

## Ensino de laboratório em uma disciplina de Física Básica voltada para cursos de Engenharias: análises e perspectivas<sup>+</sup>\*

---

Neusa Teresinha Massoni  
Instituto de Física – UFRGS  
Porto Alegre – RS

### Resumo

*Este trabalho tem o objetivo de apresentar resultados de uma investigação sobre os efeitos e o papel de atividades de laboratório na aprendizagem da Física a partir da perspectiva dos próprios estudantes de cursos de Engenharias. Os estudos partiram de uma hipótese inicial de pesquisa que considerou a possibilidade de esses estudantes perceberem a Física, em especial as atividades práticas, de um viés menos teórico e mais voltado à aplicabilidade dos princípios, leis e teorias físicas. Os resultados indicaram que a hipótese de trabalho se confirma em boa medida e que a introdução de uma proposta de trabalho para as aulas experimentais baseada em situação-desafio se mostrou mais efetiva e ofereceu vantagens didáticas e epistêmicas.*

**Palavras-chave:** *Atividades de laboratório. Ensino de Física. Ensino de Engenharia. Situação-desafio.*

---

<sup>+</sup> Laboratory teaching in a discipline of Basic Physics oriented to Engineering courses: analysis and perspectives

<sup>\*</sup> *Recebido: outubro de 2013.  
Aceito: março de 2014.*

## **Abstract**

*This work aims to present the results of a research about the effects and the role of laboratory activities in Physics learning from the Engineering courses students' perspective. The studies started from an initial research hypothesis which considered the possibility to these students understand Physics, in special the practical activities, a bias less theoretical and more focused on the applicability of the principles, the laws and the Physics theories. The results showed the working hypothesis was largely confirmed and the introduction of a working proposal in experimental classes, based on problems-challenges showed more effective and offered didactics and epistemic advantages.*

**Keywords:** *Laboratory activities. Physics teaching. Engineering teaching. Problems-challenges.*

## **I. Introdução**

Este trabalho tem o objetivo de apresentar alguns resultados de uma pesquisa realizada com estudantes de engenharias da UFRGS sobre atividades de laboratório em uma disciplina de Física básica voltada para esses cursos. Discutem-se aqui achados de dois estudos: no primeiro, mapeamos expectativas, sugestões e perspectivas dos estudantes sobre as atividades práticas que compõem a disciplina (Física IC: mecânica); no segundo, e com base em dados do primeiro estudo, introduziram-se algumas mudanças, e seus efeitos foram analisados com base no aporte teórico dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. As motivações para a investigação nortearam-se em duas vertentes distintas e igualmente importantes: de um lado, a convicção de que atividades de laboratório são relevantes para a aprendizagem da Física em todos os níveis, e especialmente na formação superior de Engenharia; de outro, um aparente consenso perceptível na literatura de que a educação profissional tecnológica, particularmente a centrada no ensino de Engenharia, passa por um momento de críticas e questionamentos.

Em relação ao primeiro argumento, percebe-se que há debate presente na literatura há várias décadas e, em geral, em favor da relevância da inserção de atividades práticas e investigativas nas aulas de ciências (GOUW; FRANZOLIN; FEJES, 2013) e, particularmente, no ensino de Física, para favorecer o desenvolvimento cognitivo e despertar o interesse em aprender conteúdos científicos (GO-

MÊS; BORGES; JUSTI, 2008; MUNFORD; LIMA, 2007) e também para transformar certas concepções equivocadas dos estudantes sobre a natureza da ciência (HODSON, 1994; BORGES, 2002).

Teóricos e educadores concordam e defendem que a educação científica em todos os níveis, do básico ao superior, não deve se centrar na transmissão oral de conhecimentos. Particularmente na formação superior, destacam alguns (eg. DUPONT; FISCHER, 2012) que a visão de uma universidade centrada na sala de aula, com extensos currículos a cumprir se mostra problemática, eleva os índices de evasão e tende a formar profissionais pouco preparados para o mercado de trabalho. Assim sendo, arguem em favor de ambientes que favorecem a “mão na massa”, o refletir, o processar e o equacionar problemas reais, com maior associação ensino-pesquisa, porque são mais bem sucedidos na formação do futuro profissional. As políticas públicas educacionais também dispõem sobre a importância de aprender por meio de atividades e que o contexto do trabalho é imprescindível para a compreensão dos fundamentos *científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina* (BRASIL, 1996).

Com respeito ao segundo argumento, produções textuais que refletem, questionam e criticam o ensino de Engenharia estão presentes e são recorrentes na literatura. Arguem alguns que o ensino tecnológico praticado no Brasil reflete um modelo superado, influenciado historicamente pelo ensino técnico francês, que a abordagem usual é bastante tradicional (transmissão de conjuntos de assuntos técnicos), que *o processo educativo em engenharia dá-se de forma acrítica (...) sob o amparo do positivismo, que permeia tanto a profissão quanto seu ensino* (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2008, p. 63-64); que os cursos de Engenharia da forma como estão estruturados não cumprem adequadamente seu objetivo, o de formar indivíduos tecnicamente capazes e com visão social crítica e criadora (MICKLEBOROUGH; WAREHAM, 1994; NASSAR *et al.*, 2008). Defendem esses autores que se faz necessária a adoção de um modelo mais problematizador e a implementação de estratégias e temas estruturadores que visem direcionar os objetivos dos estudos aplicados a preparar o estudante de Engenharia a assumir funções profissionais que exigem conhecimentos gerais e, ao mesmo tempo, noções da complexidade estrutural das teorias da Física e de suas relações com um “saber fazer” ligado ao cotidiano.

Park Rogers e Abell (2008), por exemplo, defendem que é preciso envolver os estudantes em situações e atividades nos moldes da ciência, em que seja fornecido algum contexto e os educandos venham com alguma ideia para investigar e desenhar experimentos de sua livre escolha com o fim de tornar a aprendiza-

gem mais efetiva. Nesse sentido, esforços e propostas na linha de situações-problema para as atividades experimentais direcionadas aos cursos de engenharias e que buscam abordar temas mais adequados aos interesses desses estudantes têm se mostrado promissoras (eg. RAMOS; VERTCHENKO, 2011).

Para Bazzo, Pereira e Linsingen (2008), por mais técnico que se pretenda que seja o ensino de Engenharia o conteúdo disciplinar sempre estará carregado de valores e impressões pessoais do professor, além de suas próprias interpretações dos fenômenos físicos. Por isso, advertem, é preciso refletir as práticas de ensino e de avaliação, tomando como pressuposto, na formação do engenheiro, o de criar oportunidades para promover atitudes criativas, críticas e ilustradas (ibid., p. 94-95).

Nessa linha, atividades de laboratório de Física são consideradas oportunidades de “mão na massa” e quando conduzidas adequadamente podem converter-se em verdadeiras experiências de aprendizagem. Segundo Borges (2002), as atividades experimentais precisam deixar de ser manipulação de equipamentos e aproximar-se de um “fazer ciência” para que os estudantes interajam com materiais e modelos de modo a adquirirem uma noção mais contemporânea da natureza da ciência. Assim, pensar e planejar atividades desafiadoras, que se afastem do modelo padronizado de roteiros de laboratório fechados, tipo “receita de bolo”, é muito relevante para incitar os estudantes a observar e entender o mundo e a reestruturar seu próprio conhecimento (HOFSTEIN; LUNETTA, 2003).

É possível perceber na literatura certa tendência em favor de metodologias de ensino voltadas às práticas de laboratório didático baseadas em problemas abertos, por propiciarem benefícios educacionais como o encorajamento à imaginação, à busca da reflexão, do pensamento crítico, da mudança de atitudes, conceituais e epistêmicas (LABURÚ, 2003) e, especialmente, porque essa metodologia integra o ensino teórico e experimental, coloca os estudantes como sujeitos “ativos” ao invés de “passivos”, tanto na investigação científica quanto na resolução de problemas de papel e lápis (HODSON, 1994). Carrascosa, Pérez e Vilches (2006), em uma revisão de literatura extensa, observaram que há consenso entre os pesquisadores no sentido de que as atividades de laboratório aparecem como um aspecto chave no ensino e aprendizagem de ciências, mas que devem ser situadas em um contexto investigativo, capaz de envolver os estudantes em situações problemáticas e evitando orientações algorítmicas. Drivel *et al.* (1994) entendem a educação em ciências como um processo de apropriação da cultura científica, em que cabe ao professor o papel de ensinar o educando “como fazer” e “como pensar”.

Respaldados por esse panorama e movidos pela convicção de que as atividades de laboratório de Física são importantes para a aprendizagem (teórica e prática), planejamos a investigação em distintas etapas, como se passa a apresentar.

## II. Contexto da investigação

Os resultados aqui discutidos são parte de uma investigação mais abrangente, como já referido, que envolveu três estudos e foi conduzida no Instituto de Física da UFRGS, em uma disciplina de Física básica para as engenharias (Física IC: mecânica) a partir de uma hipótese inicial de trabalho: *de que estudantes de engenharia podem perceber o estudo de princípios, leis e teorias da Física com um viés menos teórico e explicativo e mais voltado para suas aplicabilidades práticas*. Esta hipótese foi construída com base em certa insatisfação, como ministrante de algumas turmas da disciplina em estudo, com o baixo aproveitamento observado nas aulas de laboratório, com o elevado índice de ausências e uma aparente desmotivação para as atividades práticas e, também a partir de uma análise inicial de falas e comportamentos que indicava que os estudantes poderiam estar “percebendo” as atividades práticas como um “cumprir currículo” com vistas à aprovação e não como verdadeiras oportunidades de aprendizagem, pois nada daquilo parecia ter relação com os cursos que tinham escolhido para suas carreiras profissionais.

