

“É só para ver ou pode mexer?” Abordagem *hands-on* numa sala de Acústica e *feedback* dos visitantes⁺*

*Ernani Vassoler Rodrigues*¹

Doutorando em Educação – Faculdade de Educação da USP

Henrique Rodrigues Teles

Graduando em Física – Universidade Federal do Espírito Sando

Giuseppi Gava Camiletti

Universidade Federal do Espírito Sando

Vitória – SC

Resumo

*Apresentamos uma reflexão sobre as características *hands-on* de um grupo de experimentos em Acústica, construídos para uma sala temática numa mostra científica universitária. Discutimos as intencionalidades dos experimentos à luz da influência de um dos museus pioneiros na abordagem *hands-on* e como tal abordagem demanda uma atitude peculiar dos monitores em relação aos visitantes. Mostramos também dados empíricos de *feedback* dos visitantes em relação aos experimentos.*

Palavras-chave: *Acústica; Espaços Não-formais de Educação; Mostra de Física.*

Abstract

*In this paper we present a reflection upon the *hands-on* approach in a set of acoustics experiments built for a thematic room in a university scientific show. We discuss the intentions behind the experiment under the influence of one of the pioneers *hands-on* museum and how this approach demands from the explainer a particular attitude towards the audience. We also bring empirical data from the audience *feedback* on the experiments.*

⁺ "Is it only for seeing or can I touch it?" *Hands-on* approach in an Acoustics room and visitor *feedback*

^{*} *Recebido: outubro de 2017.*

Aceito: abril de 2018.

¹ E-mails: ernanivr@gmail.com; henrique.rodriguesteles@gmail.com; giuseppi.ufes@gmail.com

Keywords: *Acoustics; Non Formal Education Spaces; Physics Show.*

I. Introdução

Mostras científicas, organizadas por centros de ensino superior, configuram uma prática de extensão universitária. O desenvolvimento das atividades nesse tipo de mostra demanda um envolvimento e comprometimento de alunos e professores num processo dialógico. Isso oferece ao graduando uma rica variedade de experiências, algo que favorece seu desenvolvimento e sua aprendizagem crítica (JEZINE, 2004). Também possibilita uma formação que vai além dos conhecimentos técnico-científicos (SILVA; VASCONCELOS, 2006).

Na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a Mostra de Física e Astronomia é um evento anual, dedicado à divulgação científica, que envolve docentes e discentes de Ciências Naturais, sendo provenientes principalmente dos cursos de Física que são oferecidos pela universidade (licenciatura e bacharelado). A Mostra também permite uma integração entre professores e alunos do PPGEnFís², e alunos da graduação, que se empenham em conjunto tanto na elaboração de experimentos quanto na produção de conhecimento que emerge das avaliações sobre a própria Mostra. Concentradas em salas temáticas, as exposições da Mostra são montadas com o objetivo de aproximar os visitantes dos fenômenos e de conceitos de diversas áreas da Física.

Um objetivo secundário, mas igualmente importante, é permitir que os graduandos atuem como facilitadores/mediadores das exposições, vivenciando facetas diferentes da universidade, podendo experimentar uma interface com a comunidade.

No entanto, Janjaco e Coelho (2015) mostram que a atuação dos monitores da Mostra tinha um viés explicativo ou demonstrativo, na maioria dos experimentos. A lacuna apontada por estes autores nos indicou oportunidade de sistematizar a abordagem aos visitantes. Um momento interessante para o abandono do uso literal do termo *mostra*, que intitula o evento, e a busca pela potencialização do protagonismo dos visitantes, frente aos experimentos.

Essa inquietação despertou nosso interesse em construir uma sala temática, composta por exposições interativas, numa abordagem conhecida como *hands-on*. Para Pavão e Leitão (2007) *hands-on* se refere à ideia de que a interatividade é fundamental para permitir que o visitante tenha uma percepção mais próxima da realidade científica. Em museus de ciências (e também na Mostra) as atividades *hands-on* promovem uma relação direta com os experimentos. Com isso os visitantes protagonizam ações e descobrimentos, performando como sujeitos ativos do processo.

² <<http://ensinodefisica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEnFis>>.

Apropriamo-nos de algumas ideias já desenvolvidas em centros de ciências em outros países, focados na abordagem *hands-on*³. Instaurou-se então um grupo de trabalho composto pelos autores deste texto, a fim de se idealizar um tema e construir as exposições com o máximo dessa característica *hands-on* que pudéssemos para que, com isso, montássemos uma sala temática e *hands-on* na Mostra.

Neste trabalho almejamos apresentar as características *hands-on* e as sistematizações comunicacionais e de intencionalidades, que guiaram a proposição e montagem dos experimentos exibidos numa sala temática da mostra científica em questão. Para isso, faremos um paralelo com algumas das características que os museus de ciências atuais valorizam, especialmente em relação ao papel ativo do visitante, descreveremos as exposições montadas com suas características de interação *hands-on*. Mostraremos nosso processo de validação interna das categorias sensoriais e atitudinais pretendidas para cada exposição e mostraremos dados empíricos coletados como *feedback* de uma parte dos visitantes, acerca das exposições visitadas.

II. Marco teórico

II.1 Mostra de Física: um caso de espaço não-formal de educação

Camiletti *et al.* (2012) apresentam dados que sustentam a satisfação dos participantes diante de exposições da Mostra de Física e Astronomia daquele ano. Mas os mesmos dados apontam para algumas insatisfações nas categorias *entendimento dos alunos* e *segurança dos monitores*. Os resultados de Camiletti e colaboradores nos fazem questionar a expectativa acerca do papel desempenhado pelos monitores.

Nesse sentido, a discussão feita por Costa (2007) mostra que essa inquietude povoa os ambientes de preparação de exposições também em museus. Costa põe sua reflexão em relação a monitores (ou *explicadores*) dos museus de Ciência. Mas os pontos por ele levantados parecem caber adequadamente no caso de mostras científicas, especialmente quando se recebe como visitantes grupos organizados de alunos da educação básica, acompanhados por um professor.

Costa (2007) apresenta quatro problemas em relação aos *explicadores* de museus (que importamos para nossa reflexão acerca da Mostra): (1) caso o tema da exposição seja curricular, o *explicador* deve ajudar, mas sempre atento ao fato de que é o professor do grupo que tem o papel de especialista; (2) por melhores que sejam os *explicadores* e por mais intimidade que tenham com a exposição, a noção dos conhecimentos prévios dos alunos e a intencionalidade de aprendizado ainda são do professor que os acompanha; (3) o tempo da visita é tipicamente muito curto em relação ao tempo escolar e (4) há um problema de legitimidade do monitor por não haver quem valide o discurso do *explicador*.

