

Extensão universitária interdisciplinar e contextualizada com a música

MARIA LÚCIA NETTO GRILLO¹

LUIZ ROBERTO PEREZ
LISBÔA BAPTISTA²

RICARDO PEREIRA MARTINS³

RESUMO

Usando a interdisciplinaridade Física-Matemática-História-Música, abordamos conceitos associados à geração e à propagação do som e exploramos conceitos de teoria musical. A partir dessa abordagem, visamos atender a um público diversificado. Quanto aos professores, a intenção é que eles possam utilizar este trabalho para adquirir novos conhecimentos e transpor para os seus alunos essa abordagem interdisciplinar, no intuito de motivá-los para o estudo das Ciências.

PALAVAS-CHAVE: Interdisciplinaridade. Música. Acústica musical. História. Ensino de ciências.

ABSTRACT

Using the interdisciplinarity Physics-Mathematics-History-Music, we approach concepts associated to the generation and propagation of the sound and we explore concepts of musical theory. Ours main target is a diversified people. From the point of view of the professors, the intention is that they can use this experiments to acquire new knowledge and them transpose for its pupils this boarding to interdisciplinary, in intention to motivate the pupils for the study of the sciences.

KEYWORDS: Interdisciplinarity. Music. Musical acoustics. History. Science teacher.

INTRODUÇÃO

Por meio do Projeto A Física na Música, procuramos ampliar o ensino e a divulgação das Ciências de várias formas, como Cursos de Extensão oferecidos à comunidade interna e externa da universidade. No início, em 2005, nosso objetivo era a Física, uma vez que o projeto nasceu em um Instituto de Física. Reconhecendo a dificuldade normalmente encontrada pelos professores dessa disciplina para despertarem o interesse nos alunos, usamos a música como motivação. A maioria das pessoas gosta de música, porém não reconhece seus aspectos físicos, que passam então despercebidos. Em 2008, demos início aos Cursos de Extensão, com carga horária de 32h, distribuídas em 2h semanais. Em apenas um semestre, o curso era concluído. Como os cursos sempre foram abertos a quem tivesse interesse, surgiram pessoas das mais diversas áreas e níveis, como professores e estudantes de Física, Matemática, Engenharia, Música, Direito, Serviço Social, Medicina, além de funcionários administrativos e profissionais como fisioterapeutas e musicoterapeutas, dentre outros.

¹Professora Associada da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), com doutorado em Física da Matéria Condensada, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), líder de grupo de pesquisa do CNPq, coordenadora do Projeto A Física na Música, mluciag@uerj.br

²Professor Colaborador do Projeto A Física na Música, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), com graduação em Regência, pela Universidade de São Paulo (USP), maestroluizroberto@ig.com.br

³Graduando em História da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), bolsista de iniciação à docência, rico_byroniano@yahoo.com.br

Desde 2010, estamos oferecendo dois tipos de Cursos de Extensão: “A Física na Música” e “A Física e a Matemática do Canto Coral”, ambos com 32h. O primeiro é oferecido duas vezes por ano (2h semanais), e o segundo, com uma carga horária semanal de 1h, é oferecido durante todo o ano letivo. As abordagens são um pouco diferentes, mas envolvem sempre a música e áreas afins. Então, podemos perguntar: quais são as áreas afins? São muitas; o que torna nosso trabalho mais interessante e com um alcance maior.

A RELAÇÃO CIÊNCIA-ARTE (FÍSICA-MATEMÁTICA-MÚSICA)

A pesquisadora Tânia C. Araújo Jorge explica muito bem a relação Ciência-Arte:

O ser humano nunca viveu sem utilizar a Arte como forma de expressão, uma indicação de que a linguagem da Arte é a própria linguagem da humanidade... Atividades de Ciência e Arte possibilitam o desenvolvimento de novas intuições e compreensões através da incorporação do processo artístico a outros processos investigativos... Tanto a Arte como a Ciência são necessárias para o completo entendimento da natureza e de seus efeitos nas pessoas. (ARAÚJO-JORGE, 2007, p. 2)

A relação Ciência-Arte é o pano de fundo do trabalho que estamos desenvolvendo no Instituto de Física da UERJ, com o Projeto “A Física na Música”.