Apresentamos aqui resultados dos dois primeiros estudos: 1) Estudo Preliminar, que envolveu a construção, validação e aplicação de um questionário a 142 estudantes de distintos cursos de engenharias da UFRGS que cursaram a disciplina no segundo semestre de 2011; 2) Estudo Exploratório, que foi implementado em uma turma com 53 estudantes, em que atuamos como docente, no primeiro semestre de 2012.

O questionário, aplicado nos dois estudos, foi construído com 15 itens tipo *likert* (em que o respondente deveria manifestar seu nível de concordância/discordância com relação a cada afirmação) e cinco questões abertas, em que podiam dissertar livremente. O questionário teve o objetivo de levantar perspectivas, opiniões e expectativas dos estudantes sobre as atividades de laboratório dessa disciplina e sobre o valor e relevância que atribuíam ao estudo da Física.

Os dados tabulados no Estudo Preliminar indicaram que a hipótese inicial de trabalho da investigação se confirma. Isto nos levou ao segundo estudo, em que modificamos e remodelamos algumas atividades práticas de laboratório orientando-as para o formato de situação-desafio, em contraponto aos roteiros fechados, tradicionalmente usados na disciplina em estudo. O que obtivemos desses dois estudos é o que se passa a apresentar.

### III. Aspectos teóricos e metodológicos

O aporte teórico foi norteado pela teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, segundo a qual o núcleo da construção do conhecimento pelo aprendiz está na conceitualização do real (MOREIRA; VEIT, 2010), o conhecimento se organiza em campos conceituais e o domínio desses campos se dá ao longo do tempo, pelo enfrentamento de situações, com a maturidade e a experiência. Segundo Vergnaud, o sujeito em aprendizagem utiliza percepções, conceitos, relações, conteúdos, estruturas e operações de pensamento para construir esquemas capazes de levá-lo à conceitualização. O aprendiz conceitualiza na medida em que é capaz de dar conta de novas situações, entendidas como tarefas, que dão sentido aos conceitos, e opera mentalmente pelo uso de invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) que dão significado aos conceitos. Os invariantes operatórios, ou conhecimento-em-ação, assim como a possibilidade de inferências, metas e antecipações são ingredientes do vasto repertório de esquemas que o educando vai construindo e representa aquilo que há de invariante na organização do conhecimento, que vai se estruturando em verdadeiros campos conceituais.

A metodologia de análise baseou-se em triangulação de dados quantitativos, oriundos do questionário e interpretados através de estatística descritiva, e de dados qualitativos, analisados sob o aporte metodológico da *teoria fundamentada* (STRAUSS e CORBIN, 2008), com base nas respostas às perguntas abertas do questionário e nos relatórios descritivos de laboratório produzidos pelos estudantes.

### IV. Estudo 1: Estudo preliminar

O estudo preliminar, como foi comentado, envolveu a construção e validação de um questionário com 20 questões e a aplicação do mesmo a 142 estudantes de diferentes cursos de engenharias da UFRGS, em 2011/2. Estudos deste tipo não são incomuns na literatura, ou seja, centrados nos estudantes, quanto às suas expectativas e opiniões sobre as atividades investigativas (BOSSLER *et al.*, 2009; FERNANDES e SILVA, 2004). O estudo visava responder à seguinte questão-foco: *como estudantes de engenharias e outros cursos percebem os conceitos, princípios e teorias da Física? Adotam uma perspectiva distinta, menos teórica e explicativa, mais pragmática, fenomenológica e prática?*

Para esse fim, o questionário foi submetido à validação pelos pares, pesquisadores em Ensino de Física da UFRGS e, teve como objetivo levantar perspectivas, opiniões e expectativas dos estudantes sobre as atividades de laboratório.

Para estimar a fidedignidade, como instrumento de medida, recorreu-se à estatística de correlação interna entre os itens do questionário: calculou-se o coeficiente de fidedignidade *alfa de Cronbach* (CRONBACH, 1951) com base nos escores totais de cada respondente. Nessa estatística, coeficientes de correlação de +1,00 indicam perfeita fidedignidade, enquanto correlações próximas de zero indicam ausência de fidedignidade. Obteve-se um valor inicial ao Alfa de Cronbach de 0,37 para as quinze questões objetivas. Como este valor se mostrou baixo, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson do item j-total e com isso eliminou-se, para efeitos de cálculo estatístico, alguns itens do questionário (itens 4, 8, 16 e 17), que obtiveram valor próximo de zero ou negativo. Através desse critério obteve-se o valor 0,7 para o Alfa de Cronbach, que na área de atitudes e opiniões, é um valor aceitável. Desta forma, o questionário foi considerado útil, válido e fidedigno para a coleta de dados da presente investigação.

A aplicação do questionário, no Estudo Preliminar, foi feita a um grupo de estudantes com o seguinte perfil: 142 participantes, sendo 108 das engenharias (Engenharia Ambiental, Cartográfica, Civil, Controle e Automação, Computação, Elétrica, de Alimentos, de Energia, de Materiais, de Minas, de Produção, Mecânica, Metalúrgica e Química) e 34 eram de outros cursos (Química e Matemática). Desse total, 70% eram homens (apenas 30% eram mulheres) e 63% tinham idades inferiores a 20 anos.

Uma síntese das respostas a alguns itens do questionário (não todos, particularmente os de baixa correlação item-total não foram considerados, a menos da questão 4 que é informativa) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Respostas mais representativas a algumas questões - questionário aplicado a 142 estudantes de engenharias e outros cursos, matriculados na disciplina de Física básica (Física IC: mecânica) no semestre 2011/2, da UFRGS.

Total de respondentes e nº da questão	Nº de estudantes que apresentaram esta resposta	Percentual	Resposta mais representativa
142 <b>Questão 2</b>	123	86,6%	Concordam com AFIRMAÇÃO 2: <i>estudar Física tem uma importância adicional porque estimula certa reflexão sobre a realidade do mundo que nos cerca.</i>
142 <b>Questão 3</b>	114	80,3%	Concordam com AFIRMAÇÃO 3: <i>a aprendizagem dos princípios, leis e teorias da Física pode ser facilitada por meio de aulas de laboratório.</i>

142	59-não 83-sim	41,5% 58,5%	Quase a metade dos estudantes consultados respondeu na Q.4 que <i>nunca esteve em um laboratório de Física antes da disciplina de Física IC</i> . Pouco mais de metade (58,5%) já tinha tido aulas experimentais, a maioria no Ensino Médio.
142	<b>93</b>	65,5%	Concordaram com AFIRMAÇÃO 5: <i>gosto das aulas de laboratório de Física; enquanto 22,5% se disseram indiferentes.</i>
Q. 6: <i>Quais eram suas expectativas para as aulas de laboratório no início da disciplina de Física IC?</i>			
142	104 54	73,2% 51,9%	Efetivamente responderam à Questão 6. Mais de metade dos 104 estudantes que responderam à Q.6 tinham expectativas que foram agrupadas em uma categoria que escolhemos chamar “ <i>Física, uma ciência útil porque permite visualizar na prática sua base teórica e assim perceber sua aplicabilidade</i> ”; Grupo de respondentes que tinha boas expectativas: de que as aulas práticas fossem dinâmicas, motivassem, despertassem a curiosidade e contribuíssem para que fórmulas e funções adquiram sentido.
<b>Questão 6</b>	25	24,0%	
142	113	79,6%	Concordam com AFIRMAÇÃO 7: <i>as aulas de laboratório permitem visualizar o que os princípios, leis e teorias expressam de forma abstrata.</i>
Q.9: <i>O que você sugeriria para tornar as aulas de laboratório mais proveitosas para a sua formação profissional e acadêmica?</i>			
142	86 14 10 9 8	60,6% 16,6% 11,6% 10,5% 9,3%	Ofereceram sugestões para tornar as aulas mais proveitosas <u>Ideias mais representativas:</u> - <i>experimentos diferenciados e mais relacionados ao cotidiano;</i> - <i>mais professores em aula, mais acompanhamento e mais tempo para as atividades;</i> - <i>experimentos mais aplicáveis/direcionados ao curso;</i> - <i>explicações e resoluções de exercícios em aula similares às atividades de laboratório para melhorar a compreensão e para que os experimentos façam sentido</i>
142	116	81,7%	Concordam com AFIRMAÇÃO 12: <i>as atividades experimentais para os cursos de Engenharia deveriam ter um perfil diferenciado, voltado para a aplicabilidade dos princípios, leis e teorias da Física.</i>
142	77-sim	54,2%	Concordam com AFIRMAÇÃO 13: <i>muitos</i>

