

Construção e validação de uma atividade investigativa para o Ensino de Pêndulo Simples

Construction and validation of an inquiry activities for teaching of simple pendulum

Agamenon Pereira Xavier

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais
agapxavier@yahoo.com.br

Amanda Amantes

Universidade Federal da Bahia
amandaamantes@gmail.com

Resumo

Apresentamos o processo de construção e validação de uma atividade investigativa, do tipo laboratório aberto, para o ensino de pêndulo simples no nível do Ensino Médio. A construção da atividade investigativa partiu de uma pesquisa de mestrado que, após um primeiro processo de validação amostral, foi reformulado e submetido a outra validação, agora por pares. Para este último procedimento foi elaborado um barema que gerou dados para uma análise estatística por meio do índice percentual de concordância, coeficiente kappa e análise de comentários. Consideramos que, no final do processo, obtivemos uma atividade válida com o potencial de gerar resultados confiáveis. Julgamos que este trabalho contribui para a comunidade de ensino de ciências apresentando um desenho coerente para a construção e validação de atividades.

Palavras chave: metodologia, validação, atividades investigativas.

Abstract

We report an approach design and validation regarding simple pendulum for teaching high school students. Tasks were designed based on inquiry activities supported by a previous research. In this paper, we present the approach redesigned and validated by peers. We constructed a grading system to evaluate approach parameters. Analysis embraced the agreement percentage index, kappa coefficient and comments categorization. Ours findings point out for a potential approach to teach simple pendulum content with inquiry activities. We consider the methodological aspects of this paper as the main contribution for science teaching research.

Key words: methodology, validation, inquiry activities.

Contextualização

Carvalho (2014) afirma que são vários os tipos de atividades investigativas que podemos utilizar numa sequência de ensino por investigação, por exemplo: textos históricos, experiências de demonstração investigativas, laboratório aberto, aulas de sistematização ou textos de apoio, questões e problemas abertos e recursos tecnológicos. Neste trabalho apresentamos a construção e validação de uma atividade investigativa, do tipo laboratório aberto, para o ensino de Pêndulo Simples. Estamos considerando atividade investigativa aquela que subtece a ação do estudante no processo de investigar um problema ou desafio. Para Carvalho (2014) em atividades investigativas o aluno sai da posição passiva, deixa de ser um mero observador das aulas, e passa a ter grande influência sobre ela, não é mais um conhecedor de conteúdos, passando a aprender atitudes e desenvolver habilidades como interferir, argumentar, pensar, agir, interpretar e analisar, tal como de elaborar hipóteses, defender sua explicação frente aos colegas de classe e professores, utilizar a teoria aprendida como justificativa de suas ideias. Nas atividades investigativas de laboratório, de acordo com Borges (2002), compete ao estudante: toda a solução e o planejamento do curso de suas ações; a escolha dos procedimentos, a seleção dos equipamentos e materiais, a preparação da montagem experimental, a realização de medidas e observações necessárias; o registro dos dados em tabelas e gráficos; a interpretação dos resultados e enumeração das conclusões. No entanto, este mesmo autor defende que existem diferentes níveis de investigação no laboratório de ciências, de acordo com o que é dado ou deixado em aberto pelo professor em relação ao enunciado do problema, procedimentos e conclusões.

A atividade investigativa foi construída sobre o conteúdo pêndulo simples para o nível de Ensino médio. Dentro deste conteúdo trabalhamos conceitos básicos que envolvem diversos conteúdos de física, por exemplo: força, período, frequência, aceleração, velocidade, entre outros. Assim, o ensino de pêndulo simples permeia várias etapas do Ensino Médio, podendo ser ensinado dentro de Mecânica (habitualmente trabalhado no primeiro ano do Ensino Médio) ou como introdução ao estudo das ondas (geralmente ensinado no segundo ano do Ensino Médio) ou a qualquer momento no último ano do Ensino Médio, uma vez que os estudantes já viram os conteúdos que são essenciais para a aprendizagem de pêndulo simples.