Segundo Kuhn (2005, p. 247), “[...] os debates sobre a escolha de teorias não podem ser expressos numa forma que se assemelhe totalmente a provas matemáticas[...] interesse, políticas, poder e autoridade desempenham indubitavelmente um papel significativo na vida científica e em seu desenvolvimento”.

De acordo com Jammer (2000, p. 61), essa relação foi percebida também por Einstein, que assim se expressou: “[...] a mais bela experiência que podemos ter é a do misterioso. É esta a emoção fundamental que está na origem da verdadeira Arte e da verdadeira Ciência”. Ele tocava violino muito bem e o utilizava enquanto tentava deduzir alguma teoria, alternando uma atividade com a outra.

Ao longo da História, podemos observar que os progressos científicos influenciaram tanto nas

temáticas das Artes quanto nas técnicas utilizadas: o atomismo influenciou, no séc. XIX, o pontilhismo na pintura, os experimentalismos cromáticos de Wagner, também o cinema (sucessão de fotografias) e a televisão (imagem pontilhada). A música contemporânea está totalmente ligada aos progressos da eletrônica e da computação, e o mesmo podemos dizer dos desenhos em 3D e das novas modelagens computacionais.

A música é uma área que facilmente serve de ligação com várias outras áreas do conhecimento. No nosso trabalho, abordaremos especialmente a Física, a Matemática e a História, e utilizaremos a música como elemento de ligação e de contextualização. Na área da Física, consideraremos as ondas sonoras,

“

**A música contemporânea
está totalmente ligada aos
progressos da eletrônica
e da computação, e o
mesmo podemos dizer
dos desenhos em 3D e
das novas modelagens
computacionais.**

”

a construção dos instrumentos musicais com suas propriedades físicas, as 4 propriedades físicas do som (altura, intensidade, timbre e duração), a produção do som em cordas, tubos sonoros, membranas e objetos sólidos, os harmônicos etc. A Matemática permite o entendimento das escalas musicais e intervalos e, também, da construção dos instrumentos.

A IMPORTÂNCIA DO TEMPO E DA HISTÓRIA NO ENSINO DA FÍSICA

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) – Ensino Médio (BRASIL, 1999, p. 235), temos que:

A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de

que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos [...] o surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram, [...] perceber essas dimensões históricas e sociais corresponde também ao reconhecimento da presença de elementos da Física em obras literárias, peças de teatro ou obras de arte.

O que sabemos? Como sabemos? E porque sabemos? Perguntas aparentemente tolas, mas que, quando devidamente pensadas, podem contribuir significativamente para a construção e para a difusão do conhecimento. Essas questões podem nos levar a pensar em diversas possibilidades, entre as quais se destacam respectivamente: o que de fato sabemos da nossa área de conhecimento, que métodos de ensino foram adotados ou que adotamos e como esse conhecimento se construiu historicamente.

Pensar essas questões à luz da História pode nos ajudar a entender como elas se relacionam. O conhecimento que adquirimos é fruto de um processo de construção, no qual acontecem mudanças e permanências; junto a isso, também estão relacionadas a importância dos métodos e a perspectiva do ensino, sem as quais o conhecimento não se reproduz. Portanto, estudar a História da Física ajuda no ensino dos Cursos de Extensão, pois podemos relacionar essas duas questões: o que sabemos e como sabemos. Daí, a importância de se pensar historicamente.

O que seria pensar historicamente? Uma resposta simples a essa questão seria pensar em relação com o tempo. Mas que tempo? A formulação do que seja o *tempo histórico* é bastante complicada de ser definida, pois, como nos afirma o historiador José Carlos Reis, “[...] a base profunda de um método histórico é uma ‘representação do tempo histórico’ e é esta representação que diferencia as diversas escolas e programas históricos” (REIS, 2000, p. 9). Assim, a definição do *tempo histórico* varia muito, dependendo da perspectiva em que se trabalhe.