<b>Questão 13</b>	42-não	29,6%	<i>equipamentos utilizados na indústria e na Engenharia são baseados em princípios físicos que são pouco percebidos nas aulas de Física e no laboratório de Física.</i> Discordam do afirmado na Q.13.
<b>Questão 20</b>	142	70	49,3%
		72	50,5%
		7	4,7%
		7	4,7%
		7	4,7%
		6	4,0%
	4	3,0%	
			Não responderam Q.20: <i>acrescente algum comentário ou sugestão que você considera importante sobre as aulas de Física (experimentais ou teóricas)</i> Apresentaram alguma sugestão. Dentre as mais representativas citam-se: - <i>Mais rigor e dinamismo nas explicações e exercícios;</i> - <i>maior número de professores e/ou monitores nas - aulas experimentais;</i> - <i>aprimorar as aulas por meio de tarefas de laboratório mais qualitativas;</i> - <i>aulas práticas (mais) de acordo com o cotidiano</i> - <i>que se dê importância à diferença entre os cursos.</i>

Em suma, considerou-se que os principais achados do Estudo Preliminar indicaram que:

1 - A maioria dos estudantes investigados que cursava a disciplina de Física básica (mecânica) no segundo semestre de 2011, 80,3% (questão 3), concordou que a *aprendizagem de princípios, leis e teorias da Física pode ser facilitada pelas atividades de laboratório de Física* e, afirmou, em percentual idêntico, 79,6% (questão 7), que as atividades práticas *permitem visualizar o que os princípios, leis e teorias expressam de forma abstrata.*

2 – Um percentual de 41,5% (questão 4) do grupo de 142 estudantes pesquisados informou que *nunca esteve antes*, ao longo da vida escolar, em um laboratório de Física. Ainda assim, 65,5% desse universo disse ter *gostado das aulas de laboratório de Física* (questão 5).

3- 104 do total de 142 estudantes responderam à questão 6, sendo que 51,9% destes apresentaram expectativas que foram agrupadas em uma categoria que escolhemos chamar “*Física, uma ciência útil porque permite visualizar sua base teórica através da prática e assim perceber sua aplicabilidade*”. Nessa categoria foram incluídas respostas como: *que [as aulas de laboratório] explicassem e esclarecessem melhor a teoria e/ou os conceitos* (12,5%); *permitissem visualizar os fenômenos estudados em aula, na teoria* (10,6%); *aprender melhor o conteúdo*

*com aulas práticas (9,6%); colocar em prática o que aprendemos na teoria (8,7%); relacionar os conceitos físicos com situações do cotidiano (3,8%); ver a aplicabilidade e utilidade da teoria (3,8%); que fossem voltadas para a realidade da engenharia (2,9%).*

Isso indicou que pouco mais de metade dos estudantes das engenharias que cursaram a disciplina em estudo no segundo semestre de 2011 tinham, inicialmente, expectativas de que as aulas de laboratório auxiliassem na compreensão teórica, através da visualização dos fenômenos, sugerindo um viés voltado para a utilidade e aplicabilidade das leis e teorias.

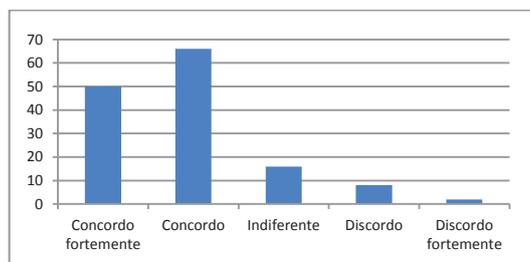
4 - Um total de 116 dentre os 142 estudantes pesquisados, ou 81,7%, disse concordar (46,5% “concorda” e 35,2% “concorda fortemente”) com a afirmação que se correlaciona com a hipótese de trabalho da presente pesquisa, de que ***as atividades experimentais para os cursos de Engenharia, Química e outros cursos deveriam ter um perfil diferenciado, voltado para a aplicabilidade dos princípios, leis e teorias da Física.***

5 - As respostas à Questão 9 também parecem reforçar os achados até aqui destacados: 60,6% dos que apresentaram alguma sugestão para *tornar as aulas de laboratório mais proveitosas* disseram (sugestões mais frequentes): *experimentos diferenciados e mais relacionados com o cotidiano (16,3%); mais professores em aula, mais acompanhamento e mais tempo para as atividades (11,6%); experimentos mais aplicáveis/direcionados aos cursos (10,5%)*. Isto pode estar indicando que após ter cursado a disciplina os estudantes aspiravam certas mudanças com relação às atividades de laboratório e suas “falas” parecem reforçar a hipótese inicial de pesquisa.

Observou-se também que certas sugestões, por exemplo, à Questão 14 (*...você acha importante compreender os princípios físicos existentes por trás dos equipamentos? O que você sugeriria para tornar essa perspectiva possível?*) reproduzem, com outras palavras, aquelas oferecidas na questão 9 (*O que você sugeriria para tornar as aulas de laboratório mais proveitosas para a sua formação profissional e acadêmica?*). Isto mostra que os estudantes pesquisados foram coerentes em suas respostas, o que foi interpretado como elemento que agrega confiabilidade aos dados de pesquisa.

A questão 12 foi considerada núcleo do questionário relativamente aos objetivos do estudo e por essa razão construiu-se o gráfico mostrado na Fig. 1, em

que se pode visualizar melhor o nível de concordância dos estudantes à afirmação em pauta.



*Fig. 1 – Distribuição de frequência das respostas à Questão 12 do questionário aplicado a estudantes das engenharias e outros cursos em 2011/2.*

Assim, os resultados até aqui apresentados, como já referido, parecem corroborar em boa medida a hipótese inicial de trabalho e permitiram responder afirmativamente à questão-foco que norteou o Estudo Preliminar.

Uma análise qualitativa a partir de uma perspectiva de observação participante, como docente de uma das turmas da disciplina investigada, mostrou que as falas e atitudes dos estudantes ao longo do semestre indicavam uma preocupação muito mais voltada à aquisição de habilidades na resolução de exercícios visando obter nota/conceito e aprovação nos testes escritos. Raramente se estabeleceram discussões visando compartilhar significados de conceitos e ou teorias e princípios físicos estudados nas aulas teóricas. Nesses raros momentos também foi possível inferir certa tendência de relacionar a Física ao cotidiano. Por exemplo, no segundo mês de aula quando se introduziu forças de atrito, um debate acirrado em sala de aula se deu sobre o papel do atrito nas rodovias, na frenagem de carros em curvas sob diferentes condições (estrada molhada e seca), os coeficientes de atrito (estático e dinâmico) e também sobre os distintos tipos de sistemas de frenagem dos carros, etc. Isto ilustra certa inclinação e interesse pela aplicabilidade.

Com relação às aulas de laboratório, esclarece-se que todas as atividades, em total de seis (06), foram realizadas em grupos de 4 a 5 componentes e através de roteiros fechados, ou seja, que ofereciam orientações claras sobre o que os estudantes deveriam fazer. Em geral, os grupos conseguiram executar as tarefas sem dificuldades e se mostravam satisfeitos quando os cálculos “fechavam” com o esperado. Os relatórios produzidos e entregues restringiram-se ao preenchimento de tabelas, realização de cálculos seguindo com certo rigor a ordem indicada no

roteiro e na construção dos gráficos solicitados. Raramente apareciam comentários, descrições ou interpretações pessoais. Alguns estudantes, ao final do relatório, vez ou outra, fizeram certos comentários como: “*tirando os erros de leitura e atrito, concluímos que o teorema dos eixos paralelos é válido, pois confere com os dados obtidos*”. Desta forma, pouco se pôde inferir sobre a compreensão dos conceitos, as dificuldades ou o nível de aprendizagem dos estudantes.

Os resultados advindos da tabulação e categorização das respostas apresentadas ao questionário (expectativas, sugestões e perspectivas) e também as observações e análises qualitativas sumarizadas até aqui, permitiram inferir que os estudantes das engenharias investigados em 2011/2, tinham em relação ao ensino de laboratório de Física um “olhar” mais voltado à aplicabilidade, aos usos cotidianos e manifestavam expectativas de visualização das relações dos princípios, leis e teorias básicas da Física com os seus cursos de origem. Em suma, uma perspectiva menos teórica e mais prática.

Com base nesses achados, optamos por avançar para a segunda etapa do projeto de pesquisa, que previa averiguar a importância e a necessidade de propor algumas mudanças, em pelo menos algumas das atividades práticas da disciplina, visando torná-las mais eficazes e buscando atender ao perfil distinto do seu público alvo. Esse foi o objeto do Estudo Exploratório.

#### **IV. Estudo 2: Estudo Exploratório**

O Estudo Exploratório teve o objetivo de introduzir algumas modificações em pelo menos uma das atividades experimentais da disciplina e analisar seus efeitos. Foi aplicado a uma turma, em que atuamos como docente no primeiro semestre de 2012, com 53 estudantes, a maioria do curso de Engenharia Química da UFRGS, sendo que apenas dois eram da Engenharia de Produção e quatro do curso de Matemática. Desse total, 45 alunos foram aprovados ao final da disciplina. Tínhamos por meta responder à seguinte questão-foco: *em que medida as expectativas e perspectivas dos estudantes de engenharias e outros cursos demandam mudanças nas atividades de laboratório visando evidenciar a aplicabilidade dos princípios, leis e teorias para auxiliar na conceitualização em Física?*

Com as motivações já apontadas e inspirados na literatura, especialmente levando em conta certas críticas às atividades “tradicionalistas”, comumente encontradas em artigos, já há várias décadas, optamos por substituir um dos roteiros fechados por uma proposta experimental mais desafiadora e mais aberta, capaz de catalisar discussões e reflexões que incentivasse os estudantes a compreender melhor os conceitos e teorias físicas, a perceber que a dimensão teórica não é dissociada da

empírica e levasse-os à construção de novas concepções da natureza da ciência, novas atitudes e promovesse uma melhoria de sua aprendizagem.