A construção da atividade investigativa parte de uma pesquisa de mestrado (PORTO, 2015), onde uma atividade sobre o mesmo tema passou por um primeiro ciclo de validação, a validação amostral. Como resultado desta validação, dois desafios da atividade foram excluídos e os outros quatro foram melhorados antes do processo de validação por pares.

No desafio 01 os estudantes devem averiguar apoiados na experimentação, a relação entre a amplitude de oscilação e o período do pêndulo. O desafio 02 propõe aos estudantes projetarem uma situação para encontrar a aceleração da gravidade local por meio do experimento e descrever todos os passos seguidos. O desafio 03 é apresentado na figura 01 e no desafio 04 requer dos estudantes uma investigação que envolva os conceitos de pêndulo simples e conservação da energia mecânica.

Este trabalho faz parte de uma pesquisa maior que pretende investigar as diferenças na aprendizagem de estudantes do Ensino Médio sobre conteúdos formais, contrapondo abordagens investigativas e tradicionais, no laboratório virtual e material. Neste sentido é importante a validação desse instrumento, que é o objetivo deste trabalho.

A validação dos instrumentos de uma pesquisa é de fundamental importância, uma vez que estes se tornam mais fidedignos e objetivos. Também nos garante maior confiabilidade no acesso ao traço que queremos investigar e traz maior coerência interna à pesquisa. Neste sentido, Raymundo (2009) aponta que a falta de validação dos testes de uma pesquisa pode

acarretar na sua inadequação por falta de critérios de qualidade, levando a más interpretações quando da análise dos dados gerados por estes.

Ao construir cada desafio da atividade investigativa, houve uma tentativa detalhada em excluir qualquer conteúdo ou tópico que envolva conhecimentos ou habilidades que não estejam relacionadas aos atributos que iremos mensurar com a futura coleta de dados a partir desta atividade investigativa.

A atividade investigativa foi elaborada de maneira que a mesma possa ser aplicada no laboratório material e virtual, tendo-se atenção especial para que, ao ser aplicada nos dois ambientes, um não tenha vantagem sobre o outro¹.

Estamos chamando de laboratório material aquele que o aluno manipula materiais concretos, e de laboratório virtual a simulação destes materiais no computador, sendo que neste, podemos ter virtualmente os mesmos elementos do laboratório material (PORTO, 2015). A atividade investigativa foi planejada para ser utilizada com o kit experimental “pêndulo simples” fabricado pela AZEHEB laboratórios de física e a simulação é disponibilizada gratuitamente no banco de simulações do Physics Educational Technology (PhET) da Universidade do Colorado. No entanto, as atividades podem ser utilizadas tendo suportes outros kits matérias do pêndulo simples e outras simulações.

Metodologia de pesquisa

Participantes e recolha de dados

Durante o processo de construção, as atividades investigativas passaram por várias reelaboraões² por parte dos autores antes de passar pela validação por pares. Para iniciar o processo de validação por pares, criamos um barema. O barema elaborado corresponde a um quadro com determinados critérios para que os pares possam avaliar e julgar a nossa atividade investigativa. A figura 01 apresenta parte do barema, correspondente ao desafio 03.

Desafios	Das alternativas abaixo, qual você julga que mais se aproxima do objetivo dessa atividade? (marque apenas uma)	Em sua opinião, assinale a alternativa quanto a adequação da atividade ao caráter investigativo.	Comentários/sugestões
Desafio 03: Utilizando o experimento do pêndulo simples, investigue a relação entre o período de oscilação e as variáveis comprimento do fio (L) e a massa do pêndulo. Como você resolveu o desafio?	1-() – Fazer com que o aluno chegue a relação matemática entre o período de oscilação e o comprimento do fio, e entre o período e a massa do pêndulo. 2-() – Fazer com que o aluno perceba a dependência ou não entre o período de oscilação com a massa do pêndulo e o comprimento do fio. 3-() – Fazer como que o aluno conclua a não dependência entre o período e a massa do pêndulo, e a dependência entre o período e o comprimento do fio (enquanto maior o comprimento, maior o período).	0-() Inadequado 1-() Razoavelmente adequado 2-() Adequado	

Figura 01: Parte do barema para validação por pares. Fonte: Dados de pesquisa

Na primeira coluna expomos o desafio, conforme será apresentado aos estudantes. Na

¹ Fez-se necessário a não utilização de algumas ferramentas do simulador, de forma que não houvesse vantagem na sua utilização. Ex. no simulador é possível utilizar o “cronômetro gráfico” que marca o tempo e interrompe automaticamente o cronômetro indicando exatamente o período de oscilação.

