até mesmo de ampliar esse engajamento. Muito provavelmente, isso ocorreu porque, para os estudantes, investir tempo nessas discussões os impediria de abordar todas as tarefas propostas e de apresentar o que pareceu ter sido tomado por eles como produto a ser entregue: os DCLs elaborados em folhas A3.

Nesse episódio, os estudantes do grupo B empregaram o RBE na tarefa de elaboração do DCL do bloco. Lise no turno 5 e César no turno 8 usaram a informação apresentada na tarefa de que o bloco se encontrava em repouso como uma evidência a partir da qual estruturaram suas argumentações para apresentarem propostas de resolução da tarefa. Lise cometeu um erro conceitual e propôs erroneamente que não se devia representar força de atrito no DCL. César, acertadamente, articulou a evidência do repouso do bloco à sua compreensão sobre as Leis de Newton para sugerir a inclusão da força de atrito no DCL.

Entre o 1º e o 12º turno de fala desse episódio, há indícios do investimento cognitivo dos estudantes: eles se organizaram colaborativamente para discutir sobre a força de atrito; ouviram-se uns aos outros com respeito; apresentaram seu raciocínio, buscando embasá-lo seja nas evidências disponíveis, seja na 1ª Lei de Newton. Contudo, no 13º turno de fala, Max interrompeu a discussão em curso motivado pelo compromisso com a conclusão da tarefa. Além de interromper a discussão, a intervenção de Max minou o investimento cognitivo do grupo na elaboração do DCL, o que empobreceu a experiência de pensamento científico do grupo B.

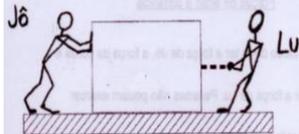
A discussão sobre a presença da força de atrito e as características dessa força era fundamental para o desenvolvimento da tarefa em curso, bem como das tarefas seguintes. Além disso, tratava-se de uma discussão com alto potencial de favorecer a reelaboração de experiências pelos estudantes. A intervenção de Max no turno 13 impediu a sustentação dessa experiência de pensamento científico por mais tempo, comprometendo não só a qualidade da mesma como a qualidade das experiências seguintes.

Ações como essa de Max no turno 13 ocorreram em outros episódios da atividade, tendo o mesmo tipo de impacto no grupo. Interpretamos tal ação como decorrente da situação de Max no curso: ele era repetente. Já conhecia as atividades desenvolvidas nas aulas de Física. Porém, não tinha domínio conceitual sobre os assuntos tratados. No ano anterior, foi reprovado em Física com baixo rendimento decorrente de sua baixa frequência. O mesmo ocorreu em outras disciplinas. Entendemos que, no ano anterior, Max desistiu do curso em andamento. A relação emocional de Max com a Física e com a escola, de maneira geral, pareceu ter influenciado sua participação nas aulas de Física em que coletamos os dados. Avaliamos que ele priorizou a conclusão das tarefas, pois isso o deixaria bem em Física. A resolução das tarefas era como um produto a ser entregue ou mostrado ao professor. Por ser respeitado pelos colegas de grupo, conseguiu influenciar o processo de resolução das tarefas da forma como se vê nesse episódio 12. Dizemos isso pois esse valor trazido por Max parece ter sido assumido pelo grupo.

A figura 3 mostra o DCL produzido pelo grupo B. Nele há uma falha grave. As forças representadas nesse DCL não estão de acordo com o estado de repouso do bloco. A soma das forças é diferente de zero, com vetor resultante para a direita. Há indícios de que César tenha percebido essa inconsistência já no episódio 12. Veja que, no 8º turno de fala desse episódio, ele considerou a inclusão da força de atrito no DCL e também a magnitude relativa das forças horizontais para que essa representação fosse coerente com a 1ª

Lei de Newton. A fala de Ricardo no 11º turno influenciou César, pois, no turno seguinte, ele titubeou ao considerar a magnitude relativa das forças de atrito, de Jô e da corda sobre o bloco. Pareceu-nos que ele teria condições de perceber essa inconsistência ao pensar no “porquê” da afirmação de Ricardo. Contudo, o estudante foi interrompido por Max. Cabe destacar que no DCL da figura 3 há também outra falha de representação: os estudantes não usaram a notação vetorial para identificar as forças (seta em cima da letra que representa a força). Contudo, pareceu-nos que isso não teve repercussão imediata nas experiências dos estudantes do grupo B na aula 07/2014.

Quadro 5 – Episódio com indícios sobre o engajamento dos estudantes do grupo B.

Aula 07/2014 – grupo B – episódio 12: os estudantes trabalharam na tarefa de elaborar o DCL de um bloco empurrado para a direita por uma pessoa e puxado no mesmo sentido por outra pessoa (por meio de uma corda). O trecho transcrito focaliza a discussão sobre a representação da força de atrito no bloco.			
Nº	ESTUDANTE	TURNOS DE FALA	COMENTÁRIOS
1	Ricardo	Vai por força de atrito também?	
2	César	Nossa! Você colocou ponto móvel aqui.	
3	Max	O atrito não entra não.	
4	César	Entra!	
5	Lise	Mas o bloco não se mexe, então não vai ter.	RBE Tomou a informação sobre o estado de repouso do bloco como evidência. Elaborou raciocínio com base nessa evidência, apesar do erro conceitual cometido.
6	César	Fala que não se mexe?	
7	Lise	“Entretanto, o bloco não se mexe”.	Leu instruções do tutorial para César.
8	César	É verdade, cara. O bloco não se mexe. Eles tentam mover o bloco [...] Se a gente fosse colocar a força de atrito... Ela teria que ter a mesma força resultante do que a soma do Jô e do Lu puxando.	Alunos se entreolharam e olharam para os próprios cadernos. RBE César estruturou seu raciocínio a partir da evidência destacada por Lise e da articulação com a 1ª Lei de Newton.
9	Lise	Por que ele não conseguiu...	
10	Max	O atrito... O atrito é a força que o bloco exerce sobre a Terra.	Simultaneamente à fala de Max, Lise disse algo a César. Provavelmente, Max queria dizer que o atrito é a força que o piso exerce sobre o bloco.
11	Ricardo	Então, nesse caso, a força de atrito é maior que o vetor resultante. Você sabe, né?	
12	César	É. Ele é maior. Não igual. Porque...	Não conseguiu concluir seu raciocínio, pois foi interrompido por Max.
13	Max	A gente só tem que desenhar os vetores. Não vamos nos preocupar com magnitude não.	Encerrou a discussão com essa fala. Estudantes passaram à tarefa seguinte.
14	Lise	Então tá.	