Levamos em conta também certas contribuições da psicologia cognitiva na linha de Vergnaud, no sentido de que o educando constrói campos conceituais através da ação, do envolvimento ativo nas situações/tarefas propostas, que se o aprendiz pode ter controle das suas ações, negociar ideias, trocar impressões com os colegas e com o professor em um ambiente em que é desafiado a refletir e a agir, aprende mais, de forma significativa e atribui valor ao estudo da Física.

De outro lado, desejou-se evitar certos problemas, também apontados na literatura, que decorrem da utilização de situações-problema totalmente abertas, em que os estudantes precisam executar todos os passos, perceber o problema, planejar e escolher procedimentos e instrumentos, montar o instrumental e, ainda, coletar e interpretar os dados, em um curto espaço de tempo, com risco de sentirem-se perdidos no laboratório.

Por todas essas razões, optamos por uma estruturação que chamamos de “investigação semiaberta”, em que uma situação-problema foi proposta, com alguma semelhança com situações do cotidiano, e para sua execução não foi oferecido roteiro estruturado que pudesse conduzir a uma solução algorítmica, abrindo, assim, espaço para que os estudantes interagissem socialmente com seu grupo, com outros grupos e com o professor em busca de uma solução com base em conhecimentos já adquiridos em aulas teóricas, em seus próprios conhecimentos, e usando equipamentos que foram oferecidos desmontados. A proposta situa-se em uma região intermediária entre dois extremos: de um lado problemas completamente abertos e, de outro, tarefas fechadas, com roteiros rigidamente estruturados (situa-se em nível intermediário entre o Nível 1 e 2, conforme BORGES, 2002).

Assim, nesta etapa da investigação, a atividade Experimental nº 1 prevista para a disciplina em estudo foi substituída, na turma em que atuamos como ministrante, por outra em formato de situação-desafio semiaberta que consistiu no lançamento horizontal de projétil, através de um lançador de projéteis, em que: o material foi entregue desmontado; o roteiro semiaberto entregue a cada educando listava o material e oferecia algumas fotografias como pista para a montagem e para evitar que se sentissem perdidos; os estudantes deveriam, em grupos, negociar, planejar, montar, coletar e interpretar os dados; o objetivo era estimar teoricamente e depois obter experimentalmente o alcance horizontal do projétil e a velocidade inicial, abordar possíveis discrepâncias e entregar, no encontro seguinte, um relatório descritivo, individual (o modelo utilizado na situação-desafio é mostrado na Fig. 2).

Consideramos importante proceder a uma análise de alguns relatórios produzidos pelos estudantes tanto na situação-desafio, quanto em atividades de roteiro fechado como forma de identificar achados, possíveis vantagens e/ou desvantagens da dinâmica modificada. Fizemos isto de forma comparativa (relatórios da situação-desafio *versus* experimentos tradicionais).

Nesse sentido, são mostrados e discutidos na sequência apenas dois exemplos (relatórios dos estudantes E4 e E6) para não estender excessivamente o texto. Contudo, destaca-se que essa análise detalhada foi feita para uma amostra de 10% dos relatórios entregues no semestre e os achados se mostraram muito positivos.

A Fig. 2 mostra uma imagem do roteiro semiaberto (situação-desafio) e o relatório elaborado pelo estudante E4 ao Experimento 2, que fez uso de roteiro fechado (sobre a 2ª Lei de Newton). A análise que se segue pretende destacar vantagens e desvantagens dessas distintas propostas.

No seu relatório da situação-desafio o E4 narrou os principais passos e os resultados obtidos na realização da tarefa e o fez através de um esquema que alterou textos concisos (“*inicialmente calculamos a velocidade inicial do projétil. Para isso medimos a distância entre os sensores do equipamento bem como o tempo que a esfera levava para percorrê-lo. Os valores encontrados foram os seguintes...*”) e cálculos (por exemplo, para obter a velocidade inicial do projétil). Tal esquema sugere que sua narrativa respeitou a ordem com que o grupo desenvolveu a tarefa e que ele próprio precisou organizar suas ideias a fim de expressá-las de forma precisa. Teve, inclusive, a preocupação de informar, no rodapé da pág. 1 (do relatório descritivo), o ângulo de inclinação do disparador em relação à horizontal (... *o ângulo empregado foi 0°*). Todos esses aspectos pareceram mostrar que o E4 tinha compreensão adequada da situação física em estudo e dos conceitos envolvidos.

E4: (...) *com a velocidade inicial conhecida e com a altura da mesa também conhecida (89 cm) é possível prever o alcance horizontal relacionado com o tempo de queda (queda livre).*

Acrescenta-se que 67% (34 dos 51 estudantes que efetivamente realizaram a situação-desafio) entregou a tarefa (relatório descritivo) nesse padrão: claro, objetivo e preciso; 41% do grupo fez uso de desenhos ou algum esquema da trajetória do projétil ao redigir o relatório, embora não tivesse sido solicitado. Isto pode estar sugerindo que representar esquematicamente o fenômeno pode auxiliar a captar os significados das situações e que os esquemas têm distintos ingredientes, como teoriza Vergnaud (apud MOREIRA; VEIT, 2010).

Atividade experimental 1: Lançamento horizontal de projétil - FÍSICA IC/2012-1

NOME:

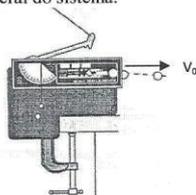
Cartão:

Turma:

Você já estudou diferentes tipos movimentos que uma partícula pode ter como MRU, MRUV e o MQL. O movimento de projéteis é uma composição dos movimentos horizontal e vertical facilmente observável no cotidiano. Então, você está habilitado a resolver um pequeno desafio. Para isso, podem ser úteis algumas fórmulas:  $y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$ ;  $v_y = v_{0y} - gt$ ;  $x = x_0 + v_{0x}t$ .

**Desafio Prático:**

Um lançador de projéteis, consistindo de uma mola que pode ser comprimida por um êmbolo dentro de um tubo metálico cujo esquema é mostrado na sequência, lança uma pequena esfera metálica, com velocidade inicial  $V_0$ . A inclinação do sistema pode variar desde uma posição vertical até uma posição horizontal e o ajuste pode ser feito com o fio de prumo acoplado na lateral do sistema.



Equipamentos para montagem instrumental:
- lançador de projéteis c/suporte, grampo de fixação e alavanca disparadora (usar o primeiro estágio de compressão da mola)
- cronômetro digital com dois fotossensores
- esfera de aço
- bastão plástico
- papel de seda
- papel carbono
- fita durex
- trena

**QUESTÃO:** Como você faria para determinar o alcance de um lançamento horizontal da esfera (projétil)? Planeje um experimento que permita medir a velocidade inicial ( $V_0$ ), estime usando as equações de movimento o alcance horizontal e, na sequência, faça medidas experimentais para verificar se o alcance da esfera se aproxima do valor estimado.

Utilize os equipamentos fornecidos, listados na tabela, sendo que uma sugestão de montagem é oferecida nas fotografias e faça as medidas que julgar necessárias para resolver esse problema.

Escreva em seu relatório o procedimento utilizado, os valores das medidas que você realizou, o valor encontrado para a velocidade inicial, o alcance horizontal estimado e o obtido experimentalmente.



Referências:

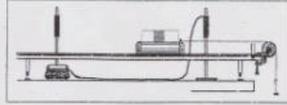
PASCO SCIENTIFIC (1995). *Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model ME-6825, Mini Launcher*. Roseville, USA.

SILVA, M. T. X. (1997). *Atividades Experimentais*. Instituto de Física, UFRGS.

CIDEPE (2011). *A Ciência além das formulas*. Livro de Atividades Experimentais (Física experimental – Unidade mestra Física geral – para computador com sensores, interface e software/EQ800), V. 2, Rev. 23.

(a)

O objetivo deste experimento é verificar a Segunda Lei de Newton analisando o movimento de translação de um corpo sobre um plano horizontal, ao variar a força resultante, embora mantendo constante a massa total do sistema.