² Sendo que deveriam abarcar características de atividade investigativa, atender ao conteúdo específico de pêndulo simples, estar de acordo com o nível do ensino médio entre outras peculiaridades.

segunda coluna elaboramos três objetivos que podem se adequar ao desafio, sendo que um deles nós consideramos como aquele que mais se aproxima do objetivo das atividades. Na terceira coluna solicitamos que o juiz julgue numa escala tipo Likert se o desafio proposto está adequado ao caráter investigativo. A quarta e última coluna disponibilizamos para o juiz realizar qualquer comentário e/ou sugestão.

Após finalizada a construção do barema para validação por pares e realização dos ajustes necessários, iniciamos os contatos com os possíveis juízes. Entramos em contato com alunos de graduação em licenciatura em física em fase final do curso, graduados, pós-graduandos (especialistas, mestrandos e doutorandos) e doutores, todos com formação em física. Recebemos o retorno de vinte e quatro juízes, conforme gráfico 01.

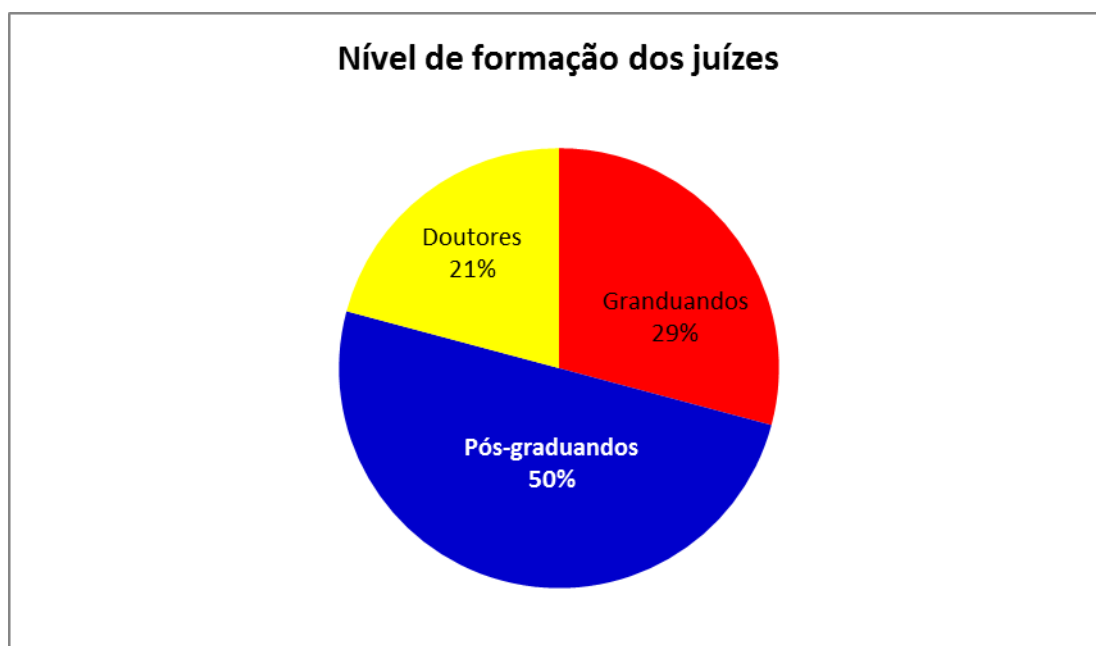


Figura 02: Gráfico: Nível de formação dos juízes. Fonte: Dados de pesquisa

Os juízes atuam em diversas regiões do Brasil, lecionam do nível fundamental a pós-graduação e em instituições privadas, públicas estaduais e federais.