³ Especialmente o Exploratorium, da cidade de San Francisco na Califórnia, EUA (<https://www.exploratorium.edu/>). Seu *approach* para propor e executar exposições foi nosso norte primário.

No trabalho de Janjacom e Coelho (2015) a Mostra de Física e Astronomia da UFES é posta com um espaço não-formal de educação. Cumpre o papel de *locus* de educação científica, mas com características peculiares. Para esses autores a Mostra é um espaço socio-cultural e dessa forma, sugerem que deva existir uma dinâmica interativa dos participantes, rejeitando o papel de *explicadores* dos monitores.

Neste trabalho, nos alinhamos às reflexões de Costa (2007) e de Janjacom e Coelho (2015). Não cabe ao monitor a responsabilidade didática pelos entendimentos dos conceitos dos participantes de mostra científica. Tal papel, além dos problemas sumarizados por Costa, ainda carrega o risco de uma perpetuação dos monólogos explicativos, por vezes tediosos aos estudantes do ensino básico, algo que está diametralmente oposto ao propósito de um evento como a Mostra.

Dessa (auto)crítica surge embrião de uma mudança de abordagem e de uma ressignificação do papel que conferíamos ao monitor. Mas isso não poderia ocorrer sem uma mudança na intencionalidade do experimento: fazer com que os participantes *participassem* de cada experimento e não fossem apenas expectadores dos mesmos. Uma ressignificação do experimento! Por isso, começar com uma sala temática pareceu ser a situação ideal para destilarmos os apontamentos que trazemos e que possam servir a eventos futuros, nossos e de outros.

Note-se que ressignificar o papel dos monitores e os experimentos não implica num distanciamento do objetivo de alguma aprendizagem por parte dos visitantes. Ao contrário, a Mostra como um todo tem intenção de divulgação científica, mas também de acessibilidade da Física ao grande público, que tem a oportunidade de vivenciar fenômenos naturais, muitas vezes apenas vistos nos livros didáticos e quiçá negligenciados pela educação formal.

Esse pensamento de uma função complementarista de museus de Ciência (e que importamos para pensar a Mostra) é trazido por Gaspar (1993), para quem os museus de Ciência, como espaços extraescolares, podem ter o papel de oferecer à sociedade o que a escola não pode oferecer, podendo suprir a falta de laboratórios e de outros recursos, vindo a estimular e completar o aprendizado.

II.2 Mostra de Física: proximidades em relação aos museus de ciências

A Mostra de Física e Astronomia da UFES não é um museu de Ciências. Mas durante os dias da Mostra, as dependências do Centro de Ciências Exatas da universidade não assumem outra função, que não a de ser o local da Mostra. A disposição das salas, a remoção das carteiras, o corre-corre nos bastidores, prazos a serem cumpridos, expectativa de recepção dos visitantes, toda essa atmosfera nos faz pensar em um paralelo com um museu de Ciências. Por isso, utilizamos de alguns autores, ideias desenvolvidas sobre museus de Ciências, por caberem adequadamente a nossas reflexões sobre a Mostra.

Nossa busca por alternativas que promovessem uma interação visitante/exibição/monitor mais efetiva, mimica uma mudança histórica que os museus de Ciência no mundo sofreram. McManus (1992) apresenta diferentes gerações desses museus. Numa

primeira geração, tinha uma forte vinculação com disciplinas universitárias. A saturação por objetos e a autoridade da informação, onde a atuação dos mediadores limita-se a interpretação verbal dos objetos, era característica principal.

Para McManus (1992), a partir do final da década de 60, começa haver um grande desconforto ao se constatar que o público visitante, em geral, não percebia sentido nas exposições. Isso já apontava uma lacuna no processo de mediação. Necessitava-se, então, de uma maior interação do público com as exposições e atividades. Como consequência, perdiam a força os objetos museológicos e ganhavam foco as abordagens da Ciência através de modelos interativos.

Pela interação, objetiva-se que o visitante manipule os veículos comunicacionais da exibição, colocando em ação as informações disponíveis e que têm como plano de fundo, mas não como ponto de partida ou de chegada, as ideias e os conceitos da Ciência. Há, portanto, uma diferença entre os museus de primeira geração e os de gerações seguintes. Primeiro pela assimetria da autoridade da informação, o que muda o papel dos chamados *monitores*. Depois pela ação dos visitantes no museu, o que muda a intencionalidade das exposições.

Nossa proposta para a sala temática da Mostra, assim como os museus de Ciências de segunda geração, busca se afastar das características da educação formal. Na educação formal, onde se aprende, o que se aprende, quem ensina, com quem se aprende, quem se qualifica a aprender, o tempo dado para aprender, a concordância sobre o que aprender, são fatores fora do controle do aprendiz (MACMANUS, 1992). Já numa proposta *hands-on*, essas características são decididas pelo visitante.

Wellington (1990) aborda as características de centros Ciência *hands-on* mostrando que do ponto de vista cognitivo, as atividades desse tipo contribuem “[...] *diretamente, oferecendo novos conhecimentos, que coisas acontecem em certas circunstâncias; e indiretamente, semeando e deixando memórias que podem, no limite, levar ao entendimento*” (p. 250, tradução nossa). Sobre o entendimento, Wellington (1990) se refere a saber *como* e saber o *porquê*. Wellington também apresenta as contribuições afetivas como as principais de centros *hands-on*, especialmente no desenvolvimento motivacional e no despertar do interesse pela ciência.

Chagas (1993) também mostrava um movimento mundial de renovação dos museus, saindo do *proibido tocar* e preferindo as exposições interativas. Também considerando museus como espaços não-formais de educação, para Chagas “[...] *o aprendizado não formal deve ser desenvolvido de acordo com os desejos de cada indivíduo, para que se torne algo agradável*” (1993, p. 2). Por isso a pedagogia dos museus e também, como defendemos, a pedagogia da Mostra, deve proceder de forma a negociar com a liberdade da condução do visitante.

Outra característica que parece colocar a Mostra de Física e Astronomia como análoga a um museu de Ciências pode ser vista no trabalho de Gruzman (2007). Para Gruzman (2007), museus são espaços privilegiados para a articulação dos aspectos afetivos, cognitivos, sensoriais, do conhecimento concreto e abstrato, bem como produção de saberes.