No século XIX, a historiografia trabalhou basicamente com uma perspectiva diacrônica do tempo, ou seja, a ideia de a História seguir a linha do *progresso* muito por conta do método positivista que

privilegiava factualidade em documentos históricos, considerados em si, como portadores da “verdade” histórica. Essa historiografia caracterizava-se ainda por uma forte presença de aspectos políticos, por biografias dos grandes personagens históricos e pela linearidade, o que significou, em uma perspectiva atual, algo bastante vago.

Em 1929, surge na França a *Revue des Annales d'Histoire Économique et Sociale*, ou Revista dos Anais de História Econômica e Social, mais conhecida como Revista dos Annales, fundada por dois historiadores, Marc Bloch e Lucien Febvre, que empreenderam, de certa forma, uma revolução na historiografia, pois foram de encontro à História positivista, ao desenvolverem estudos no campo social, econômico e (porque não) das mentalidades, mesmo que voltados mais para o social. Eles romperam com o “monopólio” da História política e “criaram” novas possibilidades para o estudo histórico, o que só fez crescer o diálogo entre as várias Ciências Humanas e Sociais, criando um grande aparato interdisciplinar, um dos seus principais objetivos.

“

No século XIX, a historiografia trabalhou basicamente com uma perspectiva diacrônica do tempo, ou seja, a ideia de a História seguir a linha do progresso muito por conta do método positivista que privilegiava factualidade em documentos históricos, considerados em si, como portadores da “verdade” histórica.

”

No que se refere ao tempo, eles começaram a alargar a noção de tempo e de História. Esta já não segue mais uma concepção política e dos grandes indivíduos e passa a fazer a História dos *indivíduos comuns*, daí em se falar em *História dos excluídos*, excluídos pela antiga História positivista. O tempo se transforma, passa agora da diacronia para a sincronia, ou seja, há vários caminhos que podem se cruzar ou não.

Mas o debate acerca do tempo não termina por aqui, ele ganhou novos contornos por volta da década de 1950 com o aparecimento da corrente *estruturalista* do antropólogo francês Claude Lévi-Strauss. Segundo essa visão, as sociedades humanas teriam estruturas profundas advindas de um mito *fundador*, e as estruturas dos mitos eram idênticas em qualquer canto da Terra, confirmando assim que a estrutura mental da humanidade é a mesma, independentemente da raça, do clima ou da religião adotada ou praticada. Essa visão de estrutura representou uma crise para a História, pois, como Dossé nos diz, “[...] a ambição de Claude Lévi-Strauss, correlativa à sua empresa de ‘des-historização’, situa-se no plano da descoberta do modo de funcionamento do espírito humano, verdadeiro invariante, permanência humana para além de toda diversidade de épocas e espaços” (DOSSÉ, 2003, p.110). Essa busca pelo invariante anularia a mudança, dado que tudo seria permanência e, consequentemente, anularia a História.

Com isso, a História entrou em crise e o estruturalismo virou moda e ganhou força. No entanto, a grande resposta da História veio com o debate entre Claude Levi-Strauss e o historiador francês Fernand Braudel, que não negou a importância do estruturalismo, mas formulou a noção da *multiplicidade dos tempos*, no qual, a História seria feita por meio de três tipos de temporalidades: a curta, a média e a de longa duração. A de curta duração seria o evento, o cotidiano; trabalharia com um curto período, não limitando muito além de meses, ou poucos anos. Aqui seria o tempo por excelência do cronista e do jornalista que trabalharia com o cotidiano e com o domínio da informação; no que diz respeito à História, seria onde se situaria a História política, dado à constante mudança desse tipo de atividade. A média duração, como ficou conhecida (mas ele trabalhou com o termo

conjuntura), corresponderia às maiores fatias do tempo, em que a análise do passado iria a um período de décadas, a quase meio século. Aqui está situada a História econômica e a História social, cuja marcha cronológica fica difícil de determinar. E, por último, a longa ou longuíssima duração que, segundo Braudel, seria a faixa propriamente estrutural da História. Aqui romper-se-ia a barreira dos séculos e se constituiria aquilo que quase não muda na História. A História de longa duração ou estrutural seria principalmente a História das mentalidades ou a atual Nova História Cultural, que trabalharia com o que menos muda em uma sociedade, que são as mentalidades; daí a impressão de que as mentalidades não mudam, mas mudam, só que em um ritmo muito lento.