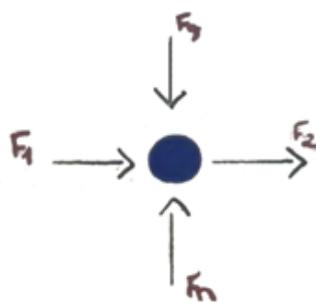


Figura 3 – DCL produzido em folha A3 pelo grupo B na aula 07/2014

F_g: Força gravitacional exercida pela Terra sobre o bloco; F₁: Força exercida por Jô sobre o bloco; F₂: Força exercida pela corda sobre o bloco; F_n: Força normal exercida pela superfície sobre o bloco.

Fonte: dados da pesquisa.

Do ponto de vista emocional, o grupo mostrou serenidade ao abordar as tarefas propostas. Os estudantes trabalharam para a resolução dessas tarefas sem grandes sobressaltos. Por consequência, não houve conflitos ou momentos de tensão na relação entre os membros do grupo. Se essa serenidade a primeira vista sugere falta de engajamento, nós o identificamos mediante a seguinte análise: os estudantes se envolveram emocionalmente com as tarefas quando tomamos para análise os episódios em que eles vivenciaram situações em que tiveram que solucionar discrepâncias entre suas próprias ideias e as ideias associadas aos conceitos e leis da Física. Em episódios com essas características, vimos, por exemplo, César explicitar dúvida sobre as características do DCL elaborado pelo grupo e expressar-se com irritação e inquietação frente ao desafio cognitivo experimentado.

Com base nessa análise, consideramos que as experiências de pensamento científico dos estudantes do grupo B também foram marcadas pela convergência entre as condições objetivas para o desenvolvimento das tarefas e as condições internas de cada estudante. Essa inferência baseia-se no engajamento que os estudantes demonstraram nas tarefas do tutorial sobre dinâmica. Esse engajamento foi marcado por particularidades, em especial por momentos em que a dimensão comportamental parece ter se sobressaído às dimensões emocional e cognitiva. Apesar disso, houve momentos nos quais os estudantes se esforçaram para solucionar as tarefas e buscaram investir na compreensão das ideias e dos conceitos a elas relacionados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso objetivo foi caracterizar experiências de pensamento científico decorrentes da participação de grupos de estudantes na resolução de tarefas sobre dinâmica newtoniana propostas em atividades inspiradas por resultados de pesquisas em Ensino. Afinal de contas, as experiências de pensamento científico nessas aulas foram ou não foram educativas? Quais as características dessas experiências? Como essas experiências se constituíram? O adjetivo “educativas” para experiência remete ao conceito de John Dewey (1966;1997).

A crítica de Sharon Bailin (2002) às pesquisas em Ensino de Ciências que lidam com estratégias de domínio geral influenciou na definição desse objetivo. Para essa autora, a caracterização de tais estratégias é feita a partir da descrição de comportamentos ou formas de estudantes agirem em certas tarefas. Para ela, o problema é que a adoção de alguns procedimentos ou conjunto de ações não é garantia de que o indivíduo esteja pensando cientificamente, uma vez que essa ação pode ser desleixada, superficial ou irrefletida. Já sabíamos que os estudantes mobilizavam estratégias de domínio geral para solucionarem o conjunto de tarefas das aulas que delimitamos para análise (Faria & Vaz, 2017). Contudo, não sabíamos muito sobre a qualidade dessa mobilização. Então, fez-se necessária a análise das experiências de pensamento científico dos estudantes.

Nossos resultados mostram que os estudantes do grupo A e do grupo B passaram por experiências educativas, mas que elas foram qualitativamente distintas. Afirmamos que as experiências foram educativas, pois atenderam aos princípios da continuidade e da interação. Dizemos que as experiências dos grupos foram distintas, pois as maneiras como os estudantes interagiram em cada grupo com as condições materiais e imateriais do contexto de desenvolvimento das tarefas foram diferentes.

Do ponto de vista do princípio da continuidade, vimos, nos dois grupos, que as experiências de pensamento científico envolveram a reelaboração de experiências prévias. Essa reelaboração caracterizou-se pelo esforço dos estudantes em utilizar tanto conceitos, quanto estratégias de domínio geral, com as quais eles tinham tido contato em outras ocasiões. Esse esforço conferiu às experiências de pensamento científico o potencial de serem novamente reelaboradas em situações futuras. Nos termos deweyanos, configurou-se uma continuidade de experiências, com o estabelecimento de um fluxo experiencial: as experiências do presente tomaram algo das experiências passadas e adquiriram o potencial de influenciar as experiências futuras (Dewey, 1966, 1997).

O princípio da interação também se aplica às experiências dos dois grupos. Afirmamos isso com base na análise da maneira como os estudantes se engajaram nas tarefas do tutorial. Eles se envolveram emocional e cognitivamente; não só comportamentalmente. Eles também demonstraram ter as características

de “grupos bem-sucedidos” na resolução de problemas de caráter investigativo encontradas por Barron (2003), pois acolheram propostas uns dos outros, discutiram-nas e tomaram decisões conjuntas. Tudo isso nos serviu de evidência da ocorrência de interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas das tarefas. As condições internas referem-se àquilo que é próprio dos estudantes, como os interesses, os desejos, os valores e as necessidades. As condições objetivas dizem respeito aos aspectos materiais e imateriais disponíveis para o desenvolvimento das tarefas.