A Mostra de Física e Astronomia é um ambiente fora da esfera escolar dos visitantes e, embora ainda carregue alguns elementos que são característicos dos museus de primeira geração de McManus (1992), configura um solo fértil para implementação de exposições alinhadas aos museus de segunda geração, mais interativos, mais *hands-on*.

II.3 Atividades *hands-on* em mostras científicas

Nos idos de 1969, a cidade de San Francisco, nos Estados Unidos, via o Exploratorium abrir suas portas. Fundado pelo físico Frank Oppenheimer, o nome dado a esse centro de Ciências era uma provocação, contrapondo-se ao termo museu (*museum*), que remetia a algo estático, formal. Oppenheimer e seus colaboradores buscavam um local onde as pessoas pudessem se deliciar à medida que descobrissem o que está acontecendo no mundo (COLE, 2009).

Em seu relato publicado na revista *Science*, Delacôte (1998) argumenta que a proposta de Oppenheimer se consolidou. Coloca o Exploratorium como um centro de Ciências *aprendizcêntrico* e defende a importância do papel ativo dos visitantes, frente às exposições, onde a interação com o fenômeno, a experiência sensorial (o *hands-on*) e a tomada de consciência são favorecidas.

O Exploratorium, por tradição, convoca jovens estudantes para atuarem como monitores das exposições. Esses monitores não tem o papel de ensinar. Mas têm sim a oportunidade de aprender enquanto interagem com os visitantes e com as exposições. Delacôte (1998) reforça que a experiência ativa do visitante com um objeto ou fenômeno reais, estimula novas explorações e que são as questões que iluminam e não as respostas. E ainda que os monitores aprendem tanto interagindo com as exposições, quanto ao interagirem com os visitantes. A cultura *hands-on* das exposições do Exploratorium, então, passa por uma atuação dos monitores menos como explicadores e mais como co-exploradores.

Como todo chavão, a origem do termo *hands-on* não é clara. Pavão e Leitão (2007), sugerem que o termo *hands-on* é associado a Frank Oppenheimer e ao Exploratorium, mas que hoje é um termo amplamente difundido, que chega a denominar centros de Ciências. Mas Pavão e Leitão (2007) fazem também um alerta sobre uso indiscriminado do conceito, pontuando que não basta que a exposição tenha botões para serem tocados. Esses autores sugerem que o visitante interaja com a exposição, mas também com os objetos do conhecimento (*hands-on/minds-on/hearts-on*) e com outras pessoas (*social-on*).

A visão de Pavão e Leitão (2007), parece se alinhar à de Delacôte (1998), em relação ao papel do monitor: “[...] o visitante deve sair com uma interrogação maior do que aquela que ele trouxe. Esse é o objetivo central: oferecer respostas sim, mas sobretudo gerar a indagação. O monitor deve estar a serviço dessa visão” (2007, p. 41). Então, a filosofia *hands-on* da qual nos apropriamos para propor as exposições coloca o visitante como protagonista, mas delega uma função ao monitor de aglutinador provocador.

II.4 Mostra de Física e motivação dos visitantes

Algumas estratégias para se despertar, desenvolver e manter a motivação de alunos são descritas por Bzuneck (2010): o significado e relevância das tarefas; o caráter desafiador e estimulante das tarefas; o uso complementar de embelezamentos e a reação dos professores às atividades executadas pelos alunos. Bzuneck (2010) se apoia em resultados empíricos de seus trabalhos anteriores para direcionar suas recomendações à comunidade docente. Apropriamos dessas orientações para pensar a sala temática.

A atuação do monitor das atividades em espaços não formais como a Mostra, também pode se valer destas orientações. Especialmente na tentativa de ressignificação dos papéis que buscamos com a sala temática de Acústica, o despertar a curiosidade, e o convite à participação, os momentos *uau!* dos visitantes, somados a reações positivas do monitor, são atitudes poderosas para promoção e manutenção de uma experiência engajada na sala.

O curto período de duração das visitas à sala, muitas vezes impossibilita a aplicação de todas as estratégias propostas por Bzuneck. Mas mesmo assim, buscou-se sempre dar atenção especial à liberdade de elaboração de hipóteses, por parte dos visitantes. O desencadeamento de turnos de fala em diálogos com o monitor diante de perguntas do tipo “e se” eram estimulados. Os resultados inesperados diante da ação do visitante junto à exibição atingiam o espanto e a curiosidade do mesmo. O que, via de regra, o fazia repetir a ação com a exibição ou recorrer a um processo de diálogo.

As estratégias de Bzuneck eram presentes na sala temática de acústica: o embelezamento, cumprido pela presença das exposições; a relevância, apresentada em painéis sistematizados, ao lado de cada exibição e complementada com os processos dialógicos junto aos monitores; o *feedback*, tanto na forma do resultado obtido imediatamente ao interagir com a exibição, quanto aquele dado pela monitoria, que não indicava nenhum tipo de acerto ou erro, mas como estímulo à interação com a exibição, o que conferia o caráter desafiador das exposições da sala.

A relação com a vida cotidiana dos visitantes, seu mundo, sua realidade é outro aspecto reforçado. Em cada uma das exposições da sala, a Física do Som e das Vibrações que propomos, estava vestida de um aparato rudimentar, banalizando, no melhor dos sentidos, as exposições, mostrando que artefatos dos mais simples, promovem fenômenos sofisticados. Isso diminuía a distância entre a Ciência e a vida dos participantes. A relação com o cotidiano é outra forma de imprimir relevância à tarefa, sugerida por Bzuneck.

Outro aspecto motivacional da Mostra concerne à atitude do monitor. Conforme sustentado por resultados empíricos (CAMILETTI *et al.*, 2012), a proximidade de linguagem e a extroversão do monitor são de suma importância para o processo motivacional do aluno. Diante dessas estratégias, a Mostra de Física tem grande potencial para despertar o interesse e a motivação dos estudantes para a Ciência.

III. Metodologia

III.1 Contexto do desenvolvimento das atividades

A Mostra de Física e Astronomia UFES é um evento anual voltado à divulgação científica e realizado pela comunidade docente e discente da universidade. Engaja os departamentos de Física, Química, Matemática e Biologia. O evento ocorre desde o ano de 1997 e integra as atividades da Semana Estadual de Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Tem duração de uma semana e é aberto a toda a comunidade, o que confere aspecto de atividade de extensão.