O tempo braudeliano, portanto, já não seria mais uma linha, mas sim uma variedade de possibilidades, seja na curta, média ou longa duração. Entretanto, essas múltiplas temporalidades não estão “fluindo” em

“**A Ciência (logo, a Física também), como toda a atividade humana, tem uma História e se desenvolveu ao longo do tempo. Portanto, negar esse fato seria negar também a própria Ciência.**”

separado, todas estão agindo ao mesmo tempo. Assim, junto com o cotidiano político, está agindo a conjuntura da economia e do social, como também a estrutura das mentalidades. E assim, a História prossegue. E é por conta disso que surgem as divisões entre os diversos tipos de História com caráter puramente metodológico de pesquisa, pois não se daria conta de estudar sobre tudo ao mesmo tempo.

Dada essa divisão metodológica, faz-se necessário o diálogo interdisciplinar dos diversos campos do saber, daí a necessidade de a História dialogar com a Sociologia, com a Demografia, com a Psicologia, com a Antropologia etc., partindo do pressuposto de que a construção do conhecimento não se dá a partir de uma única perspectiva, sendo assim necessário o diálogo com os demais. “Que se trate do passado ou da atualidade, uma consciência clara dessa pluralidade do tempo social é indispensável a uma metodologia comum das Ciências do homem” (BRAUDEL, 1969, p. 43).

Essa breve análise da temporalidade deixa-nos a dúvida de qual a importância disso para o ensino da Física. A Ciência (logo, a Física também), como toda a atividade humana, tem uma História e se desenvolveu ao longo do tempo. Portanto, negar esse fato seria negar também a própria Ciência. Principalmente, porque a Ciência, como a conhecemos hoje, não se deu mediante um *fiat* (faça-se), mas como resultado de todo um processo que foi formando o conhecimento científico. E como ele se deu? Por meio de um processo de mudanças ou de permanências, seguindo uma dialética própria ou não, que cabe à História revelar ou tentar revelar.

O debate da História das Ciências está pautado principalmente sobre duas perspectivas, que seguem caminhos opostos, mas que não excluem o diálogo, que são o *internalismo* e o *externalismo*. A visão internalista concebe a História da Ciência a partir da própria Ciência, daí estudar a Física pela Física. Ela ainda, quando muito, busca fazer mais uma História do pensamento científico. Um dos grandes historiadores dessa perspectiva é Alexandre Koyré e ele defende que:

A história do pensamento científico, tal como a entendo e me esforço por praticar, visa a dominar a trajetória desse pensamento no próprio movimento da sua atividade criadora [...] seria perigoso não estudar de perto a maneira pela qual um Walis, um Newton ou um Leibniz encaravam, eles próprios, a História de suas descobertas, ou negligenciar as discussões filosóficas que elas provocaram (KOYRÉ, 1982, p. 13).

A visão externalista concebe a História da Ciência a partir do seu exterior, buscando relacionar a Ciência com tudo que está à sua volta. Assim, nessa visão, a Ciência não está fora da política, do social, do econômico, do religioso, das ideias e do cultural. Essa concepção vê a História da Ciência como algo mais amplo, o que não exclui uma visão interior dela mesma. Thomas Kuhn é o grande historiador dessa perspectiva, e, para ele:

Talvez a Ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e inovações individuais. Simultaneamente, esses mesmos historiadores confrontam-se com as dificuldades crescentes para distinguir o componente “científico” das observações e crenças passadas daquilo que seus predecessores rotularam prontamente de “erro” e “superstição” (KUHN, 2005, p.11).