Apesar do envolvimento dos estudantes, vimos que, por um lado, os estudantes do grupo A priorizaram a própria aprendizagem e a aprendizagem dos colegas de grupo. Eles cuidaram de levar a cabo todas as discussões antes de irem para as próximas tarefas. Conseguiram lidar com o desgaste emocional de se perceberem “estacionados” em discussões relacionadas a tarefas específicas, mantendo-se comportamental e cognitivamente engajados. Por outro lado, os estudantes do grupo B, em diferentes oportunidades, priorizaram a busca pela conclusão das tarefas no tempo disponibilizado pelo professor em detrimento das oportunidades de aprendizagem constituídas no grupo. O engajamento dos estudantes ora se pautou pelo compromisso com a própria aprendizagem, ora se pautou pelo compromisso em concluir as tarefas a qualquer custo. Isso porque o grupo abandonou discussões sobre tarefas em curso para que pudessem avançar às próximas tarefas. Ora o abandono do trabalho foi total, ora ele levou algum membro do grupo a buscar individualmente solução para as tarefas ou levou o grupo a esperar que o professor viesse auxiliá-los.

Com base na observação dessa característica do grupo B, inferimos o predomínio da dimensão comportamental sobre a dimensão cognitiva do engajamento. A implicação disso para as experiências de pensamento científico do grupo B foi que esses estudantes perderam a oportunidade de ampliar o potencial educativo de experiências em curso ou deixaram de fazer novas reelaborações de experiências. Isso empobreceu o conjunto das experiências de pensamento científico desse grupo, pois, como destacam Lai (2011) e Bailin (2002), para a mobilização e o desenvolvimento do pensamento científico não basta emoção e comportamento, é preciso também um investimento cognitivo.

Esta conclusão é coerente com resultados anteriores. Em Julio, Vaz e Fagundes (2011), estudantes muito engajados no nível da atividade pareciam não estar engajados no nível das “tarefas de aprendizagem”, que correspondem às tarefas propostas pelo professor. Em outras palavras, o alto engajamento na atividade não garante que o grupo de estudantes se oriente pelas tarefas propostas. No caso do grupo B, os estudantes estavam muito engajados no nível da atividade e no nível das tarefas propostas. Mas houve momentos em que o engajamento no nível da atividade, marcado pelo interesse em solucionar as tarefas da melhor maneira possível e no tempo da aula, levou os estudantes a descontinuidades no engajamento no nível das tarefas. Essa descontinuidade caracterizou-se quando os estudantes deixaram de se engajar em uma tarefa e passaram à tarefa seguinte.

A diferença de engajamento dos grupos reforça a ideia de que as experiências possuem caráter indeterminado, pois se constituem na interação entre pessoas e entre elas e objetos – sejam esses de natureza material ou imaterial (Dewey, 1966, 1997; Roth & Jornet, 2014). Estudantes podem variar seu estado de ânimo, dia a dia, como qualquer pessoa; grupos também. Mesmo que desprezemos o efeito dessas alterações, havemos de convir que grupos de estudantes são tão diferentes ou mais que os indivíduos. Por isso, as experiências dos estudantes nos grupos são as mais variadas possíveis, pois as maneiras como interagem com as condições dadas para o desenvolvimento das tarefas também são diversas (Cf. Banner & Ryder, 2014).

Entre as possíveis implicações dos nossos resultados para o campo da pesquisa, está a apropriação que fizemos da Teoria da Experiência de John Dewey para o estudo da aprendizagem como um processo de desenvolvimento. No nosso caso, o recurso ao conceito de experiência educativa ajudou a abordar o processo de desenvolvimento do pensamento científico de estudantes da Educação Básica. Esse conceito de experiência educativa tem o potencial de contribuir para a superação de uma das fragilidades das pesquisas sobre o pensamento científico destacadas por Bailin (2002): caracterizar a ocorrência de pensamento científico em termos de processos ou habilidades, desconsiderando-se a qualidade da mobilização desses processos ou habilidades. A avaliação do potencial educativo das experiências de pensamento científico é uma das maneiras de lidar com essa questão da qualidade das experiências de pensamento científico.

A apropriação que fizemos do conceito de experiência foi orientada para a investigação da mobilização e da aprendizagem de estratégias de domínio geral por estudantes. No entanto, ela pode ser estendida também para a abordagem de aprendizagem de conceitos científicos, de outras estratégias e de habilidades. Há na literatura outras apropriações do conceito deweyano de experiência além da que fizemos, o que reforça a percepção sobre o potencial desse conceito ainda pouco explorado por nossa área de

pesquisa: Na e Song (2013), para interpretar os discursos científicos de estudantes da educação primária; Howes (2008), para analisar as experiências de estudantes e professores da educação infantil com a observação de pequenos animais como formigas, borboletas e caramujos; Pugh (2004) e Pugh et al. (2009) estudam a influência de experiências escolares sobre experiências cotidianas de estudantes da educação básica. Outra possível implicação para o campo das pesquisas está na vinculação que fizemos do princípio da interação com o conceito de engajamento (Fredricks, Blumenfeld e Paris, 2004). Essa vinculação é uma construção teórico-metodológica sobre a qual não se tem notícia em outros trabalhos. Ela se mostrou muito útil aos propósitos da nossa pesquisa e pode contribuir com outros pesquisadores interessados em investigar experiências de uma maneira geral. Ela é uma forma de operacionalizar a análise da interação entre as condições internas dos estudantes e as condições objetivas para o desenvolvimento de tarefas.