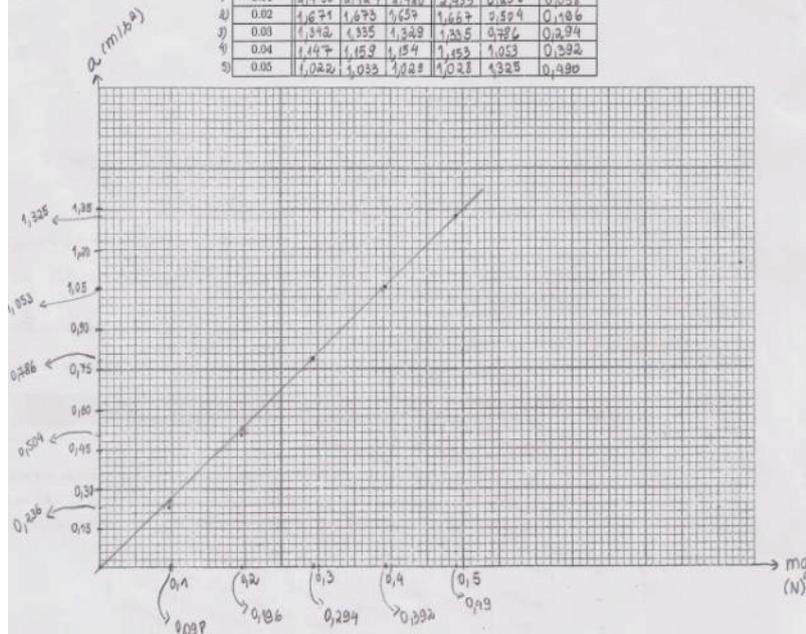
- Escolha um intervalo de aproximadamente 70 cm de tal modo que nesse intervalo a massa suspensa não toque nem a roldana, nem o chão.
- Ajuste o cronômetro digital no modo PULSE, precisão 1 ms. Posicione os disparadores óticos nas extremidades do intervalo acima.

O trilho é colocado junto a uma das extremidades da mesa, de forma que a massa suspensa, que traciona o carrinho sobre o trilho, possa cair até o chão. Dois disparadores óticos são utilizados para medir, em vários casos, os tempos que o carrinho leva para percorrer uma distância conhecida, partindo do repouso. Sabendo-se que o movimento é uniformemente variado, estes tempos permitem determinar a aceleração do sistema em cada caso.

Suspenda  $m = 50$  g (incluindo a massa do suporte) ao fio. Observe que a massa total do sistema é constante e vale  $M_{\text{tot}} + 0.05$  (em kg). Meça três vezes o tempo de movimento do carrinho entre as posições inicial e final, partindo do repouso. Variando a massa  $m$  entre 0.01 e 0.05 kg, meça os tempos de movimento do carrinho. Para que a massa do sistema se mantenha constante, a massa suspensa removida é acrescentada ao carrinho (use fita adesiva para fixá-las). Calcule a aceleração do sistema em cada caso:  $a = 2\Delta x/t^2$ . Faça o gráfico da aceleração em função do peso suspenso, determine a equação da reta e interprete o resultado.

- Determine a massa  $M_{\text{tot}}$  do carrinho sem remover o interruptor ótico.

	m (kg)	t <sub>1</sub> (s)	t <sub>2</sub> (s)	t <sub>3</sub> (s)	t (s)	a (m/s <sup>2</sup> )	mg (N)
1)	0.01	2,415	2,424	2,420	2,423	0,236	0,098
2)	0.02	1,671	1,673	1,657	1,667	0,524	0,196
3)	0.03	1,342	1,335	1,329	1,335	0,724	0,294
4)	0.04	1,147	1,152	1,154	1,152	1,053	0,392
5)	0.05	1,022	1,023	1,022	1,022	1,325	0,490



(b)

Fig. 2 – (a) Mostra a imagem do roteiro da situação-desafio utilizada na Atividade Experimental 1 e (b), o relatório produzido pelo estudante E4 na Atividade Experimental 2, com roteiro fechado.

Por outro lado, observa-se na Fig. 2 que o estudante E4 relatou o Experimento 2 (roteiro fechado) em uma única página, limitando-se ao preenchimento da tabela com resultados dos cálculos e à construção do gráfico solicitado. Ao passo que os relatórios à situação-desafio apresentaram invariavelmente mais riqueza de detalhes e indícios de uma maior organização da estrutura cognitiva para a construção da narrativa, quando comparados com os relatórios “tradicionais”.

Apesar de não se poder afirmar que a situação-desafio tenha resultado em maior aprendizagem, comparativamente ao relatório da Atividade Experimental 2 do estudante E4, pode-se inferir que deste último tipo de relatório pouco ou nada se aprende sobre a compreensão e aprendizagem que resultaram para o educando.

A inspeção de todos os relatórios entregues à nova proposta mostrou que, embora alguns alunos tenham sido mais sucintos enquanto outros foram mais ricos e descritivos, todos os trabalhos exigiram reflexão e sistematização de ideias para expressá-las em formato de narrativa coerente e clara. Apenas cinco estudantes, todos do mesmo grupo, apresentaram relatórios com erros grosseiros ou enganos nos cálculos, e, possivelmente, indicando falta de compreensão da situação física estudada. Nos demais oito grupos, percebeu-se que houve um bom nível de negociação de ideias e interação social nos grupos, interações essas que foram acompanhadas pelo docente. Como já referido, os equipamentos foram entregues desmontados e os grupos, após negociações e em alguns casos depois de várias tentativas, montaram adequadamente e os resultados numéricos, bem como o uso das expressões cinemáticas, foram coerentes e adequados.

Uma análise mais detalhada, com base na técnica da microanálise sugerida na *teoria fundamentada* (STRAUSS; CORBIN, 2008) é apresentada na sequência e teve o objetivo de identificar mais minuciosamente possíveis aspectos da estrutura cognitiva, certas lacunas ou falhas de compreensão, pontos que precisam ser atacados para tornar a aprendizagem mais efetiva e também visando identificar certas concepções que esses estudantes de Engenharia, no primeiro semestre do curso, detinham sobre a natureza da ciência.

A Fig. 3 mostra a frente de duas páginas do relatório à situação-desafio produzido pelo estudante E6, que passamos a examinar:

i) o estudante escreveu na página 1 (imagem à esquerda) a equação da queda livre ( $y = y_0 + v_0 t - g t^2 / 2$ ) (eq.1), e no verso da pág. 2, onde desenvolveu os cálculos escreveu " $d = v_0 t - g t^2 / 2$ " (eq.2) e, na sequência, " $0,89 = - 4,9 t^2$ " (eq.3). Inferre-se que ele assumiu que o movimento do projétil pode ser descrito em relação a um referencial que aponta para cima; considerou “g” como um valor positivo (representando um módulo) e supõe-se que colocou o sinal de menos em evidência na eq. 3 para indicar que o vetor  $\vec{g}$  aponta no sentido contrário do referencial; contudo

## RELATÓRIO DE LABORATÓRIO

**TAREFA E OBSERVAÇÃO:** NOSSO PRINCIPAL OBJETIVO DESTA AULA DE LABORATÓRIO ERA SABER PROJETAR. DESEJÁVAMOS MONTAR SOBRE A MESA UM SISTEMA CAPAZ DE LANÇAR PEQUENAS ESFERAS METÁLICAS, SIMULANDO UM LANÇAMENTO DO PROJÉTIL DEPOIS DE LANÇADA A BOLA, ELA CAIRIA SOBRE O CHÃO DA SALA, DESENVOLVENDO UMA VELOCIDADE TRANSVERSAL DE UM PROJÉTIL. PARA ISSO, MONTAMOS O SISTEMA LANÇADORA ACIONADO SOBRE A MESA, NO LANÇADOR, ACOPAMOS UM MEDIDOR DE TEMPO, COM INÍCIO E FIM, ASSIM, COMO A DISTÂNCIA ENTRE O INÍCIO E O FIM ERA DE 40CM, DIVIDINDO A DISTÂNCIA PELO TEMPO DADO PELO MEDIDOR, E CALCULAMOS A VELOCIDADE HORIZONTAL (V<sub>H</sub> - REAL). DEPOIS MEDIMOS A ALTURA DO SISTEMA (MESA) EM RELAÇÃO AO CHÃO, SE É QUE A VELOCIDADE INICIAL VERTICAL É ZERO, ENTÃO CAPAZES DE CALCULAR O TEMPO DE QUAISQUER ALTURAS, CONSEQUENTEMENTE, O TEMPO TOTAL DO MOVIMENTO, SE É QUE OS TEMPOS DE QUAISQUER ALTURAS, ATRAVÉS DE  $y = v_{iy}t + \frac{1}{2}gt^2$ . APÓS O TEMPO UTILIZÁVEL COM A VELOCIDADE HORIZONTAL SE CONVERTE, USANDO  $x = x_0 + v_x(t)$ . O RESULTADO DE TUDO ISSO É O DESENVOLVIMENTO HORIZONTAL DO PROJÉTIL. DEPOIS DE FEITO O EXPERIMENTO POR VÁRIOS VEZES DISTINTAS MEDIDAS, COM UMA TABELA, A DISTÂNCIA DA MESA DO PAVO DE CADA LANÇAMENTO (POIS A BOLA BOLEIA SOBRE O PAPEL SOBRE O PAPEL CARBONADO, ASSIM, O PAPEL CARBONADO MARCA O PAPEL SOBRE O PAPEL SOBRE A DISTÂNCIA HORIZONTAL EXATA. MAIS TARDE AVANÇAMOS OS DADOS OBTIDOS E TIVAMOS RESULTADOS SATISFATÓRIOS.