Tratamento de dados e discussão de resultados

De posse dos baremas avaliados, criamos uma planilha para a tabulação dos dados e análises estatísticas. Realizamos uma análise exploratória por meio do índice percentual de concordância (IPC), que é uma estatística descritiva de frequência (BRASIL, 2001). Esta análise foi realizada com os dados da segunda e terceira coluna do barema e com esses mesmos dados calculamos o coeficiente kappa. O coeficiente kappa é uma medida da concordância entre dois observadores ou instrumentos que classificam uma série de unidades observacionais. Pode-se quantificar a concordância entre dois observadores a partir do percentual de respostas iguais, no entanto, parte desse percentual pode ser causal, ou seja, um acaso e não propriamente uma concordância. O cálculo do coeficiente kappa implica em subtrair deste percentual observado de concordância, uma quantidade que poderia ser atribuída ao acaso. Ademais analisamos os comentários e sugestões dispostos na quarta coluna do barema.

O gráfico da figura 03 apresenta o percentual de concordância entre os juízes dos quatro

desafios em relação ao caráter investigativo, ou seja, se cada um dos desafios atendem ou não às características de uma atividade investigativa.

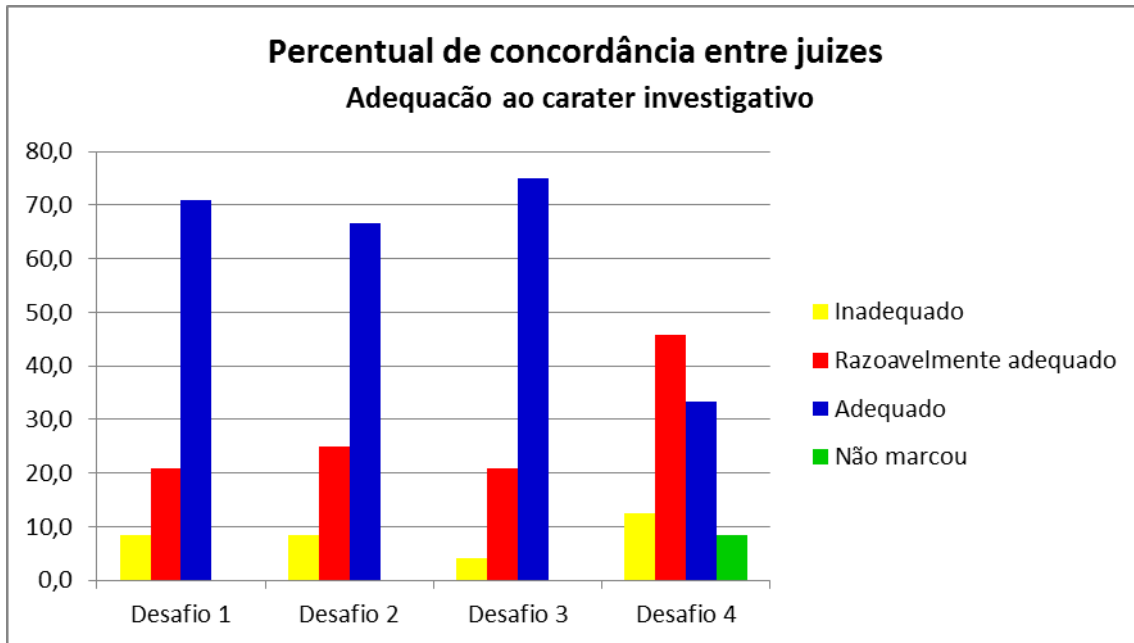


Figura 03: Gráfico: Adequação ao caráter investigativo. Fonte: Dados de pesquisa

Nota-se que os desafios 01, 02, e 03 foram considerados adequados pelos juizes num percentual entre aproximadamente 67% a 75%, e razoavelmente adequado entre 21% e 25% pela avaliação dos mesmos. Já no desafio 04, percebe-se que há algum problema, uma vez que em torno de 45% dos juizes consideraram que este é razoavelmente adequado e apenas 33% julgaram como adequado ao caráter investigativo. Outro indício de problema neste desafio é a abstenção de resposta de aproximadamente 10% dos juizes.