“**A Ciência (logo, a Física também), como toda a atividade humana, tem uma História e se desenvolveu ao longo do tempo. Portanto, negar esse fato seria negar também a própria Ciência.**”

É marcante, na História externalista, esse caráter interdisciplinar, pois, sem o diálogo do político, do social e das ideias, o desenvolvimento do conhecimento científico se torna precário e não explica a complexidade que o cerca. Pensar o heliocentrismo sem o seu contexto político e religioso pode significar um grande fracasso, ou se tornar bastante lacunar, uma vez que não se buscam as referências e as relações que construíram o pensamento. Assim, essa concepção atende perfeitamente à nossa perspectiva interdisciplinar, visto que, sem a Filosofia, a Física, a Astronomia, a História das ideias e a História social

da Ciência, o entendimento desse heliocentrismo se torna simplesmente um manual, torna-se um conhecimento cristalizado e fossilizado, não aberto ao aprofundamento, o que de fato não é nada científico. E se tivermos dificuldades de conciliar isso em uma pesquisa, será que não poderíamos estar atrofiando o conhecimento? E como então pensar em um ensino? Logo, a importância da História na Física é visível.

OS CURSOS DE EXTENSÃO

Divulgação

A divulgação dos cursos é feita nos *sites* da UERJ e do Projeto. Também enviamos *e-mail* para os colégios da cidade. Não fazemos seleção; para participar, é necessário apenas ter afinidade com os temas propostos.

Objetivo

Nosso objetivo é ampliar o ensino e a divulgação das Ciências, principalmente da Física, incluindo seus aspectos históricos e matemáticos, usando a música para a contextualização e motivação, por meio de experiências de Acústica, da prática de instrumentos musicais e do canto coral. Queremos tornar o estudo da ciência prazeroso.

Conteúdo

Oferecemos 2 tipos de cursos. Um deles, intitulado "A Física na Música", é dividido em 4 módulos, com o seguinte conteúdo:

- Módulo I: Apreciação musical, relação ciência-arte, fundamentos da Acústica Musical e Psicoacústica.
- Módulo II: Linguagem musical e experimentos de Acústica.
- Módulo III: Instrumentos musicais, a Física dos instrumentos e a paisagem sonora na Musicoterapia.
- Módulo IV: História da Música e da Acústica Musical.

O outro curso, "A Física e a Matemática do Canto Coral", é mais voltado para a voz como instrumento musical e possui os seguintes conteúdos:

- características dos sons musicais analisadas fisicamente: altura, intensidade, timbre e duração;
- série harmônica e as escalas musicais;
- elementos da Música: ritmo, melodia e harmonia;
- elementos de História da Música e da Acústica;
- o som produzido pelas cordas vocais (aerofone): o órgão da voz, respiração diafragmática, mecanismo de emissão vocal do som, formantes, afinação, classificação de vozes;
- percepção musical, apreciação musical, leitura musical, aplicação prática do canto coral.

“ Segundo Maria Edmir Maranhão, o ensino fragmentado, não interdisciplinar, gera o desinteresse, e a contextualização do conteúdo traz importância ao cotidiano do aluno

”

Público-alvo

Os Cursos de Extensão são oferecidos a um público amplo, mas isso não impede que sejam aprofundados temas que normalmente não são abordados nos cursos formais. As escolas, em geral, não oferecem cursos de Música ou se o fazem não há nenhuma relação com as outras disciplinas. Recebemos em nossos cursos profissionais de várias áreas, com boa formação, mas que, muitas vezes, são incapazes de repetir uma nota musical e, por vezes, nem se dão conta dessa incapacidade. Há então uma deficiência na percepção musical, embora sejam pessoas que apreciam e valorizam a música (tanto que buscam nossos cursos). Os conteúdos são desenvolvidos de forma que cada aluno poderá aprofundar os temas, conforme seus interesses e capacidades.