### TABELA DE DADOS: VERSO DA FOLHA

**CONCLUSÃO:** DEPOIS DE REALIZADO TODO O EXPERIMENTO, COM TODOS DADOS RECOLHIDOS, ENTÃO CAPAZES DE COMPARAR OS DADOS OBTIDOS EXPERIMENTALMENTE (MEDIDAS) COM OS DADOS OBTIDOS POR MEIO DE CÁLCULOS E FÓRMULAS (COMO PERÍMETROS (E USAMOS AS FÓRMULAS PARA RESOLVER PROBLEMAS HIPOTÉTICOS BASEADOS NA REALIDADE, OS ÚLTIMOS CÁLCULOS POR MÉDIAS E POR CÁLCULOS DERIVADOS SÃO COMPLEXOS, OU AO MÍNIMO, DESNECESSÁRIOS). E FOI ISSO QUE CONSTATAMOS, TIVAMOS BOM RESULTADO (COMO PERÍMETROS OBSERVAR OS VALORES DA TABELA EM ALGUNS PONTOS CONSTANTES QUE OS VALORES OBTIDOS EXPERIMENTALMENTE FORAM, SE NÃO SÃO MAIS, MUITO PRÓXIMOS DA REALIDADE OU

OS VALORES CALCULADOS REPREZENTAM, SEM DÚVIDA ALGUMA, O QUE ACONTECE NA REALIDADE DE FORMA CORRETA E PRECISA. PODAMOS VERIFICAR QUE HÁ ALGUMAS DIFERENÇAS EM RELAÇÃO A ALGUNS ALGARISMOS DUAS OU TRÊS CASAS APÓS A VÍRGULA, O QUE, PORÉM, AINDA MANTÉM NOSSO EXPERIMENTO E NOSSO DEBATE PRECISOS, POIS TAIS DISCREPÂNCIAS DEBEM-SE A ARREDONDAMENTOS AOS QUAIS ESTAMOS SUJEITOS E PRECISAMOS EFETUAR PARA CALCULARMOS O QUE QUEREMOS, OU TAMBÉM POR LIMITES DE PERCEPÇÃO HUMANA, COMO MEDIÇÕES MINIMAMENTE MAIORES DO QUE MEMORIZAR, MAS ACREDITAMOS QUE ISSO SEJA NORMAL.

EM SUMA, DEPOIS DE TODO EXPERIMENTO REALIZADO, E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS, COMPARANDO OS COM O QUE JÁ É O IDEAL, VERIFICAMOS QUE ESTÁ MUITO PRÓXIMO, O QUE MOSTRA QUE FÓRMULAS E MÉTODOS SÃO MUITO IGUAIS E NOS DÃO UMA GRANDE LIBERTADE SOBRE O QUE ACONTECE NA REALIDADE.

**TABELA DE DADOS** (diâmetro = 10 cm)  
(tempo de queda (movimento) = 0,426 s)

	TEMPO (s)	Velocidade x N <sub>x</sub>	DISTÂNCIA REAL	DISTÂNCIA (EXPERIMENTO)
LANÇAMENTO 1	0,042	2,3089 m/s	1,002 m	1,039 m
LANÇAMENTO 2	0,0415	2,439 m/s	0,998 m	1,039 m
LANÇAMENTO 3	0,0415	2,439 m/s	0,997 m	1,039 m
LANÇAMENTO 4	0,0415	2,439 m/s	1,012 m	1,039 m
LANÇAMENTO 5	0,0415	2,439 m/s	0,992 m	1,039 m

CÁLCULOS → VERSO

Fig. 3 – Mostra imagens das páginas 1 e 2 (frente) do relatório elaborado pelo estudante E6 à situação-desafio.

escreveu “d” positivo ao invés de considerar a distância percorrida na queda, que seria -0,89cm, cometendo aqui um erro. Ao efetuar o cálculo o aluno desprezou o sinal negativo que aparece na eq. 3 e apresentou um valor numérico adequado. Isto parece mostrar que o E6 sabia que o tempo, única variável da eq. 3, deveria ser representado por um número real positivo. Não é possível inferir se o estudante, ao assumir “d” como sendo a altura da mesa, compreende que esse valor deveria equivaler ao deslocamento vertical ( $y - y_0$ ), nem se refletiu sobre a relevância de definir um referencial e onde localizar sua origem. Como os valores obtidos estão adequados, é possível que o E6 não soubesse expressar matematicamente bem o problema, mas que tendo noções conceituais adequadas, soube chegar à resposta adequada. Em função disso, nossa interpretação é de que o E6 “*não compreende o conceito de referencial e de origem do referencial*”. Esta asserção foi tomada como categoria que a microanálise suscita que se levante a partir dos dados, “falas” (verbais ou escritas) dos sujeitos de pesquisa, pois dez (10) estudantes dessa turma apresentaram relatórios com estas mesmas características. Ou seja, 20% do grupo investigado inclui-se nesta categoria.

ii) ao narrar que “... *descrevendo [a esfera] uma verdadeira trajetória de um projétil*” parece sugerir que existem trajetórias não verdadeiras (seriam aquelas mostradas nos livros?) ou, então, uma concepção de que a “*verdade está associada ao que se pode ver e medir*”. Ao expressar “... *acoplamos um medidor de tempo com início e fim*” referindo-se aos fotossensores, parece atribuir aos termos “início e fim” um *sentido real*, um sentido um tanto “empirista ingênuo”. Na sequência escreveu “*depois de ter feito o experimento por cinco vezes distintas, medimos com uma trena (...) para saber a distância horizontal exata*” o que sugere que medidas que podem ser feitas diretamente são reais e exatas. Mais adiante escreveu, “*como podemos (e usamos) as fórmulas para resolver problemas hipotéticos baseados na realidade, os números obtidos por medidas e por cálculos deveriam ser os mesmos...*”, o que parece indicar uma concepção de que fórmulas (ou teorias) são verdadeiras porque descrevem a natureza. Essas “falas” foram interpretadas como expressões de uma concepção epistemológica muito próxima da *visão empírico-indutivista da natureza da ciência*, ou seja, uma concepção de que as teorias científicas são descobertas a partir de dados empíricos e que é disso que resulta seu valor de verdade absoluta. No início da página 2 (imagem à direita) o E6 explicita “*os valores calculados refletem, sem dúvida alguma, o que acontece na realidade de forma correta e precisa*”. E a frase que antecede a tabela, ainda na pág. 2, reafirma essa ideia ao expressar que “... *o que mostra que fórmulas e medidas reais nos levam e nos dão uma grande certeza sobre o que acontece na realidade*”. Estas

frases finais são autoexplicativas e não deixam dúvidas sobre o tipo de concepção que o estudante parece deter.

iii) sobre as discrepâncias entre os valores estimados e medidos experimentalmente o E6 escreveu “... *devem-se a arredondamentos aos quais estamos sujeitos e precisamos efetuar para calcularmos o que queremos, ou também por erros mínimos de percepção humana...*”. Isto parece mostrar que ele não levou em conta outras fontes de incertezas, como a resistência do ar ou problemas de calibragem ou ainda falta de precisão dos instrumentos de medida, já que estes não são ideais, enquanto as equações resultam de idealizações ou modelos. Assim, o aluno passa a ideia de que as discrepâncias somente estão associadas aos problemas dos sentidos do observador, o que sugere uma concepção de que se a percepção e os sentidos humanos fossem perfeitos obteríamos dados observacionais perfeitamente coincidentes com os previstos nas leis e teorias, induzidas a partir deles, e, portanto, *verdadeiras e absolutas*.

Destaca-se que 20 estudantes (39%) dos 51 que entregaram o relatório demonstraram concepções epistemológicas nessa linha, quer expressando de forma explícita como fez o E6, quer de forma indireta, por exemplo: o estudante E2, ao perceber que as discrepâncias eram pequenas não discutiu fontes de incertezas e simplesmente afirmou, “*obtivemos valores teóricos e experimentais realmente próximos*”; o E8 noticiou “... *pudemos observar que os resultados coincidiram com os dados obtidos na prática*”; o E12, escreveu que “*o dado calculado coincidiu com as medições práticas*”; outros ignoraram as discrepâncias, ou assumiram que a teoria (fórmulas) eram *comprovadas pelos dados experimentais* e realizaram uma única medida experimental, possivelmente tomada como verdadeira e exata.

Merece destaque que 14 estudantes (28%) apresentaram relatórios curtos, precisos, com cálculos adequados, indicando os passos e usando as equações parcimoniosamente, discutindo fontes de incertezas de forma adequada e indicando organização da estrutura cognitiva e objetividade nas informações. Interpretamos isto através de uma categoria que escolhemos chamar *precisão de raciocínio e objetividade associada à utilidade das teorias*.

A importância desses achados é que tudo o que foi possível inferir na presente análise decorreu do formato narrativo de relatório propiciado pela situação-desafio, que é aberto e induz o estudante a escrever, a refletir sobre como narrar os fatos, fornecendo, assim, pistas sobre sua compreensão, sua interação e negociação de significados, suas concepções e sua objetividade (ou não).