Nossos resultados também podem ter implicações para a prática de sala de aula. Contudo, eles não trazem consigo uma receita, nem tampouco seria do nosso feito dar prescrições, por exemplo, sobre como conseguir que experiências de pensamento científico sejam experiências educativas. Cada circunstância de ensino é única. A principal contribuição deste trabalho para o Ensino está em informar professores interessados e lhes permitir que reelaborem sua prática com base em nossos resultados, de modo a favorecer a ocorrência de outros casos bem-sucedidos, como esses que investigamos (Cf. Schwab, 1959). Um exemplo é o fato do professor da turma não ter sido capaz de garantir condições iguais para todos os grupos e mesmo assim eles terem tido experiências educativas. Saber que o trabalho de cada grupo sempre será único pode aliviar a ansiedade de alguém que comece a organizar a turma em grupos. Por outro lado, constatar o efeito da flexibilidade do professor em ajustar o que diz e o que faz, de maneira a conseguir proporcionar desconforto produtivo na medida adequada aos estudantes nos diferentes grupos, pode encorajar as pessoas a arriscar sair de roteiro rígidos, sem resvalar para o tudo vale.

De maneira secundária, mas não menos importante, as conclusões de nosso trabalho de pesquisa podem ser relevantes para professores e pesquisadores que se interessam pelas atividades com os Tutoriais de Física Introdutória. Isso porque desconhecemos sejam pesquisas sobre os tutoriais, sejam pesquisas em que os tutoriais constituem o contexto de investigação, que privilegiam o estudo da mobilização e do desenvolvimento de estratégias de domínio geral pelos estudantes. E esse é um dos objetivos que McDermott e Shaffer (2002) tiveram ao elaborar esse material instrucional.

ACRÉSCIMO SOBRE O CONTEXTO EDUCACIONAL

Conduzimos essa investigação em um contexto educacional peculiar. Ao acrescentarmos informações sobre ele, a leitora ou leitor vai poder julgar melhor a pertinência e a relevância de todo trabalho. O conteúdo desta seção não vem da análise dos dados que colhemos, mas de nossa participação no contexto escolar onde a pesquisa foi conduzida. Somos pesquisadores, membros de uma equipe de professores de Física e coautores de inúmeras práticas e de algumas inovações no ensino. Essa circunstância pode suscitar críticas ao trabalho, daí expô-la publicamente.

O uso dos Tutoriais de Física Introdutória (McDermott & Shaffer, 1998) na 2ª série começou em 2010 e se consolidou em 2013, apesar de a autora deste material ter nos visitado em 2000. A equipe de física do Colégio Técnico da UFMG (COLTEC) convidou a Prof^a. Lilian McDermott para uma visita pois sabia que ela, o Prof. Arnold Arons (1996) e o grupo da Universidade de Washington produziam materiais e criavam estratégias de ensino que incorporavam resultados de pesquisa. A equipe do COLTEC trabalhava com a mesma filosofia desde a década de 1990. O professor voluntário em cujas aulas coletamos os dados estava entre aqueles que trabalharam para mudar a ênfase do currículo de Física para promover o desenvolvimento do pensar e do pensamento científico. Ele também ajudou a criar o Grupo de Pesquisa Inovar. Foi em 1999 que tal currículo começou a ser implantado e o grupo Inovar foi criado. Em 2009, o currículo mudou, mas sua ênfase se manteve a mesma na 2ª série. Entre 2011 e 2012, o mesmo professor acompanhou a implantação de uma reforma curricular que também enfatiza o desenvolvimento das estratégias gerais de pensamento em outra instituição também influenciada pelo trabalho do Grupo de Ensino de Física da Universidade de Washington.

A filosofia de trabalho, a constituição da equipe de professores e o vínculo estável de alguns de seus membros com a escola permitiram que ao longo dos anos criássemos nossos próprios materiais e estratégias baseados em pesquisa e reelaborássemos outros, produzidos em contextos bem diferentes do nosso. A reelaboração de um material ou estratégia é mais do que sua adaptação. Os Tutoriais da Universidade de Washington ilustram isso. Nós, inicialmente, os ignoramos por eles terem sido escritos para outro nível de ensino e outra realidade educacional. Só percebemos que poderíamos reelaborá-los – sem mudar a base de

conhecimento sobre o qual eles haviam sido elaborados – após doze anos de esforços de produção do próprio material. Nossa percepção pode ter sido ampliada durante metade desse tempo, por também termos gravado e analisado discussões de grupos de três ou quatro estudantes durante aulas regulares com materiais e estratégias orientadas por pesquisa. Como nem todos os professores da equipe fizeram o mesmo percurso, ao tomar contato com os Tutoriais, seu primeiro impulso era mudar seu texto. Por nós nos opormos a isso, seu segundo impulso era adotar uma estratégia de aula incompatível com a filosofia e os ingredientes do texto. Materiais e estratégias que incorporam resultados de pesquisa contêm ingredientes imprescindíveis ao seu efeito na aprendizagem dos estudantes. Eles são como princípios ativos de um medicamento. Como, no entanto, esses ingredientes são muito sutis, a iniciativa de adaptação tende a excluí-los da receita. Desse modo, material ou estratégia perdem a especificidade e passam a ser iguais a quaisquer outros.

A cultura da equipe de física de ter encontros semanais de coordenação de série nos permitiu tomar consciência da tendência individual de se ignorar sutilezas que a pesquisa introduz na prática de ensino. Melhor. A troca regular da experiência em aula permitiu a reelaboração permanente das estratégias de uso do material. Claro que os Tutoriais têm limites. Claro que o contexto de uma escola é sempre mutável. Claro que é muito inspirador ver o esforço dos estudantes em utilizar tanto conceitos, quanto estratégias de domínio geral. Mas, nada disso é simples, nem fácil de lidar. Por exemplo, no início os desafios que o material se propõe a colocar representam dificuldades para os estudantes e eles reagem com protestos. Além disso, a autoconfiança para mudar os planos durante a condução de uma aula em que dez grupos discutem ao mesmo tempo não resulta necessariamente de anos de experiência com isso, de bagagem de leitura em pesquisa ou de um esforço pessoal, mas do tipo de reflexão que a coordenação de série nos proporciona. Para encerrar, damos a seguir um exemplo disso. É uma reflexão sobre a experiência dos estudantes. Essa reflexão não decorre de uma investigação como a que conduzimos, mas de reuniões da equipe de professores realizadas na época em que este trabalho foi escrito.