O planejamento das exposições da sala começou no início do mesmo ano. Um dos alunos de mestrado profissional do PPGEnFís havia finalizado sua dissertação, com atividades em Acústica (RODRIGUES 2016). Seu orientador, proponente da sala, o convidou a cooperar com o processo de ressignificação tanto das exposições quanto da ação dos monitores. Um aluno de graduação, bolsista de iniciação científica, foi selecionado para cooperar no desenvolvimento das exposições. Em conjunto, esses três atores, também autores deste trabalho, iniciaram uma imersão em atividades *hands-on* presentes em museus interativos e que pudessem ser construídas com baixo custo, *in loco* intra-campus, para a sala temática.

III.2 As exposições e a sala de Acústica

Um conjunto de cinco atividades *hands-on*, em Acústica, foi montado na XVIII edição da Mostra, que ocorreu entre 18 e 21 de outubro do ano de 2016⁴. As cinco exposições, dispostas na sala conforme esquema da Fig. 01, receberam títulos provocativos e variavam em termos de abordagem sensorial do fenômeno e na forma de atuação do visitante:

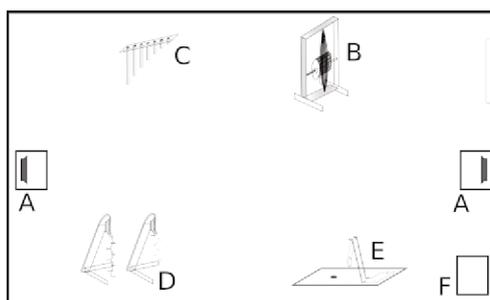


Fig. 01 – Esquema da planta baixa da sala de Acústica e a disposição das exposições. A: Cadê o som?; B: As ondas nas Cordas; C: Chinelofone; D: A água para no ar?; E: Alto faltante sim, mas feito de cartolina; F: Mesa de som, amplificador e computador. Fonte: elaboração dos autores.

⁴ <<http://www.mostradefisica.ufes.br>>.

III.3 Descrição das exposições e das intencionalidades

A: Cadê o som?

Nesta montagem, a intencionalidade era de que os visitantes experimentassem o fenômeno de Interferência Sonora. A percepção do fenômeno dependia da localização dos visitantes. A interação demandava movimento corporal dos visitantes. Eles eram convidados a se espalharem pela sala. Dois *subwoofers* amplificados, com alto-falantes de 18 polegadas foram posicionados em lados opostos da sala. Uma onda senoidal de frequência baixa (em torno de 40 Hz) era gerada por um computador e enviada, em fase, aos dois *subwoofers*. As ondas sonoras geradas por um *subwoofer* interferiria com aquela onda gerada pela outra fonte. Padrões de máximos e mínimos de interferência sonora se configuravam pela sala. Diferentes visitantes, em diferentes posições, percebiam diferentes intensidades do som. O monitor convidava os visitantes a caminharem pela sala com ele. À medida que caminhavam, a percepção sonora mudava drasticamente. Dependendo da posição o som era ora muito mais intenso, ora quase imperceptível.

B: As ondas nas Cordas

A intencionalidade neste era a visualização de ondas progressivas num elemento vibrando em modo estacionário. A interação demandava dos visitantes a atitude esticar uma corda e de girar um tambor, feita de maneira mais eficaz por duas pessoas, o que valorizava também a interação interpessoal. Construímos uma versão adaptada do *OscylinderScop* (TUCK, 1999), uma exposição presente desde 1998 no acervo do Exploratorium⁵. Um tambor cilíndrico, com um eixo longitudinal, foi pintado com listras brancas e pretas em sua geratriz. À frente desse tambor, uma corda esticada era posta a vibrar. Quando o tambor, por trás da corda era girado, a alternância de fundo (branco e preto) permitia a visualização de ondas progressivas, a partir de uma corda vibrando em modo estacionário.

C: Chinelofone

No Chinelofone, a intencionalidade era a percepção de que a frequência de vibração do modo fundamental de um tubo sonoro depende do comprimento do tubo. A interação consistia da atitude do visitante de utilizar chinelos para tocar o instrumento. O instrumento foi feito apenas de canos cortados em comprimentos adequados, e era tocado com chinelos de borracha. Este experimento foi inspirado em uma atividade proposta por Rodrigues (2016). Os diferentes tamanhos dos canos permitiam modos normais de diferentes frequências. Os visitantes eram convidados a tocarem o instrumento, reproduzindo um trecho de melodia ou compondo uma música, dando liberdade à criação.

⁵ <<https://www.exploratorium.edu/xref/exhibits/oscyinderscope.html>>.

D: A água para no ar?

A intencionalidade dessa exibição era a percepção da persistência da retina, a partir da utilização de um celular. A interação ocorria pela necessidade do visitante sacar um aparelho celular e observar o evento pela tela do mesmo. Uma mangueira com água fluindo constantemente era fixada ao cone de um alto-falante. Um sinal senoidal, gerado por computador, era enviado a um amplificador que alimentava a bobina do alto-falante, fazendo-o oscilar numa frequência pré-determinada. Os monitores convidavam os visitantes a usarem seus celulares com câmera, ou forneciam seus próprios celulares para a interação do visitante. Aproveitava-se a taxa de captura de quadros, que em grande parte dos atuais *smartphones* é de 30 *fps* (30 quadros/*frames* por segundo). Se o alto-falante fosse posto a vibrar com frequência de 30 Hz, um efeito estroboscópico da taxa de captura de quadros fazia com que os visitantes, ao filmar com o *smartphone*, vissem as gotas d'água em repouso no ar.