O gráfico da figura 04 mostra o percentual de concordância entre os juizes em relação ao objetivo de cada desafio.

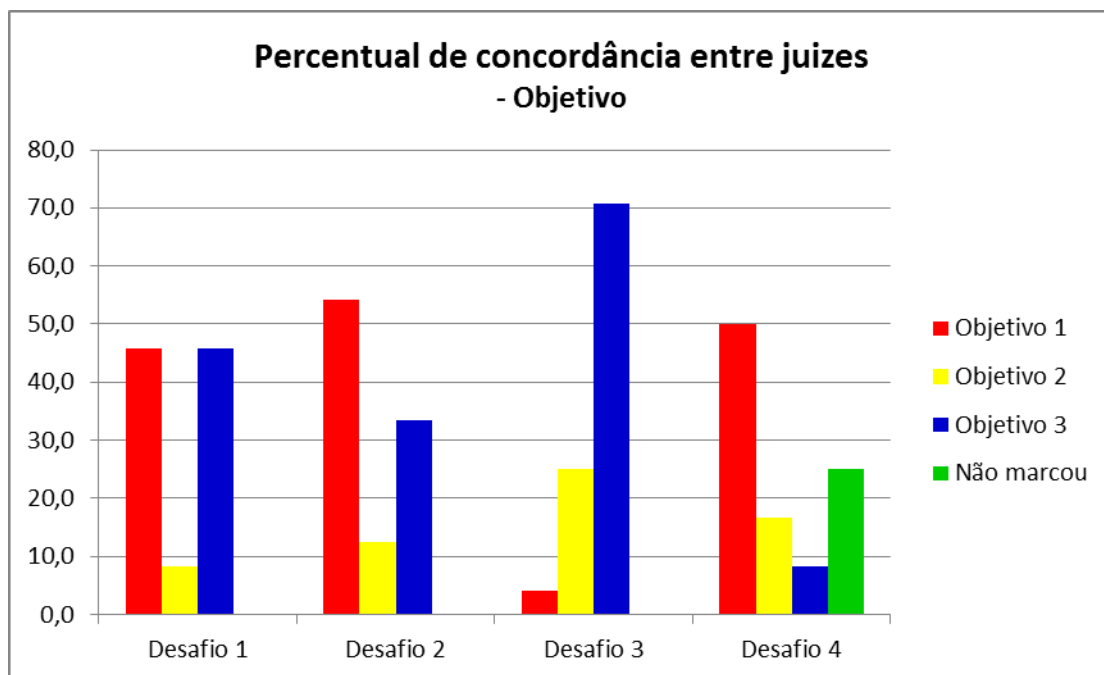


Figura 04: Gráfico: Concordância em relação ao objetivo. Fonte: Dados de pesquisa

No desafio 01 nota-se que houve grande dispersão das respostas dos juízes, sendo que o primeiro e terceiro objetivo obtiveram concordância em cerca de 46% dos juízes. O terceiro objetivo corresponde ao que consideramos estar de acordo com o desafio, e o primeiro objetivo entendemos que esteja aquém do potencial da atividade. No desafio 02 constatamos que diminui a dispersão de respostas, e que aproximadamente 54% dos juízes apontam o primeiro objetivo como correspondente ao desafio, o que está de acordo com nossa percepção. Cerca de 33% dos juízes apontam o terceiro objetivo como o que condiz ao desafio, sendo que na nossa percepção esse objetivo está além do escopo da atividade. Já no desafio 03, nota-se uma concordância entre os juízes acima de 70% no terceiro objetivo, sendo também este o objetivo que declaramos estar adequado ao desafio, e aproximadamente 25% optaram pelo segundo objetivo, que consideramos inferior ao potencial do desafio. Portanto, podemos apontar o desafio 03 como o melhor desenhado da atividade. A partir desse gráfico percebemos novamente indícios que o desafio 04 é problemático. Houve uma grande dispersão das respostas, cerca de 25% dos juízes abstiveram em marcar um dos objetivos, 50% optaram pelo primeiro objetivo que não estar de acordo com a nossa concepção, sendo este corresponde ao segundo objetivo elegido por apenas pouco mais de 15% dos juízes.