Professores

As aulas são ministradas, principalmente, por professores de Física e Música, mas estamos abertos a novas colaborações. Já tivemos aulas dadas também por professores de Matemática, por um médico e por uma psicóloga-musicoterapeuta. Em geral, são alunos que se tornam colaboradores, dessa forma, todos podem aprender mais. A preparação das aulas é feita nas reuniões do grupo de pesquisa, com alunos e professores, nas quais buscamos aplicar métodos que facilitem o aprendizado do aluno. Não queremos ser superficiais, não aprofundando tema nenhum, mas buscamos uma linguagem comum, acessível a todos. Apenas fugimos da superespecialização. Buscamos, em nossos cursos, aplicar o Método da Transposição Didática (CHEVALLARD, 1991), que tem por objetivo aproximar o conhecimento do nível cognitivo do aluno. Chevallard (1991) define a Transposição Didática como um instrumento eficiente para analisar o processo por meio do qual o saber produzido pelos cientistas (o Saber Sábio) se transforma naquele que está contido nos programas e livros didáticos (o Saber a Ensinar). O conhecimento científico escolar deve estar fundamentado no conhecimento gerado pelas pesquisas científicas, e esse já deve ter sido aceito de forma consensual pela comunidade científica. Esse conhecimento deve ser adaptado às necessidades das salas de aula, o que exige sempre criatividade. Esse método propõe que é possível apresentar para qualquer público resultados de pesquisas de alto nível. Isso exige um conhecimento seguro do tema a ser abordado, bem como suas aplicações e relações com o cotidiano. A linguagem deve ser adequada, sem omitir os aspectos essenciais.

Avaliações e verificação do alcance obtido

Nos cursos de extensão, não há provas nem outras avaliações como nos cursos formais. No início, usamos esse tipo de avaliação, mas hoje valorizamos o conhecimento tácito, aquele que não é explicitado, mas existe, como a parte escondida de um *iceberg* (GRANJA, 2006, p. 49). Segundo Carlos Eduardo Granja, citando Michael Polanyi, “[...] existe sempre uma dimensão tácita em qualquer processo de conhecimento, a qual é tão importante quanto aquela que podemos explicitar objetivamente. Isso implica que sabemos

sempre mais do que aquilo que podemos enunciar em palavras”. Ele nos lembra que, no conhecimento musical, tanto a percepção como o conhecimento tácito são características importantes. Nas escolas, normalmente, a organização do conhecimento “[...] ainda se fundamenta no conhecimento objetivo, de caráter explícito, ignorando a importância do conhecimento tácito e dos processos perceptivos na aprendizagem dos alunos”. Por isso, o ensino de Música, em qualquer nível, “[...] pode contribuir para reequilibrar as dinâmicas de aprendizagem na escola, aproximando, de um lado, o tácito do explícito, e de outro, o perceptivo do cognitivo” (GRANJA, 2006, p.52).

Os cursos não são obrigatórios, e os alunos que os frequentam, fazem-no por interesse pelos temas abordados, o que facilita muito as discussões e o aprendizado. No final do curso, o aluno que tiver ao menos 75% de frequência recebe o certificado, e os estudantes das licenciaturas ganham carga horária nas atividades acadêmico-científico-culturais, que são obrigatórias.

Aos poucos, os alunos vão se familiarizando com a linguagem de cada área e reconhecendo a relação e o valor desse aprendizado no seu cotidiano. Avaliamos nosso alcance por meio de perguntas e atividades (realização de experimentos e atividades com instrumentos musicais) durante o curso.

Interdisciplinaridade e contextualização

No final do século XX, iniciou-se a busca por um ensino interdisciplinar e contextualizado, ao contrário do que até então vinha sendo feito. Uma volta ao que era feito entre os séculos XV e XVIII, quando as diversas áreas não tinham fronteiras entre si. A LDB no 9394/96 pretende alcançar esse novo objetivo, mostrando que o que é ensinado é muito importante para a vida e tem relação com diferentes áreas do saber (BRASIL, 1996).

Segundo Maria Edmir Maranhão, o ensino fragmentado, não interdisciplinar, gera o desinteresse, e a contextualização do conteúdo traz importância ao cotidiano do aluno, “[...] mostra que aquilo que se aprende em sala de aula tem aplicação prática em nossas vidas [...]. O mundo globalizado exigiu

mudanças na educação, conseqüentemente exige que o professor seja atualizado, criativo, orientador e facilitador da aprendizagem” (MARANHÃO, 2009, p. 1).

Leopoldo de Meis nos alerta:

A superespecialização fez com que os cientistas e professores de cada área do conhecimento desenvolvessem linguagens e maneiras de pensar muito diferentes umas das outras, o que dificulta a comunicação a ponto de os especialistas das diversas áreas agruparem-se nas universidades como unidades estanques, sem praticamente nenhuma interação na pesquisa e no ensino (MEIS, 2002, p.93).