E: Alto faltante sim, mas feito de cartolina

A intencionalidade dessa exibição era primeiro a percepção de que uma solenoide percorrida por uma corrente elétrica interage com um ímã. Depois era de que os alto-falantes de qualquer aparelho de som funcionam baseados nesse mesmo princípio. A interação nesse experimento ocorria através do apertado de botões, tanto para a solenoide pendular, quanto para os alto-falantes. O aparato era disposto sobre uma mesa, consistindo de uma bobina pendurada por fios condutores de cobre esmaltado. Próximo à bobina, na base do sistema, um ímã estava fixado. O sistema pendulava entre hastes laterais condutoras, tendo cada uma de suas laterais conectadas aos terminais de uma pilha. Uma chave, normalmente aberta, era um botão que o visitante era convidado tocar. Fechando-se o circuito, a corrente elétrica passando pelas bobinas induzia um campo magnético que interagia com o ímã, movimentando-a. Na segunda parte dessa exibição, três alto-falantes com diferentes graus de refinamento em suas construções, eram conectados a uma fonte sonora amplificada. O primeiro deles, o mais rudimentar, possuía a bobina enrolada grosseiramente numa tampa de refrigerante e colada a um recorte de cartolina, suspenso por cartolina dobrada em zigzag à base. O segundo, mais refinado, uma bobina enrolada profissionalmente, comprada em loja especializada, presa a um recorte de cartolina do mesmo modo que o primeiro. O terceiro, era um alto-falante de 4 polegadas, comprado em loja especializada, sendo este último, refinado industrialmente. Cada um deles possuía uma chave normalmente aberta, na forma de botão. O visitante pressionava os diferentes botões e podia explorar diferentes resultados sonoros a partir de diferentes construções do aparato eletroacústico.

III.4 Sistematização das informações sobre as exposições

As informações à disposição dos visitantes são fundamentais para situá-los no espaço onde as exposições se encontram. Por isso, os painéis posicionados junto às exposições necessitam de uma sistematização que passa pela escolha de uma identidade visual, pela

definição de um layout e pela forma de apresentar o experimento. Cada item comunicacional presente na descrição da exibição é fundamental para maximizar a experiência do visitante. Entendemos que os aspectos comunicacionais da exibição não devem, sob nenhum pretexto, serem minimizados.

Cadê o som?

Texto: Henrique R. Teles, Ernani V. Rodrigues e Giuseppe Gava Camiletti

Temos dois sons idênticos, partindo de caixas de som diferentes. Se você caminhar pela sala, vai perceber que em alguns lugares o som é ouvido mais forte e, em outros, mais fraco!

A interferência do som

Ondas sonoras são ondas de pressão no ar. Assim, para que o som sensibilize nossos ouvidos, é necessário que a pressão do ar, no ouvido, varie. O movimento de um alto-falante, numa caixa de som, serve para provocar essa variação de pressão no ar.

Se duas ondas se sobrepuserem, existirão regiões onde o som se reforça, devido a um maior vibração das moléculas do ar e outras regiões, onde o som se atenua (enfraquece) devido ao menor vibração das moléculas do ar.

Apóio: LIEF, UFRJ, UFF, CCE, PRPG, FINEX, NEMEM, FAPESP, UFRJ, UFRJ

Ondas nas cordas

Texto: Henrique R. Teles, Ernani V. Rodrigues e Giuseppe Gava Camiletti

Toque a corda e gire o tambor

Ondas estacionárias e ondas progressivas

Na corda esticada do experimento, a velocidade de propagação das ondas é muito grande e nosso olho não consegue detectar as ondas que vão e vêm ao longo da corda, embora a gente consiga identificar os lugares onde essas ondas se sobrepõem em fase, formando um ventre (no caso do experimento, isso ocorre no centro) e os lugares onde as ondas se sobrepõem em oposição de fase e se cancelam. Isso significa que, embora não vejamos, as ondas vão e vêm o tempo todo na corda.

O tambor é preto e branco. Por quê?

Quando o tambor atrás da corda gira, as faixas pretas e brancas se alternam, simulando uma lâmpada que se acende e se apaga várias vezes por segundo. Dessa forma, conseguimos acompanhar as ondas que vêm e vão na corda, embora o formato que vemos quando o tambor está em repouso é um modo normal fundamental de vibração da corda.

O que a gente vê e o que está acontecendo?

Ao balançarmos a corda, vemos que ela oscila de um lado para o outro, formando um ventre no centro. Isso, de maneira semelhante à vibração do ar dentro de um tubo, configura um modo normal de vibração da corda, uma onda estacionária. É assim que produzimos som numa corda de violão ou de qualquer outro instrumento de cordas.

Apóio: LIEF, UFRJ, UFF, CCE, PRPG, FINEX, NEMEM, FAPESP, UFRJ, UFRJ

Chinelofo

Texto: Henrique R. Teles, Ernani V. Rodrigues e Giuseppe Gava Camiletti

Tocar um instrumento musical pode ser bem fácil!

Tubos cortados com diferentes comprimentos emitirão diferentes notas musicais. Basta chinelar a boca do cano e ouvir as diferentes notas.

O que está acontecendo?

O ar dentro do tubo é perturbado pela chinelada. Dentro de um tubo, existem algumas regiões onde as moléculas de ar possuem muito movimento e por isso, a variação da pressão do ar, nessas regiões é grande comparada a outras regiões do tubo onde a pressão do ar varia muito pouco.

O que a Física diz?

Essa forma de vibração o ar é chamado de modo normal de vibração ou onda estacionária.

Apóio: LIEF, UFRJ, UFF, CCE, PRPG, FINEX, NEMEM, FAPESP, UFRJ, UFRJ

Alto-falante sim, mas feito de cartolina?

Texto: Henrique R. Teles, Ernani V. Rodrigues e Giuseppe Gava Camiletti

Transformando energia elétrica em som

O principal fenômeno físico por trás do funcionamento de um alto-falante é a relação entre corrente elétrica e o campo magnético.

Aperte brevemente botão

O campo magnético de um ímã próximo à bobina interage com o campo magnético produzido pela corrente elétrica na bobina, provocando um movimento da bobina pendurada.

Da mesma forma, quando um alto-falante toca uma música, seja numa caixa de som, seja nos seus fones de ouvido, uma corrente elétrica passa por uma bobina, ora em um sentido, ora em sentido contrário. Se houver um ímã próximo, a bobina do alto-falante se moverá para frente e para trás e é esse movimento que promove sucessivas compressões de ar.

Alto-falante caseiro

Colando uma bobina feita de fio esmaltado em uma superfície qualquer, (de papelão, por exemplo) e posicionando um ímã próximo a essa bobina, teremos movimento da superfície, emitindo sons pelo ar.

No experimento, temos três tipos de alto-falantes diferentes. No primeiro, uma bobina feita à mão, presa a uma cartolina; no segundo, uma bobina enrolada industrialmente, também presa a uma cartolina e, por último, um alto-falante feito industrialmente. Ouça o som dos três e veja que todos funcionam. Mas será que funcionam com a mesma eficiência? Não deve ser fácil desenvolver tecnologias mais eficientes...