As categorias levantadas na presente análise parecem indicar, como sugere Vergnaud (ibid.), que há muito de implícito nos esquemas de assimilação, ou

seja, entre o que os estudantes demonstram na sua conduta (ou modos de raciocínio) e as representações, ou formas de expressão que utilizam nos relatórios [entre esquemas e situações, tomadas como tarefas, no sentido de Vergnaud]. Os invariantes operatórios, ingredientes dos esquemas, relacionam a prática e a teoria na medida em que a percepção e a seleção das informações, e das representações que escolhem expressar nos relatórios, baseiam-se em conhecimentos-em-ação (atributos, assunções, condições, situações e relações que estão disponíveis na mente, ou estrutura cognitiva: conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação) que permitem abordar os assuntos de forma abreviada, dar conta da situação apresentada no laboratório didático, por exemplo. Mas aparecem também algumas lacunas.

Alguns invariantes operatórios são listados, tentativamente, no Quadro 1.

Quadro 1 – Identificação de alguns invariantes operatórios a partir da microanálise dos relatórios produzidos pelos estudantes à atividade em formato de situação-desafio.

<b>Possíveis teoremas-em-ação:</b>	<b>Argumentos:</b>
1 - O projétil cai verticalmente e ao mesmo tempo se desloca horizontalmente, mas são movimentos associados pelo tempo que é o mesmo (isto leva o estudante a desenhar a trajetória em duas dimensões).	Implicitamente analisam os movimentos de queda livre (movimento vertical acelerado) e o movimento horizontal (movimento retilíneo e uniforme) separadamente, isto é, consideram-nos movimentos independentes, mas assumem que o tempo de voo é o mesmo (os esboços de trajetórias apontam isto) e isto os associa. Todos os relatórios assumem isto embora nenhum tenha explicitado o que sugere que se trata de um teorema-em-ação resultante do enfrentamento de situações anteriores, ao longo da vida escolar.
2 - Correspondência biunívoca entre posição (do projétil) e números indicados no gráfico (às vezes não indicados expressamente, mas assumidos).	Essa associação biunívoca aprendida através da construção e uso de gráficos (na Matemática, Física, etc.) se mostra um conhecimento-em-ação implícito na maioria dos estudantes.
3 - Existe uma força apontando para baixo devida a Terra o que implica que a aceleração da gravidade tem um valor (em módulo) conhecido que pode ser tomado como constante.	Em todos os cálculos e em todos os relatórios os estudantes assumiram o valor conhecido e considerado constante nas proximidades da Terra (normalmente apresentado em livros de texto como sendo $9,81 \text{ m/s}^2$ ), embora nenhum tenha explicado de forma

	explícita por que estavam assumindo e usando esse valor (ou módulo).
4 - Organizações invariantes podem ser associadas ao ato de medir (tempo, distância) comparando as grandezas físicas a unidades padrão, pelo uso de instrumentos de medida (cronômetro, metro).	A ação de medir e a forma de fazê-lo são invariantes, mas as questões de precisão, incerteza, erro não parecem ser de domínio da maioria.
<b>Possíveis <u>conceitos-em-ação</u>:</b>	<b>Argumentos:</b>
1 - Conceito de referencial inercial associado a um sistema de eixos cartesianos.	Onde colocá-lo e para onde apontá-lo é também um divisor de águas, mas implicitamente, a maioria assume que nesse referencial valem as equações da cinemática.
2 - O conceito de origem do sistema referencial.	Onde colocá-lo (na boca do disparador, no solo, ou em outro ponto) parece não estar claro para boa parte da turma.

A relevância de buscar identificar invariantes operatórios está relacionada com a necessidade de o docente perceber se os estudantes dominam certos conceitos fundamentais. Por exemplo: embora a maioria tenha assumido uma correspondência biunívoca entre posição e números (teorema-em ação 2, do Quadro 1), nem todos conseguiram fazer uma adequada associação ao conceito de referencial (localização, direção e sentido). Neste aspecto, aparece um divisor de águas: há aqueles que abstraíram o conceito de referencial e conseguiram representar, interpretar e calcular adequadamente e, aqueles que parecem não ter desenvolvido essa habilidade, aparecendo como uma lacuna na sua aprendizagem. Isso parece indicar pontos que o docente deveria atacar.

## VI. Análise das respostas ao questionário aplicado no Estudo 2

Ao final do semestre 2012/1 o questionário construído e validado no Estudo Preliminar foi aplicado à turma investigada, com uma pequena alteração: incluiu-se a Questão 21 em que se solicitou aos estudantes para que manifestassem qual das modalidades de roteiro preferiram (se o formato de situação-desafio ou se os roteiros fechados tradicionais, utilizados nas demais atividades da disciplina) e se eles tinham sugestões ou críticas à proposta sugerida. Com os escores das respostas às questões objetivas calculamos novamente o coeficiente de fidedignidade e obtivemos um valor de 0,6 para o Alfa de Cronbach. Esse valor está abaixo daquele obtido no Estudo Preliminar, mas foi considerado aceitável tendo em vista

que a turma era pequena e bastante homogênea, se comparada ao grupo do primeiro estudo.

Houve 43 respondentes nesta aplicação e alguns dos resultados mais relevantes são mostrados na sequência.

Tabela 2 – Respostas mais representativas a algumas questões do questionário aplicado a uma turma (43 respondentes) de alunos de engenharias e outros cursos, matriculados na disciplina de Física básica (Física IC: mecânica) no semestre 2012/1, da UFRGS.

Total respondentes e N° da questão	N° de estudantes que apresentaram esta resposta	Percentual	Resposta mais representativa
43 <b>Questão 2</b>	37	86%	Concordam (percentual idêntico ao do Estudo 1) que <i>estudar Física é importante porque estimula certa reflexão sobre a realidade do mundo.</i>
43 <b>Questão 3</b>	39	90,7%	Concordam (percentual maior ao do Estudo 1) com a afirmação de que a <i>aprendizagem pode ser facilitada</i> por meio de aulas práticas de laboratório.
43 <b>Questão 4</b>	15-não 28-sim	34,9% 65,1%	Responderam que <i>nunca estiveram em um laboratório de Física antes da disciplina de Física IC</i> ; Um percentual maior que o do Estudo 1 afirmou que já tinha experiências anteriores em aulas de laboratório, a maioria no Ensino Médio.
Q. 6: <i>Quais eram suas expectativas para as aulas de laboratório no início da disciplina de Física IC?</i>			
43	40 27	93% 62,8%	Efetivamente responderam à Questão 6. Um percentual maior que o do Estudo 1 (era 51,9%) manifestou expectativas que foram agrupadas na categoria que escolhemos chamar " <i>Física, uma ciência útil porque permite visualizar na prática sua base</i>

<b>Questão 6</b>	10	23,3%	<i>teórica e assim perceber sua aplicabilidade”;</i> <u>Principais expectativas:</u> - Colocar em prática/visualizar, de maneira objetiva, o que aprendemos na teoria; - que ajudassem a aprender melhor a teoria/o conteúdo, "enxergando" os fenômenos; - colocar em prática experimentos e verificar a ligação entre experimento e teoria, avaliar erro experimental; - aplicar na prática os conhecimentos e observar se correspondem ao que ocorre no cotidiano	
	9	20,9%		
	4	9,3%		
	4	9,3%		
Q.9: O que você sugeriria para tornar as aulas de laboratório mais proveitosas para a sua formação profissional e acadêmica?				
<b>Questão 9</b>	43	36	83,3%	Apresentaram algum tipo de sugestão para tornar as aulas de laboratório mais proveitosas
		8	16,7%	<u>Ideias mais representativas:</u> - Que houvesse mais experimentos; - experimentos diferenciados e mais relacionados com o cotidiano; - experimentos e problemas mais focados nas engenharias - mais instrutores ou turmas menores (10,4%)
		7	14,6%	
		6	12,5%	
		5	10,4%	
<b>Questão 12</b>	43	33	76,6%	Concorda (em percentual próximo ao do Estudo 1, que foi de 81,7%) com AFIRMAÇÃO 12: <i>as atividades experimentais para os cursos de Engenharia deveriam ter um perfil diferenciado, voltado para a aplicabilidade dos princípios, leis e teorias da Física.</i>

Como mostra a Tabela 2, a maioria das respostas concorda e, em geral, em percentuais ainda maiores, com os dados levantados no Estudo Preliminar. Destaca-se que, na questão 6, três estudantes (7%) apresentaram de forma explícita uma expectativa em relação às aulas de laboratório que não apareceu no Estudo Preliminar, de *comprovar as teorias vistas em aula a partir da realidade (experimentalmente)* e isto tende a corroborar achados da microanálise, discutidos no item

precedente, e indicar que parte dos estudantes da turma investigada tinham expectativas inadequadas do ponto de vista epistemológico.

A questão 12, considerada muito relevante para os objetivos da investigação, mostrou que 76,7% dos estudantes pesquisados no semestre 2012/1 (percentual próximo ao levando no Estudo 1) disseram concordar que *atividades experimentais para os cursos de Engenharia, Química e outros cursos deveriam ter um perfil diferenciado, voltado para a aplicabilidade dos princípios, leis e teorias da Física*. Isto, novamente, parece reforçar a hipótese central da investigação, de que os estudantes das engenharias têm uma perspectiva mais voltada para a aplicabilidade das leis e teorias físicas, ainda que 14% tenha noticiado ser “indiferente”.