Ao se vir provocado pelos autores do tutorial ou pelo professor e argumentar consigo mesmo, com seus colegas ou com o próprio professor, os estudantes tomam consciência de ideias que operam no seu subconsciente. Ao constatarem a presença dessas ideias, eles não têm como fugir do incômodo de raciocinar em desacordo com algum fato observável, ou com algum argumento objetivo apresentado por seus interlocutores. Esse tipo de tomada de consciência é fundamental para que ocorra efetiva aprendizagem. Pode ser difícil que essa consciência ocorra em circunstâncias diferentes das que envolvem atividades orientadas pela pesquisa. E é aí que outro fenômeno ocorre: os estudantes sentem a confiança depositada neles. Eles sentem isso, seja pelo professor se inspirar na maiêutica socrática e devolver as perguntas ao grupo, seja por eles acumularem experiência a cada nova tarefa do tutorial que completam. Muitos estudantes que resistem à pedagogia ativa por trás da estratégia do professor e do texto dos tutoriais, depois do fim do curso vêm dizer que sentem saudades da confiança que tínhamos na sua capacidade de superar desafios.

Agradecimentos

Agradecemos aos estudantes voluntários, seus pais e responsáveis pela disponibilidade e apreço.

REFERÊNCIAS

- AAAS. (1990). *Science for all Americans: Project 2061*. New York: Oxford University Press. Retrieved from <http://www.project2061.org/publications/sfaa/default.htm>
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417–436. DOI: [10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E)
- Al-Ahmadi, F. M. A., & Reid, N. (2011). Scientific thinking. What is it and can it be measured? *Revista de Educación en Ciencias*, 12(5), 53–59.
- Almudi, J. M., & Ceberio, M. (2015). Analysis of arguments constructed by first-year engineering students addressing electromagnetic induction problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13 (supl. 1) 215-236. DOI: [10.1007/s10763-014-9528-y](https://doi.org/10.1007/s10763-014-9528-y)
- Arons, A. B. (1996). *Teaching Introductory Physics*. *Teaching Introductory Physics*. New York: John Wiley & Sons.

- Bailin, S. (2002). Critical Thinking and Science Education. *Science & Education*, 11, 361–375. DOI: [10.1023/A:1016042608621](https://doi.org/10.1023/A:1016042608621)
- Banner, I., & Ryder, J. (2014). The impact of a context-led curriculum on different students' experiences of school science. In C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément (Eds.), *Topics and Trends in Current Science Education - 9th ESERA Conference Selected Contributions* (pp. 369–384). London: Springer.
- Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70. DOI: [10.1017/CBO9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004)
- Barron, B. (2003). When Smart Groups Fail. *Journal of the Learning Sciences*, 12(3), 307–359. DOI: [10.1207/S15327809JLS1203_1](https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1203_1)
- Bellucco, A., & Carvalho, A. M. P. de. (2014). Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(1), 30–59.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 1(1), 32–38.
- Benegas, J., & Flores, J. S. (2014). Effectiveness of Tutorials for Introductory Physics in Argentinean high schools. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(1), 1–10. DOI: [10.1103/PhysRevSTPER.10.010110](https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010110)
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1996). Rethinking Learning. In Olson, D. R. & Torrance, N. (Eds.), *The handbook of education and human development: New models of learning, teaching, and schooling* (pp. 485–513). Cambridge: Blackwell.
- Borges, A. T., & Gomes, A. D. T. (2005). Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 22(1), 72–95.
- Borges, O. (2006). Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor! *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28(2), 135–142.
- Borges, O. N., Borges, A. T., & Vaz, A. M. (2005). Os planos dos estudantes para resolver problemas práticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(3), 435–446.
- Branco, M. L. (2010). O sentido da educação democrática: revisitando o conceito de experiência educativa em John Dewey. *Educação e Pesquisa*, 36(2), 599–610.
- BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (2013). Retrieved from <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>
- Bulgren, J. a., Ellis, J. D., & Marquis, J. G. (2013). The Use and Effectiveness of an Argumentation and Evaluation Intervention in Science Classes. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 82–97. DOI: [10.1007/s10956-013-9452-x](https://doi.org/10.1007/s10956-013-9452-x)
- Choi, A., Hand, B., & Greenbowe, T. (2012). Students' Written Arguments in General Chemistry Laboratory Investigations. *Research in Science Education*, 43(5), 1763–1783. DOI: [10.1007/s11165-012-9330-1](https://doi.org/10.1007/s11165-012-9330-1)
- Cole, M. (1996). *Cultural Psychology - A once and future discipline*. Cambridge: Harvard University Press.
- Cruz, E., O'Shea, B., Schaffenberg, W., Wolf, S., & Kortemeyer, G. (2010). Tutorials in Introductory Physics: The Pain and the Gain. *The Physics Teacher*, 48(7), 453–457. Retrieved from <http://link.aip.org/link/PHTEAH/v48/i7/p453/s1&Agg=doi>
- Dewey, J. (1966). *Democracy and Education* (30th ed.). New York: Free Press.
- Dewey, J. (1997). *Experience and Education*. New York: Touchstone.
- Dewey, J. (2010). *Arte como Experiência* (1ª). São Paulo: Martins Fontes.
- Ding, L., Wei, X., & Mollohan, K. (2014). Does Higher Education Improve Student Scientific Reasoning Skills? *International Journal of Science and Mathematics Education*, (Dec). DOI: [10.1007/s10763-014-9597-y](https://doi.org/10.1007/s10763-014-9597-y)