O mesmo autor reconhece a necessidade da integração entre as diversas áreas e diz que isso pode acelerar “[...] a descoberta de novas formas de pensar e ensinar que permitam suavizar esse conflito e facilitem o amadurecimento humanístico do homem tecnológico” (MEIS, 2009, p.101).

Nos Cursos de Extensão, adotamos esta orientação: aplicar a interdisciplinaridade Física-Matemática-História, contextualizada com a música, que faz parte do cotidiano da maioria das pessoas. Mostramos, assim, a aplicação prática por meio da música.

Recursos didáticos

Os materiais usados nos cursos são bem variados e buscam ilustrar os diferentes temas abordados. Usamos materiais básicos como: *notebook*, projetor *data-show*, quadro negro. Os textos das aulas são colocados no *site*: <http://afiscanamusica.googlepages.com>. As demonstrações dos fenômenos físicos são feitas com materiais simples e baratos, com equipamentos (quase todos do Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa – Cidepe) e com instrumentos musicais. Em alguns experimentos, usamos *softwares* que facilitam as medidas ou que fazem simulações teóricas. Por vezes, contamos também com recursos da *internet* com vídeos curtos, que apresentam e explicam alguns experimentos e com material de apoio de Trefil e Hazen (2006), um dos livros adotados.

Recomendamos também uma bibliografia para os que desejam um maior aprofundamento além dos textos do *site*. Entre estes, na área de Acústica Musical, os livros de Henrique (2007), Roederer (2002) e Rossing (2002). Na área de Música, usamos o Dicionário Grove de Música (SADIE, 1994) e Med (1996). Para a História da Música, recomendamos Candé (2001).

ALGUNS EXPERIMENTOS

Os instrumentos musicais podem ser divididos em 3 tipos: instrumentos de cordas, de sopro e de percussão. Outra classificação, hoje mais usada para fins científicos (Henrique, 2007, p.314), é a baseada no sistema proposto em 1914 por Erich von Hornbostel e Curt Sachs, que leva em conta um princípio acústico: qual o elemento vibratório que produz o som. Temos então, em princípio, 4 tipos de instrumentos: idiofones, membranofones, cordofones e aerofones. A essas categorias originais juntou-se mais tarde uma outra – os eletrofones.

Nos idiofones, o som é produzido pela vibração de corpos sólidos (placas, varas, barras) sem precisarem estar submetidos à tensão. Os membranofones produzem o som por uma membrana tensa, e os cordofones, por uma corda tensa. Nos aerofones, o som é produzido pela vibração do ar, incluindo a voz humana. Os eletrofones utilizam a variação de um campo eletromagnético na produção do som e necessitam de um amplificador para a conversão de sinais elétricos em ondas acústicas.

Muitos fenômenos físicos, acompanhados de seus modelos matemáticos, podem ser ilustrados diretamente nos instrumentos musicais. A ressonância pode ser mostrada em um violão ou em dois violões ao mesmo tempo. Se a corda ré de um violão é tocada, a corda ré do outro vibrará também, pela coincidência de frequências. A ressonância não acontece apenas se as frequências fundamentais coincidem, mas também com as frequências da série harmônica. Se um lá1 é colocado em vibração (5a corda), soarão também o lá2, o mi3, o lá3, o dó#4 etc. Dessa forma, podemos obter a ressonância com a primeira corda, que tem como frequência fundamental o mi3.

Quando afinamos um instrumento qualquer, podemos tomar como base uma nota emitida por um diapasão ou por outro instrumento já afinado. Tocamos então a nota afinada e procuramos alcançar aquela nota ajustando o outro instrumento (variando a tensão da corda ou o ajuste do tubo). Quando as frequências estão bem próximas, porém, não exatamente iguais, surge um terceiro som pulsado, consequência da interferência dos dois sons emitidos. A esse fenômeno dá-se o nome de batimento. A interferência pode ser explicada também por meio da acústica de salas.