Com relação à Questão 21, que foi introduzida no presente estudo e formulada da seguinte forma: *no 1º semestre/2012, a Aula Experimental 1 foi em formato de situação-desafio, enquanto as demais seguiram os roteiros propostos na página da disciplina. Qual das propostas você mais gostou? Descreva suas impressões, comentários e sugestões*, construímos o gráfico mostrado na Fig. 4, que permite visualizar as preferências dos alunos pesquisados no semestre 2012/1.

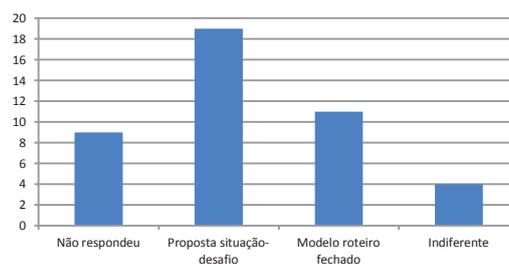


Fig. 4 – Distribuição de frequência das respostas à Questão 21 do questionário aplicado a estudantes de uma turma de engenharias e outros cursos, na disciplina de Física básica investigada, no primeiro semestre de 2012.

Esses dados permitem a seguinte resposta, pelo menos preliminar, à questão-foco que norteou o presente estudo: é possível introduzir atividades de laboratório na modalidade situação-desafio (ou questão semiaberta), que se afasta dos roteiros fechados, tipo receita de bolo, e esta modalidade torna as aulas *mais atrativas, mais desafiadoras e motivadoras e estimulam o raciocínio e a discussão entre colegas* segundo as “vozes” de 55% dos estudantes que efetivamente responderam à Questão 21.

## VII. Considerações Finais

Por meio desta investigação, foi possível perceber também que a implementação de uma proposta de atividade de laboratório em formato de situação-desafio apresenta certos ganhos didáticos, pois permite ao docente ter acesso, a partir de relatórios narrativos produzidos pelos estudantes, a informações mais ricas e detalhadas de modos de raciocínio, sobre certas concepções que os estudantes mantêm a respeito da natureza da ciência e, perceber algumas lacunas de aprendizagem ou certos problemas de compreensão matemática ou conceitual que demandam maior atenção, e que dificilmente seriam percebidas por intermédio dos relatórios tradicionais, resultantes de atividades práticas conduzidas com roteiros fechados.

De maneira geral, os achados que foram favorecidos pelo formato diferenciado dos relatórios à situação-desafio mostram-se bastante positivos: a) pôde-se vislumbrar indícios de aprendizagens significativas em boa parcela dos estudantes investigados; b) essa parcela de estudantes da engenharia que mostrou conhecimentos adequados, em geral, produziu relatórios curtos, claros e precisos, e isto pode estar indicando um modo de pensamento mais pragmático. O pragmatismo pode ser concebido como uma regra para esclarecer o significado de conceitos e hipóteses com base na apreciação de suas consequências práticas (EL-HANI; PIHLSTRÖM, 2002). Assim, é possível que a perspectiva mais voltada à aplicabilidade das leis e princípios físicos desses estudantes esteja associada a esse modo pragmático de pensamento, de significado e de validade de estudos experimentais.

Pode-se inferir que a hipótese inicial de trabalho assumida nesta investigação foi, em boa medida, corroborada, dado que as respostas dos estudantes de engenharias e outros cursos ao questionário construído, validado e aplicado na primeira fase do projeto (142 estudantes do semestre 2011/2) e também aplicado ao segundo estudo (43 estudantes do semestre 2012/1) mostraram que eles veem a Física de uma perspectiva fortemente voltada à aplicabilidade, com expectativas de conhecer como funcionam e se funcionam equipamentos e instrumentos associados ao cotidiano e a seus cursos de engenharia.

Isto se alinha, em alguma medida, à pesquisa recente. Por exemplo, Lima Junior (2013) buscando compreender a evasão no curso de Física da UFRGS explica em termos de disposições a divergência de interesses entre distintos grupos de estudantes; com base em estudos sociológicos esse pesquisador aponta que diferentes instituições (por exemplo, institutos de Artes e Filosofia e institutos de Ciências e Matemática) cultivam diferentes disposições práticas em seus estudantes e estas afetam suas maneiras de estudar; obteve ainda, com base em retratos de

história de vida que, por exemplo, a evasão de um sujeito do curso de Física para o de Engenharia esteve associada a que “...vi que me interessava quando a coisa estava aplicada (...) quando estava funcionando ... utilizando a Física para alguma coisa útil” (ibid., p. 171).

Embora o aporte teórico do presente trabalho não seja o sociológico, esses resultados remetem a algumas reflexões: não dá para desconhecer que certas falas de estudantes das engenharias aqui investigados dizem com outras palavras o mesmo que o sujeito de pesquisa de Lima Junior (2013), ou seja, que estudar Física para explicar os fenômenos e objetos do mundo é distinto de estudar Física com aspirações de aplicação em situações reais. Os físicos em geral buscam explicações e lidam com entidades teóricas e abstratas; os engenheiros lidam com objetos reais, constituídos de materiais reais e tem o compromisso da aplicabilidade (CARTWRIGHT, 1983). Além desses aspectos, Lima Junior (ibid.) alerta para o fato de que as disposições para aprender dependem dos ambientes acadêmicos onde são cultivadas, sendo assim, estudantes das engenharias que ingressam e passam a conviver nas escolas de Engenharia podem passar a entender que só faz sentido estudar o que se mostra útil no sentido de possibilitar aplicações práticas. Em especial nas aulas de laboratório, que proporcionam contato com técnicas e instrumentais, parece relevante aproximar suas expectativas a atividades práticas mais desafiadoras, mais alinhadas às suas próprias disposições. Atividades semiabertas como a testada e analisada nesta investigação parecem favorecer essa aproximação. Outra vantagem está relacionada com a possibilidade de interação social, de reflexão coletiva e colaborativa para a solução do problema, que auxilia na compreensão conceitual e, ao mesmo tempo, prepara o futuro profissional para um mundo de rápidas transformações em que não basta reproduzir dados, identificar símbolos e manusear fórmulas, mas é preciso argumentar, compreender, participar e agir socialmente de forma prática e solidária, criticar, apresentar propostas e adquirir uma atitude de permanente aprendizado e alargamento dos campos conceituais científicos.

### **Agradecimentos**

Agradecimento especial às professoras Doutoras Eliane Angela Veit e Maria Teresinha Xavier Silva, do Instituto de Física da UFRGS, pela leitura, revisão e colaboração permanentes.

## Referências

- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I. V. **Educação Tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.
- BORGES, T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BOSSLER, A. P. *et al.* O estudo das vozes de alunos quando estão envolvidos em atividades de investigação em aulas de Física. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, v. 11, n. 2, p. 301-319, 2009.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96 de 20/12/1996), art. 35, IV, 1996.
- CARRASCOSA, J.; GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A. Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.
- CARTWRIGHT, N. **How the Laws of Physics Lie**. New York: Oxford University Press, 1983. 221 p.
- CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, p. 297-334, 1951.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7, 1994.
- DUPONT, J.; FISCHER, L. Disponível em: <<http://sul21.com.br/jornal/2012/04/pesquisa-meio-essencial-e-nao-fim-de-uma-universidade/>>. Acesso em: 29 ago. 2013.
- EL-HANI, C. N.; PIHLSTRÖM, S. Emergence theories and pragmatic realism. **Essays in Philosophy**, v. 3, 2002.
- FERNANDES, M. M.; SILVA, M. H. S. O trabalho experimental de investigação: das expectativas dos alunos às potencialidades no desenvolvimento de competências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, p. 45-58, 2004.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 2, p. 187-207, 2008.

GOUW, A. M. S; FRANZOLIN, F.; FEJES, M. E. Desafios enfrentados por professores na implementação de atividades investigativas nas aulas de ciências. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 2, p. 439-454, 2013.

HODSON, D. Hacia un enfoque, más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2003.

LABURÚ, C. E. Problemas abertos e seus problemas no Laboratório de Física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 231-256, 2003.

LIMA JUNIOR, P. R. M. **Evasão do ensino superior de física segundo a tradição disposicionista em sociologia da educação**. 2013. Tese (Doutorado) - IF-UFRGS.

MICKLEBOROUGH, NC.; WAREHAM, DG. Teaching Engineering to increase motivation. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 120, n. 1, p. 29-35, 1994.

MOREIRA, M. A.; VEIT, E. A. **Ensino Superior: bases teóricas e metodológicas**. São Paulo: E.P.U., 2010.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.

NASSAR, A. B.; ALMEIDA, J. F.; BASSALO, J. M. F. A física e os novos rumos da Engenharia na Amazônia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1307, 2008.

PARK ROGERS, M.; ABELL, S. The Design, Enactment, and Experience of Inquiry-Based Instruction in Undergraduate Science Education: a case study. **Science Education**, v. 92, p. 591-607, 2008.

RAMOS, T. C.; VERTCHENKO, L. Uma abordagem experimental das propriedades dos corpos deformáveis no ensino de física geral para os cursos de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1502, 2011.

STRAUSS, A. L.; CORBIN, J. **Pesquisa Qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de Teoria Fundamentada**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.