- Dunbar, K., & Fugelsang, J. (2005). Scientific Thinking and Reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 705–725). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dunbar, K. N., & Klahr, D. (2012). Scientific Thinking and Reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 701–718). New York: Oxford University Press.
- Faria, A. F. (2008). *Engajamento de Estudantes em Atividade de Investigação*. Universidade Federal de Minas Gerais. Retrieved from http://dspace.lcc.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/FAEC-84XHTF/1/dissertacao_faria_a_f.pdf
- Faria, A. F. (2016). *Investigação de experiências de pensamento científico de estudantes em tarefas de física em grupo. Tese de Doutorado*. Universidade Federal de Minas Gerais. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/305173831>
- Faria, A. F., & Vaz, A. M. (2017). Pensamento Científico Empregado Em Tarefas De Física Básica. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 22(1), 162. DOI: [10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p162](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p162)
- Fensham, P. J. (2012). The challenge of generic competences to science education. In C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément (Eds.), *Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship* (pp. 7–14). Lyon: ESERA. Retrieved from http://www.esera.org/media/ebook/strand9/ebook-esera2011_FENSHAM-09.pdf
- Finkelstein, N., & Pollock, S. (2005). Replicating and understanding successful innovations: Implementing tutorials in introductory physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1(1), 1–13. Retrieved from DOI: [10.1103/PhysRevSTPER.1.010101](https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010101)
- Flores, J. S., & Benegas, J. (2008). Aprendizaje de circuitos eléctricos en el nivel polimodal: Resultados de distintas aproximaciones didácticas. *Enseñanza de Las Ciencias*, 26(2), 245–256.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109. Retrieved from DOI: [10.3102/00346543074001059](https://doi.org/10.3102/00346543074001059)
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática docente*. São Paulo: Paz e Terra.
- Frydenberg, E., Ainley, M., & Russell, V. J. (2005). *Student Motivation and Engagement*. Canberra.
- Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A. F. C., & Praia, J. F. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(2), 125–153.
- Glassman, M. (2001). Dewey and Vygotsky: Society, Experience, and Inquiry in Educational Practice. *Educational Researcher*, 30(4), 3–14. Retrieved from DOI: [10.3102/0013189X030004003](https://doi.org/10.3102/0013189X030004003)
- Gunstone, R., & Watts, M. (1985). Force and Motion. In R. Driver, G. Tiberghien, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science* (pp. 85–104). Milton Keynes: Open University Press.
- Havdala, R., & Ashkenazi, G. (2007). Coordination of Theory and Evidence: Effect of epistemological theories on students' laboratory practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1134–1159.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30 (Março), 141–158.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, (12), 25–57.
- Hodson, D. (1986). Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy of Education*, 20(2), 215–225.
- Hodson, D., & Wong, S. L. (2014). From the Horse's Mouth: Why scientists' views are crucial to nature of science understanding. *International Journal of Science Education*, 36(16), 1–27. DOI: [10.1080/09500693.2014.927936](https://doi.org/10.1080/09500693.2014.927936)

- Howes, E. V. (2008). Educative experiences and early childhood science education: A Deweyan perspective on learning to observe. *Teaching and Teacher Education*, 24(3), 536–549. DOI: [10.1016/j.tate.2007.03.006](https://doi.org/10.1016/j.tate.2007.03.006)
- Iordanou, K., & Constantinou, C. P. (2015). Supporting Use of Evidence in Argumentation Through Practice in Argumentation and Reflection in the Context of SOCRATES Learning Environment. *Science Education*, 99(2), 282–311. DOI: [10.1002/sce.21152](https://doi.org/10.1002/sce.21152)
- Julio, J. M., & Vaz, A. M. (2007). Grupos de alunos como grupos de trabalho: um estudo sobre atividades de investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(2).
- Julio, J. M., Vaz, A. M., & Fagundes, A. (2011). Atenção: Alunos engajados - Análise de um grupo de aprendizagem em atividade de investigação. *Ciência & Educação (Bauru)*, 17(1), 63–81. Retrieved from <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/2510/251019455005.pdf>
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769.
- Kant, J. M., Scheiter, K., & Oschatz, K. (2017). How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 1–13. DOI: [10.1016/j.learninstruc.2017.04.005](https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.04.005)
- Kasseboehmer, A. C. método investigativo em aulas teóricas de Q. : estudo das condições da formação do espírito científico, & Ferreira, L. H. (2013). O método investigativo em aulas teóricas de Química: estudo das condições da formação do espírito científico. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 12, 144–168.
- Keller, C. J., Finkelstein, N. D., Perkins, K. K., & Pollock, S. J. (2005). Assessing the effectiveness of a computer simulation in conjunction with Tutorials in Introductory Physics in undergraduate physics recitations. In P. Heron, L. McCullough, & J. Marx (Eds.), *Physics Education Research Conference Proceedings* (pp. 109–112). Salt Lake: AIP.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48. DOI: [10.1207/s15516709cog1201_1](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1201_1)
- Klahr, D., Zimmerman, C., & Jirout, J. (2011). Educational interventions to advance children's scientific thinking. *Science*, 333(6045), 971–975. DOI: [10.1126/science.1204528](https://doi.org/10.1126/science.1204528)
- Kruckeberg, R. (2006). A Deweyan Perspective on Science Education: Constructivism, Experience, and Why We Learn Science. *Science & Education*, 15(1), 1–30. Retrieved from DOI: [10.1007/s11191-004-4812-9](https://doi.org/10.1007/s11191-004-4812-9)
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*. San Diego: Academic Press.
- Kuhn, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental Origins of Scientific Thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113–129. DOI: [10.1207/S15327647JCD0101N_11](https://doi.org/10.1207/S15327647JCD0101N_11)
- Kulatunga, U., Moog, R. S., & Lewis, J. E. (2013). Argumentation and participation patterns in general chemistry peer-led sessions. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1207–1231. DOI: [10.1002/tea.21107](https://doi.org/10.1002/tea.21107)
- Lai, E. R. (2011). Critical Thinking : A Literature Review. *Pearson's Research Reports*, 6.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11–24. DOI: [10.1002/tea.3660150103](https://doi.org/10.1002/tea.3660150103)
- Lawson, A. E. (1982). The nature of advanced reasoning and science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(9), 743–760. DOI: [10.1002/tea.3660190904](https://doi.org/10.1002/tea.3660190904)
- Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, 94(2), 336–364. <https://doi.org/10.1002/sce.20357>
- Lee, H. S., & Park, J. (2013). Deductive reasoning to teach newton ' s law of motion. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11, 1391–1414.