Apóio: LIEF, UFRJ, UFF, CCE, PRPG, FINEX, NEMEM, FAPESP, UFRJ, UFRJ

Chinelofone

Texto: Henrique R. Teles, Ernani V. Rodrigues e Giuseppe Gava Camiletti

Para uma onda estacionária, os pontos de pouco movimento do ar, dentro do tubo, são chamados de nós e os pontos onde o ar tem muito movimento são chamados de ventres.

O que é uma nota musical?

Nosso ouvido consegue detectar a diferença das frequências de vibração das ondas sonoras no ar e com isso conseguimos perceber a diferença de um som grave (ou baixo, de baixa frequência) e um som alto (de alta frequência). Num instrumento, cada nota musical corresponde a uma frequência diferente. Quanto maior o comprimento do tubo, mais grave será a nota musical.

Saiba mais

Sugerimos no youtube, dois vídeos. Um para você explorar o experimento proposto por August Kundt para localização dos nós e dos ventres das ondas estacionárias em tubos e outro para você curtir o percussionista brasileiro Cyro Baptista dando um show de chinelofo.

Tubo de Kundt Cyro Baptista

Apóio: LIEF, UFRJ, UFF, CCE, PRPG, FINEX, NEMEM, FAPESP, UFRJ, UFRJ

Tabela para os tubos do Chinelofo

$(v_{\text{normal}} = 346 \text{ m/s})$

ζ	f [Hz]	λ [cm]	L_{tubo} [cm]
C_4	261,63	132,25	66,13
D_4^{\flat}/C_4^{\sharp}	277,18	124,83	62,42
D_4	293,66	117,82	58,91
E_4^{\flat}/D_4^{\sharp}	311,13	111,21	55,61
E_4	329,63	104,97	52,49
F_4	349,23	99,08	49,50
G_4^{\flat}/F_4^{\sharp}	369,99	93,52	46,76
G_4	392,00	88,27	44,14
A_4^{\flat}/G_4^{\sharp}	415,30	83,31	41,66
A_4	440,00	78,64	39,32
B_4^{\flat}/A_4^{\sharp}	466,16	74,22	37,11
B_4	493,88	70,06	35,02
C_5	523,25	66,13	33,01

Fig. 02 – Painéis utilizados nas cinco exposições da Sala de Acústica da XVIII Mostra de Física e Astronomia da UFES, 2016. Fonte: elaboração dos autores.

Nossa escolha foi por utilizar um painel impresso em papel fotográfico, de tamanho A3 que era fixado ao lado de cada exibição. O layout visual dos painéis utilizava cores de

fundo sólidas que não se repetiam. O fundo de cor constante do painel dirige a atenção do visitante para as informações textual e imagética presentes.

Mais do que uma identidade visual dos painéis, as mensagens por eles transmitidas operavam duas intenções: os painéis ficavam próximos às exibições para permitir que os visitantes fossem mais autônomos. Sugestões sobre o que fazer com a exibição e uma pequena explicação sobre o que estaria acontecendo eram fornecidos nos painéis. Além disso, os painéis apresentavam, em poucas palavras, algumas relações entre o fenômeno experimentado na exibição e a teoria de fundo daqueles eventos, permitindo que, caso interessasse ao visitante, um rumo teórico nortearia sua pesquisa.

III.5 Caracterização das visitas e dos visitantes

Durante os dias da XVIII Mostra de Física e Astronomia da UFES, a sala de Acústica recebeu aproximadamente 800 visitantes. Estudantes de instituições pública e privadas de ensino, cujas idades variavam de 14 à 23 anos, além de comunitários do entorno da Universidade. Os visitantes eram oriundos de ao menos quatro diferentes municípios do estado do Espírito Santo.

As atividades na Sala de Acústica perduravam por cerca de 30 minutos, e recebíamos grupos de 20 a 40 visitantes por vez. Em cada visita, ao menos um monitor estava presente na sala. Mas, em nossa busca por uma experiência *hands-on* dos visitantes, os monitores eram aconselhados a fomentar a liberdade dos visitantes na sala. Nos casos daqueles mais tímidos para se dirigir às exibições e manipularem os aparatos, os monitores adotavam a estratégia de prover uma breve apresentação dos experimentos, com algumas dicas de como interagir com os mesmos.

III.6 Coleta de dados e forma de análise

Foram levantados dados empíricos de dois tipos. Primeiramente, as exibições escolhidas passaram por um julgamento de validação interna, feito duplo-cego, por três julgadores, os autores deste trabalho. Foram elencadas pelos autores duas categorias: uma sensorial, na qual os cinco sentidos (tato, audição, visão, olfato e gustação) seriam acionados em maior ou menor intensidade e uma categoria atitudinal, na qual a ação do visitante em relação ao experimento e em relação aos outros visitantes seria acionada. Essas categorias revelam a visão dos proponentes, acerca da intencionalidade das exibições. Utilizando uma escala discreta de cinco níveis, com o valor 0 para nenhuma presença do sentido ou da atitude e valor 5 para sentido ou atitude muito presentes, obteve-se as medianas dos valores obtidos para presença das características sensoriais e atitudinais das exibições.

A outra fonte de dados foi o *feedback* colhido de uma parcela dos visitantes. O bolsista responsável convidava de um a dois participantes por grupo, para responderem a dois itens abertos de um questionário: (a) *O que você mais gostou da sala da acústica e por quê?* (b) *O que você aprendeu de novo?* As repostas foram registradas em áudio e transcritas a pos-

teriori. Um processo interpretativo ofereceu uma distribuição de preferências em relação aos experimentos, que foi confrontado com as características obtidas na validação interna. A partir da transcrição, uma nuvem de palavras foi construída, posicionando o tamanho de cada palavra proporcional à frequência de ocorrência na transcrição. Eliminaram-se os termos de maiores frequências e que não carregariam significado intrínseco. A partir da nuvem, foram identificados os termos que eram mais frequentemente evocadas pelos respondentes.

IV. Resultados e discussão

O julgamento de validação interna mostrou que do ponto de vista sensorial (Fig. 03, sup.), tato e audição eram as características dominantes das exposições, e indicou que os experimentos se adequavam ao propósito da sala de Acústica. Ainda o sentido da visão era acionado em todos os experimentos. Por outro lado, olfato e gustação não eram acionados em nenhum dos experimentos, algo natural numa sala em que nos propúnhamos a construir experimentos de Acústica.