A tabela 01 apresenta o cálculo do coeficiente kappa para os vinte e quatro juízes em relação ao caráter investigativo e em relação o objetivo do desafio.

Quanto ao caráter investigativo				Quanto ao objetivo			
Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa	Juízes	C. kappa
J.01	0,6	J.13	1	J.01	-0,455	J.13	0,273
J.02	1	J.14	-0,143	J.02	0	J.14	-0,2
J.03	0,33	J.15	-0,2	J.03	0,143	J.15	-0,091
J.04	0,6	J.16	1	J.04	0,643	J.16	-0,5
J.05	0,143	J.17	0,333	J.05	0	J.17	0,6
J.06	0	J.18	0,2	J.06	0,556	J.18	0
J.07	1	J.19	1	J.07	0,111	J.19	0,6
J.08	0,333	J.20	0,333	J.08	-0,455	J.20	1
J.09	0	J.21	1	J.09	0,2	J.21	0,2
J.10	0,333	J.22	0,2	J.10	0,273	J.22	0
J.11	0,333	J.23	1	J.11	0,273	J.23	0,636
J.12	0,6	J.24	0,6	J.12	1	J.24	0,2

Tabela 01: Coeficiente kappa. Fonte: Dados de pesquisa

Conforme a tabela 01, observando a parte relacionada ao caráter investigativo do desafio, constata-se que aproximadamente 29% da concordância dos juízes é considerada pobre ou desprezível, sendo este o mesmo percentual de concordância considerada grande ou quase perfeita. A maior parte dos julgamentos é considerada suave ou moderada, correspondendo a 42% dos juízes. Dessa forma consideramos bastante favorável o resultado em relação a adequação da atividade ao caráter investigativo. Por outro lado não podemos fazer esta mesma afirmação olhando os dados em relação a concordância quanto ao objetivo que consideramos adequado a cada desafio. Cerca de 58% das concordâncias segundo o coeficiente kappa são consideradas pobres ou desprezíveis, 25% suaves ou moderadas e

apenas 17% são considerados como grande concordância ou quase perfeita. Avaliamos que este resultado não desvaloriza a nossa atividade, uma vez que essa dispersão pode em alguns casos indicar que o objetivo indicado pelos juízes está além do objetivo que esperávamos com tal desafio. Neste sentido, isto se torna um bom indicativo, pois para essa parcela dos juízes, o nosso desafio tem potencial maior do que prevíamos.

A partir da quarta coluna do barema, obtivemos uma quantidade considerável de comentários e sugestões a cerca dos quatro desafios. Para sua análise buscamos encontrar padrões que fossem recorrentes a cada desafio. Os padrões de sugestões/comentários são apresentados na tabela 02.

Desafio 01	Desafio 02	Desafio 03	Desafio 04
-Indicam que o desafio está de acordo com a perspectiva investigativa. -Apontam que os objetivos do barema estão aquém do potencial do problema proposto. -Assinalam que o desafio é eficiente. -Ressaltam fragilidades no desenho de pesquisa, não no desafio.	-Confirmam o caráter investigativo. -Elogiam a atividade. -Consideram o desafio com alto grau de dificuldade. -Criticism a dependência matemática do desafio.	-Consideram interessante o desafio, as discursões e conclusões que podem gerar. -Confirmam o caráter investigativo do desafio, e dizem que este é facilmente resolvido e interpretado pelos alunos.	-Indicam problema na elaboração do desafio. -Sugerem que para a resolução do desafio não é necessário realizar procedimento experimental. -“O desafio está confuso”. -Discorrem sobre a dificuldade de execução da atividade.