- Lin, S. (2014). Science and non-science undergraduate students' critical thinking and argumentation performance in reading a science news report. *International Journal of Science and Mathematics Education, 12*, 1023–1046.
- Locatelli, R. J., & Carvalho, A. M. P. (2007). Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 7*(3), 1–18.
- Lorenzo, M., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2006). Reducing the gender gap in the physics classroom. *American Journal of Physics, 74*(2), 118–122. Retrieved from <http://link.aip.org/link/AJPIAS/v74/i2/p118/s1&Agg=doi>
- Loverude, M. E., Kautz, C. H., & Heron, P. R. L. (2003). Helping students develop an understanding of Archimedes' principle. I. Research on student understanding. *American Journal of Physics, 71*(11), 1178–1187.
- Maia, P. F., & Justi, R. (2008). Desenvolvimento de habilidades no Ensino de Ciências e o processo de avaliação: Análise da coerência. *Ciência & Educação, 14*(3), 431–450.
- Mansilla, V. B., & Jackson, A. (2011). *Educating for Global Competence: Preparing Our Youth to Engage the World*. New York: Asia Society.
- Marušić, M., & Sliško, J. (2012). Influence of Three Different Methods of Teaching Physics on the Gain in Students' Development of Reasoning. *International Journal of Science Education, 34*(2), 301–326. DOI: [10.1080/09500693.2011.582522](https://doi.org/10.1080/09500693.2011.582522)
- Mashood, K. K., & Singh, V. A. (2013). Large-scale studies on the transferability of general problem-solving skills and the pedagogic potential of physics. *Physics Education, 48*(5), 629–635. DOI: [10.1088/0031-9120/48/5/629](https://doi.org/10.1088/0031-9120/48/5/629)
- Maurines, L. (2010). Geometrical Reasoning in Wave Situations: The case of light diffraction and coherent illumination optical imaging. *International Journal of Science Education, 32*(14), 1895–1926. DOI: [10.1080/09500690903271389](https://doi.org/10.1080/09500690903271389)
- McComas, W. F. (Ed.). (2002). *The Nature of Science in Science Education - Rationales and Strategies*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1998). *Tutorials in Introductory Physics - Preliminary Edition*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2006). Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 6*(1), 22–34.
- Millar, R., & Lubben, F. (1996). Knowledge and Action: Students' Understanding of the Procedures of Scientific Enquiry. In G. Weldford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Research in Science and Education in Europe* (pp. 166–173). London: Falmer Press.
- Milne, C., & Otieno, T. (2007). Understanding engagement: Science demonstrations and emotional energy. *Science Education, 91*(4), 523–553. DOI: [10.1002/sce.20203](https://doi.org/10.1002/sce.20203)
- Moraes, R. (1999). Análise de Conteúdo. *Revista Educação, 22*(37), 7–32.
- Mortimer, E. F., Massicame, T., Tiberghien, A., & Buty, C. (2007). Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de Ciências. In R. Nardi (Ed.), *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: Alguns Recortes* (1st ed., pp. 53–94). São Paulo: Escrituras.
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2010). Finding Out How They Find It Out: An empirical analysis of inquiry learners' need for support. *International Journal of Science Education, 32*(15), 2033–2053. DOI: [10.1080/09500690903289993](https://doi.org/10.1080/09500690903289993)
- Murphy, P. K., Firetto, C. M., & Greene, J. A. (2017). Enriching Students' Scientific Thinking Through Relational Reasoning: Seeking Evidence in Texts, Tasks, and Talk. *Educational Psychology Review, 29*(1), 105–117. DOI: [10.1007/s10648-016-9387-x](https://doi.org/10.1007/s10648-016-9387-x)

- Na, J., & Song, J. (2013). Why Everyday Experience? Interpreting Primary Students' Science Discourse from the Perspective of John Dewey. *Science & Education*, 23(5), 1031–1049. DOI: [10.1007/s11191-013-9637-y](https://doi.org/10.1007/s11191-013-9637-y)
- NRC. (2013). Next Generation Science Standards. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/>
- Olson, D. R., & Bruner, J. S. (1996). Folk Psychology and Folk Pedagogy. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *The handbook of education and human development: New models of learning, teaching, and schooling* (pp. 9–27). Cambridge: Blackwell.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020. DOI: [10.1002/tea.20035](https://doi.org/10.1002/tea.20035)
- Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), 315–347. DOI: [10.1002/tea.21073](https://doi.org/10.1002/tea.21073)
- Paula, H. de F. e, & Borges, A. T. (2007). Avaliação e testes de explicações na Educação em Ciências. *Ciência & Educação*, 13(2), 175–192.
- PEG/UW. (2013). Preface to Tutorials in Introductory Physics. Retrieved May 25, 2013, from <http://depts.washington.edu/uwpeg/tutorial/preface>
- Piekny, J., Grube, D., & Maehler, C. (2014). The Development of Experimentation and Evidence Evaluation Skills at Preschool Age. *International Journal of Science Education*, 36(2), 334–354. DOI: [10.1080/09500693.2013.776192](https://doi.org/10.1080/09500693.2013.776192)
- Pollock, S. J. (2005). No Single Cause: Learning Gains, Student Attitudes, and the Impacts of Multiple Effective Reforms. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 790, pp. 137–140). Aip. Retrieved from <http://link.aip.org/link/?APC/790/137/1&Agg=doi>
- Pollock, S. J., Finkelstein, N. D., & Kost, L. E. (2007). Reducing the gender gap in the physics classroom: How sufficient is interactive engagement? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3(1), 1–4. Retrieved from <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.3.010107>
- Postholm, M. B. (2008). Cultural historical activity theory and Dewey's idea-based social constructivism: Consequences for Educational Research. *Critical Social Studies*, (1), 37–48.
- Pozo, J. I., & Crespo, M. Á. G. (2009). A aquisição de procedimentos - Aprendendo a aprender e a fazer ciência. In *A aprendizagem e o Ensino de Ciências - Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico* (5th ed., pp. 46–76). Porto Alegre: Artmed.
- Praia, J. F., Cachapuz, A. F. C., & Gil-Pérez, D. (2002). Problema, Teoria e Observação em Ciência: Para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*, 8(1), 127–145. DOI: [10.1590/S1516-73132002000100010](https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000100010)
- Pugh, K. J. (2004). Newton's laws beyond the classroom walls. *Science Education*, 88(2), 182–196. DOI: [10.1002/sce.10109](https://doi.org/10.1002/sce.10109)
- Pugh, K. J., Linnenbrink-Garcia, L., Koskey, K. L. K., Stewart, V. C., & Manzey, C. (2009). Motivation, learning, and transformative experience: A study of deep engagement in science. *Science Education*, 94(1), 1–28. Retrieved from DOI: [10.1002/sce.20344](https://doi.org/10.1002/sce.20344)
- Ritchhart, R., & Perkins, D. N. (2005). Learning to Think: The Challenges of Teaching Thinking. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning* (1st ed., pp. 775–802). New York: Cambridge University Press.
- Rosa, P. R. da S. (2013). Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa em Ensino de Ciências. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Roth, W.-M., & Jornet, A. (2014). Toward a Theory of Experience. *Science Education*, 98(1), 106–126. DOI: [10.1002/sce.21085](https://doi.org/10.1002/sce.21085)