Também foi possível identificar que as exposições tinham validade do ponto de vista da interatividade *hands-on*. Quatro dos cinco experimentos foram julgados como muito táteis. O experimento da *água que para* não era tátil. Mas ainda assim era interativo. A olho nu, o efeito estroboscópico não ocorria. Assim, embora o *hands-on* não ocorresse diretamente no experimento, o fato de tomar a iniciativa ao sacar o celular, ou ao utilizar um celular do monitor, mostrou que era impossível vivenciar o efeito, se o visitante assumisse uma postura totalmente passiva. Isso recupera a extensão do *hands-on* proposta por Pavão e Leitão (2007).

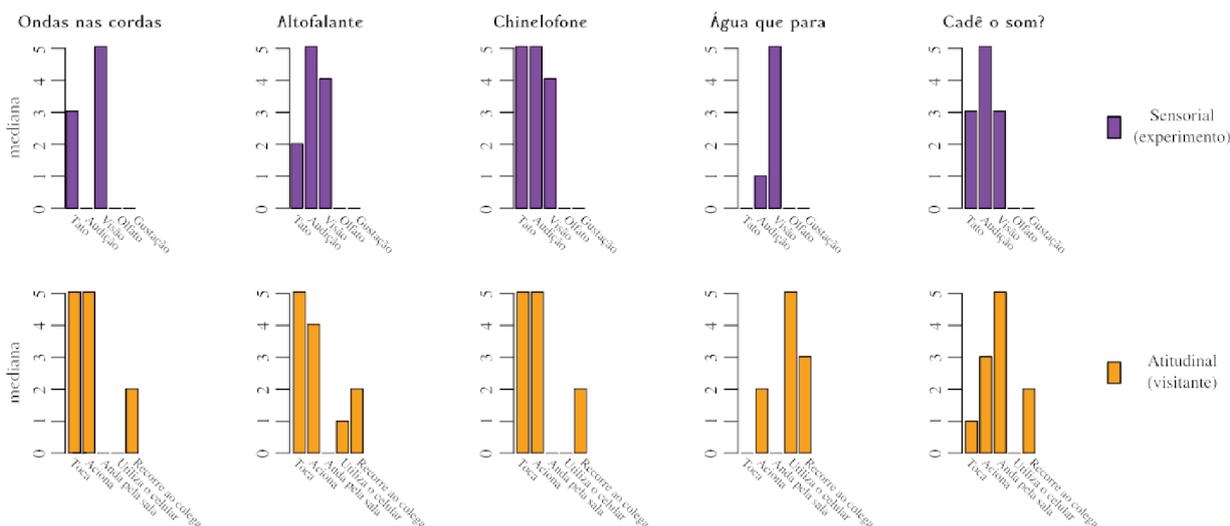


Fig. 03 – Características sensoriais, oferecidas pelas exposições (sup.) e características atitudinais demandadas dos visitantes (inf.). O eixo das ordenadas representa a mediana das intensidades julgadas na validação interna em cada categoria.

Os dados da validação interna ofereceram alguma segurança acerca das potencialidades das exposições. Mas a partir das respostas dadas nas entrevistas abertas, pudemos construir uma distribuição de preferências dos visitantes pelos experimentos exibidos. Do total de 800 visitantes, 14 responderam o *feedback*, o que representava um respondente por grupo. Abri-mos mão de aumentar o número de respondentes, para que perturbássemos o mínimo possível a experiência da visita à sala. Ficamos à vontade com esse sacrifício dos dados uma vez que o objetivo da sala era a vivência com os fenômenos e não um ambiente experimental de coleta de dados e não buscamos uma generalização das preferências. Porém, os *feedbacks* dos visitantes trouxeram a visão de quem, de fato, vivenciou a sala que construímos.

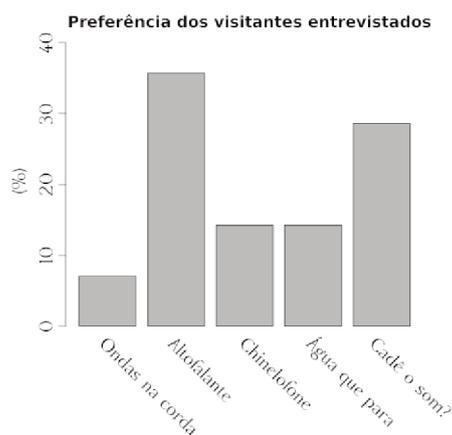


Fig. 04 – Distribuição das preferências declaradas pelos respondentes.

A exibição dos alto-falantes rudimentares foi a preferida dos visitantes entrevistados. Toda idealização de um projeto interacional de Ciências é feita a partir de alguma intencionalidade. Nossa intenção de imprimir o aspecto *hands-on* nos deixava um pouco preocupados em relação aos alto-falantes. Um conjunto de botões a serem tocados era o que oferecíamos. Mas comparando com o julgamento interno, vemos que o sentido da audição e do tato, somados a uma atitude de acionar o equipamento foi um possível promotor dessa preferência. Mas essa mesma exibição tinha duas potencialidades que não reconhecíamos a priori: ao apertar cada botão, mesmo no alto-falante mais rudimentar, era possível ouvir música. O retorno imediato da exibição parecia fazer com que os visitantes quisessem ficar alternando entre os botões e explorando a diferença entre o som de cada alto-falante. Isso recupera a ideia de Bzuneck (2010) sobre relevância: os fones de ouvido fazem parte da realidade cotidiana dos visitantes.

A exibição da interferência como a segunda de maior preferência, exigia que o visitante caminhasse pela sala. O monitor sugerindo diferentes posições e caminhando com os visitantes e vibrando junto quando cada um deles se espantava ao ouvir, num ponto de interferência destrutiva, quase nenhum som, quando, um passo ao lado, o som era muito mais intenso, mostrava que o aspecto interpessoal influenciava na experiência do visitante e, consequentemente, na sua preferência pela exibição.

cia, o que favorece a motivação. Embora o celular faça parte do cotidiano do visitante, a discussão sobre a taxa de quadros não.

Por outro lado, ainda analisando à luz da teoria de Bzuneck, o ato de caminhar pela sala para detectar mínimos e máximos de interferência promovia um retorno positivo do monitor em relação ao visitante. Algo análogo ao *feedback*, no sentido dado por esse autor. E esse traço pode ter sido diferencial na preferência pela exibição da interferência.