Tabela 02: Padrões dos comentários. Fonte: Dados de pesquisa

Considerações finais

Apresentamos a importância e todo o procedimento metodológico para se obter uma atividade válida e confiável para o ensino de Pêndulo Simples por meio de uma atividade investigativa do tipo laboratório aberto. A partir das análises dos dados do barema por meio do IPC, coeficiente kappa e análise dos comentários, consideramos que os desafios 01, 02 e 03 foram validados, sendo necessários algumas reformulações simples. Já o desafio 04 mostrou-se inadequado, não atendendo as características e expectativas para a qual foi elaborado. Ainda em relação a este desafio, conclui-se que não atende as peculiaridades de uma atividade investigativa e não se faz necessário a utilização da atividade experimental, além do que seus dados poderiam gerar muitos ruídos numa futura pesquisa. Tais análises apontaram também pontos fortes, fragilidades e sugestões, que resultaram em alterações na versão final da atividade investigativa.

Consideramos que este trabalho contribui para a comunidade de ensino de ciências apresentando um desenho coerente para a construção e validação de atividades, não apenas investigativas, mas também atividades tradicionais e outros tipos de roteiros experimentais. No final do processo de validação obtivemos um instrumento de pesquisa mais robusto e confiável.

Agradecimentos e apoios

Aos pares que colaboraram com os dados principais deste trabalho. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais e ao programa de bolsa para qualificação de servidores – PBQS.

Referências

AMANTES, Amanda; et al. An analytical tool to evaluate conceptual understanding. In: **Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)**. Chipre, 2013.

ARAÚJO, Sérgio Teixeira de; ABID, Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 176-194, Junho, 2003.

BASER, Mustafa; DURMUS, Soner. The Effectiveness of Computer Supported Versus Real Laboratory Inquiry Learning Environments on the Understanding. Od Direct Current Electricity among Pre-Service Elementary School Teachers. **Eurasia Journal of Mathematics, Science e Technology Education**, 2010, 47-61.

BORGES, A. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

BRASIL. Projeto SB2000 Condições de Saúde Bucal da População Brasileira no ano 2000. **Manual de Calibração de Examinadores**. Brasília, 2001. 31p. Disponível em:<http://189.28.128.100/dab/docs/manuais_sbbrasil/man_cal/man_cal.pdf>. Acesso em: 20 Dez. 2016.

CARVALHO, A. M. P.(Org.) **Calor e temperatura: Um ensino por investigação**. 1. Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

CRESWELL, J.W. Métodos quantitativos. In. **Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2 ed. Artmed & Bookman, 2007, cap. 9, p. 160-183.

DAWSON, T.L. **The Lectical™ Assessment System**, 2005. Disponível em <http://www.lectica.info>. Acesso em: 14 nov. 2013.

MEAD, R. A Rasch Primer: The measurement theory of Georg Rasch. **Psychometrics services research memorandum**. Maple Grove, Data Recognition Corporation, 2008.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, jun., 2002.

MILLAR, Robin. The role of practical work in the teaching and learning of Science. **National Academy of Sciences**, Washington, June, 2004.

PhET. **Physics Educational Technology**. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 03 Mai. 2016.

PORTO, S. C. C. Laboratório Virtual X Laboratório Material: Investigando a Natureza do Entendimento Construído em Dois Ambientes de Aprendizagem. 2015. 135 f. **Dissertação (Mestrado)**- Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

RASCH, G. **Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests**. Chicago: University of Chicago Press, 1980. (original work published 1960).

RAYMUNDO, V. P. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 44, n. 3, p. 86-93, jul./set. 2009. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/%EE%80%80fale%EE%80%81/article/viewFile/5768/4188>>. Acesso em: 16 jan. 2017.

WILLETT, John B. Measuring Change: **What Individual Growth Modeling Buys You**. Harvard University. 1997. Disponível em <<http://www.uknow.gse.harvard.edu/~willettjo/pdf%20files/Willett%201997.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2013