- Sampson, V., & Clark, D. (2009). The Impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448–484. DOI: [10.1002/sce.20306](https://doi.org/10.1002/sce.20306)
- Schmidt, I. A. (2009). John Dewey e a educação para uma sociedade democrática. *Contexto & Educação*, (82), 135–154.
- Schwab, J. J. (1959). The “Impossible” Role of the Teacher in Progressive Education. *The School Review*, 67(2), 139–159.
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2005). A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. *American Journal of Physics*, 73(10), 921–931. Retrieved from <http://link.aip.org/link/AJPIAS/v73/i10/p921/s1&Agg=doi>
- Sinatra, G. M., Heddy, B. C., & Lombardi, D. (2015). The Challenges of Defining and Measuring Student Engagement in Science. *Educational Psychologist*, 50(1), 1–13. Retrieved from DOI: [10.1080/00461520.2014.1002924#.VRWUy3Xd_Cl](https://doi.org/10.1080/00461520.2014.1002924#.VRWUy3Xd_Cl)
- Slezak, C., Koenig, K. M., Endorf, R. J., & Braun, G. A. (2011). Investigating the Effectiveness of the Tutorials in Introductory Physics in Multiple Instructional Settings. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2), 1–8.
- Stephens, A. L., & Clement, J. J. (2010). Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 1–15. DOI: [10.1103/PhysRevSTPER.6.020122](https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020122)
- Taber, K. S., Ruthven, K., Mercer, N., Riga, F., Luthman, S., & Hofmann, R. (2016). Developing teaching with an explicit focus on scientific thinking. *School Science Review*, 97(361), 75–84.
- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A., & Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. *Science Education*, 94(1), 29–47. DOI: [10.1002/sce.20366](https://doi.org/10.1002/sce.20366)
- Tuyarot, D. E., & Eiras, W. da C. S. (2011). Investigando os “Tutoriais em Física Introdutória” no Ensino Médio. In *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física* (pp. 1–10). Manaus: SBF.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2003). Tracing Young Children’s Scientific Reasoning. *Research in Science Education*, 33(4), 433–465. DOI: [10.1023/B:RISE.0000005250.04426.67](https://doi.org/10.1023/B:RISE.0000005250.04426.67)
- Valanides, N., Papageorgiou, M., & Angeli, C. (2013). Scientific Investigations of Elementary School Children. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 26–36. DOI: [10.1007/s10956-013-9448-6](https://doi.org/10.1007/s10956-013-9448-6)
- van der Graaf, J., Segers, E., & Verhoeven, L. (2016). Scientific reasoning in kindergarten: Cognitive factors in experimentation and evidence evaluation. *Learning and Individual Differences*, 49, 190–200. DOI: [10.1016/j.lindif.2016.06.006](https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.06.006)
- Vieira, R. M., Tenreiro-vieira, C., & Martins, I. P. (2011). Critical thinking : Conceptual clarification and its importance in science education. *Science Education International*, 22(1), 43–54.
- Waldrip, S., & Waldrip, B. (2014). Impact of a representational approach on students’ reasoning and conceptual understanding in learning mechanics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12, 741–765.
- Yeo, J., & Gilbert, J. K. (2014). Constructing a Scientific Explanation—A Narrative Account. *International Journal of Science Education*, 36(11), 1902–1935. DOI: [10.1080/09500693.2014.880527](https://doi.org/10.1080/09500693.2014.880527)
- Yun, S. M., & Kim, H.-B. (2014). Changes in Students’ Participation and Small Group Norms in Scientific Argumentation. *Research in Science Education*, 465–484. DOI: [10.1007/s11165-014-9432-z](https://doi.org/10.1007/s11165-014-9432-z)
- Zavala, G., Alarcón, H., & Benegas, J. (2007). Innovative Training of In-service Teachers for Active Learning: A Short Teacher Development Course Based on Physics Education Research. *Journal of Science Teacher Education*, 18(4), 559–572. DOI: [10.1007/s10972-007-9054-7](https://doi.org/10.1007/s10972-007-9054-7)

Zeineddin, A., & Abd-el-khalick, F. (2008). On Coordinating Theory with Evidence : The Role of Epistemic Commitments in Scientific Reasoning among College Students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4(2), 153–168.

Zimmerman, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, 20(1), 99–149. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/doi/10.1006/drev.1999.0497>

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223. DOI: [10.1016/j.dr.2006.12.001](https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001)

Recebido em: 05.12.2017

Aceito em: 08.04.2018