Já a exibição do alto-falante, a preferida, parecia atender à característica do embelezamento de Bzuneck. Não por sua beleza estética (reconhecemos que os alto-falantes rudimentares eram esteticamente desfavorecidos), mas pelo momento *uau* que ocorria quando o mais improvável dos alto-falantes tocava razoavelmente bem uma música. Isso remonta também a característica do espanto, instigando a curiosidade, outra característica motivacional de Bzuneck.

V. Considerações finais

Neste trabalho, buscamos uma reflexão sobre o papel dos visitantes e dos monitores a partir da proposta de uma abordagem alternativa para a construção de uma sala temática da XVIII Mostra de Física UFES. De maneira semelhante ao que sugeria Jezine (2004), a relação acadêmica entre os envolvidos se estreitou. Isso pode ser visto nas colaborações que se sucederam, indo desde uma cooperação na troca de ideias para a montagem da próxima edição da Mostra, até a coautoria do presente trabalho.

Apresentamos bases teóricas que sustentam nossa visão de que a Mostra é um espaço não-formal de educação. Como tal, o tempo e a forma da aprendizagem se diferem dos processos escolares, mas as experiências vividas pelos participantes são mais livres e agradáveis e concordamos com Chagas (1993) nesse aspecto.

Toda a experiência de idealizar, sistematizar, construir e avaliar a sala *hands-on* de Acústica nos trouxe uma reflexão que, de maneira sumarizada, se exprime em alguns pontos:

Os aspectos motivacionais são fundamentais. Para entendermos o *feedback* dos visitantes, interpretamos os dados empíricos à luz da teoria motivacional de Bzuneck (2010). O fato de as categorias atitudinais “recorre ao colega”, “toca” e “aciona” estarem em maior intensidade justamente nas exibições tidas como preferidas pelos visitantes, mostrara que quanto mais interativas fossem mais os visitantes se interessavam. Esse traço motivador nos parece um fator preponderante na preferência dos visitantes entrevistados.

A experiência interacional é idiossincrática. Embora tenhamos olhado um *feedback* dos visitantes respondentes, cada reação à interação com o experimento, com outros participantes e com o monitor é única e é inerente ao momento. Para que se tenha maior acurácia dos resultados empíricos, vemos a necessidade de um instrumento de coleta de *feedback* que considere essas particularidades. E isso aponta para estudos que possam comparar resultados de outras propostas que se assemelhem à nossa tanto em termos de *locus* quanto em termos de público.

Mais do visitante e menos do monitor. Devemos pensar em exposições que promovam uma experiência rica do visitante junto ao monitor e não dada pelo monitor. Para isso, a postura do monitor deve ser horizontal em relação à autoridade sobre os conhecimentos da Ciência (DELACÔTE, 1998). Poderíamos pensar num monitor agindo como um visitante, mas daqueles visitantes mais empolgados e extrovertidos, que chegam mexendo nas coisas chamando colegas *pra* participar.

É imperativo uma sistematização de intencionalidades. Se quisermos um ambiente de visita onde o visitante assuma uma postura de protagonismo, precisamos ser obstinados em dar mais controle ao visitante. Um tipo de obstinação que impulsionava Oppenheimer e que serve de legado para ensino de Ciências. Isso deve ser considerado desde a idealização das exposições e deve perpassar todas as etapas de montagem das exposições. Essa é a essência da abordagem *hands-on*.

Agradecimentos e apoio

Este trabalho foi financiado com verba PROEx (registro SIEX nº 500154 – UFES). Agradecemos o apoio institucional da UFES, do PPGEnFís, a cooperação de todos os envolvidos e aos visitantes da Sala de Acústica da XIX Mostra de Física e Astronomia.

Referências Bibliográficas

BZUNECK, J. A. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: ____ **Motivação para aprender: Aplicações no contexto educativo.** Petrópolis: Vozes, p. 13-42, 2010.

CAMILETTI, G. G., FERRACIOLI, L.; LOPES, R. R. S.; SILVA, C. V. Perfil dos monitores da XIII Mostra de Física da UFES: um estudo a partir da visão dos visitantes. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XX, 2012, Maresias. **Atas...**

CHAGAS, I. Aprendizagem não formal/formal das ciências. Relações entre os museus de ciência e as escolas. **Revista de Educação**, v. 3, n. 1, p. 51-59, 1993.

COLE, K. C. **Something incredibly wonderful happens: Frank Oppenheimer and the world he made up.** Houghton Mifflin Harcourt, 2009.

COSTA, A. G. Os “explicadores” devem explicar. In: ____ **Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de Ciência.** Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, p. 27-30, 2007.

DELACÔTE, G. Putting science in the hands of the public. **Science**, v. 280, n. 5372, p. 2054-2055, 1998.

GASPAR, A. **Museus e centros de ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico.** 1993. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

GRUZMAN, C. *et al.* O papel educacional do Museu de Ciências: desafios e transformações conceituais. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 402-423, 2007.

JANJACOMO, J. P.; COELHO, G. R. As mediações e interações estabelecidas na XVI Mostra de Física e Astronomia da UFES. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, X, 1015, Águas de Lindóia. **Atas...**

JEZINE, E. As Práticas Curriculares e a Extensão Universitária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, II, 2004, Belo Horizonte. **Atas...**

PAVÃO, A. C.; LEITÃO, Â. Hands-on? Minds-on? Hearts-on? Social-on? Explainers-on. In: ___ **Diálogos & ciência: mediação em museus e centros de Ciência**. Rio de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, p. 39-47, 2007.

RODRIGUES, E.V. **Atividades para o aprendizado de Acústica**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, UFES, Vitória, ES. Disponível em: <rodrigues_2016_dissertação_link>.

SILVA, M. S.; VASCONCELOS, S. D. Extensão universitária e formação profissional: avaliação da experiência das Ciências Biológicas na Universidade Federal de Pernambuco. **Estudos em avaliação educacional**, v. 17, n. 33, p. 119, 2006.

SILVA, M. R.; CARNEIRO, M. H. S. Popularização da Ciência: Análise de uma situação não-formal de Ensino. In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, XXIX, 2006, Caxambu. **Atas...**

TUCK, N. I.; TUCK, N. C. **Mechanical Oscilloscope**. United States patent US 5975911 A. Solicitada em 08 de Outubro de 1997.

WELLINGTON, J. Formal and informal learning in science: The role of the interactive science centres. **Physics education**, v. 25, n. 5, p. 247, 1990.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).