O espectro sonoro, a série harmônica, as escalas musicais, as ondas em cordas e tubos são temas facilmente discutidos com o uso dos instrumentos. Interessante também é considerar os 4 aspectos físicos do som: altura, intensidade, timbre e duração. Caminhando mais um pouco, podemos considerar os 3 elementos da Música: ritmo, melodia e harmonia. O ritmo leva mais em conta a variação dos tempos dos sons e silêncios (pausas), é a parte aritmética e mecânica da música; a melodia é a sequência das sucessivas frequências (notas) que contém o ritmo; e a harmonia é a superposição de mais de duas notas ao mesmo tempo e que contém o ritmo; e também, geralmente, serve de acompanhamento da melodia.

Podem ser feitos experimentos simples com tubos, para a obtenção da velocidade do som. Com o uso de um tubo de PVC e um programa de espectroscopia sonora, facilmente obtemos a velocidade do som, ilustramos os diversos harmônicos em um tubo (múltiplos ímpares de $\lambda/4$, onde λ é o comprimento de onda) e podemos medir a temperatura ambiente. Com dois tubos verticais de vidro, ligados por um tubo plástico (como vasos comunicantes), podemos fazer a mesma experiência. No experimento anterior, precisamos medir a frequência com o programa, ao batermos com a palma da mão no tubo. Com os tubos de vidro, utilizamos uma frequência constante, com um diapasão que é colocado em vibração na extremidade do tubo. O som do diapasão é normalmente muito baixo e, quando ocorre a ressonância, o som é amplificado no tubo de tamanho adequado; então, sabemos que se trata da frequência fundamental ou de um dos harmônicos do tubo.

Outro experimento bem conhecido é o chamado tubo de Kundt, que utiliza um tubo de vidro horizontal com um pouco de pó de cortiça em seu interior. Fazendo soar uma frequência conhecida em sua extremidade, de preferência com um gerador de áudio, podemos visualizar a formação de nós e ventres ao longo do tubo. O número de nós e ventres varia com a variação da frequência aplicada. Os tubos ilustram a Física dos aerofones.

Em analogia às ondas em tubos, podem ser estudadas as ondas em cordas tensas. A afinação de um cordofone é então fisicamente entendida. Os modelos matemáticos são importantes também como nos experimentos dos aerofones. Com instrumentos de diferentes tamanhos e tipos de cordas, como um violino e um contrabaixo ou violoncelo, explicamos a dependência da frequência com a densidade da corda, a tensão e o comprimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E AGRADECIMENTO

Embora o ensino da Acústica esteja previsto nos PCNs, não é um tema que receba muita atenção, tanto nas escolas quanto nas universidades. Temos observado e confirmado que a Acústica, especialmente a Acústica Musical, é realmente um instrumento capaz de motivar os alunos e permitir a abordagem e o aprendizado de diferentes aspectos da Física, da Matemática e da História. O interesse pelos cursos é confirmado pelo fato de que alguns alunos passaram a fazer parte do grupo de pesquisa, incluindo estudantes da graduação de Física, de Matemática e de História e profissionais das áreas de Psicologia, de Musicoterapia, de Física, de Matemática e de História. Destacamos o fato de uma ex-aluna estar atualmente cursando o pós-doutorado em Paris, na área de Musicologia; outra, o mestrado em Ensino de Ciências em Duque de Caxias; e alguns outros que estão se preparando para o mestrado em Ensino de Física. Nem todos continuam seus estudos nas áreas dos cursos, mas sempre reconhecem a importância dos cursos para a formação acadêmica. Vemos assim que o Projeto, por meio das atividades extensionistas, principalmente pelos Cursos de Extensão, vem contribuindo largamente com a educação e a cultura da sociedade fluminense.

Agradecemos à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelos auxílios que nos tem dado desde 2006. Este trabalho corresponde principalmente ao Projeto “Difusão e Popularização da Física através da História da Física e da Música”, financiado pelo edital “Programa Difusão e Popularização de Ciência e Tecnologia no Estado do Rio de Janeiro, por meio do Processo E-26/111.479/2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPOLONI, C. R.; PARREIRA, P. S.; RIZZO, M. Aplicação de um equipamento portátil de EDXRF no acompanhamento dos trabalhos de restauro de pinturas murais na igreja da Paróquia Imaculada Conceição. **Rev. Brasil. de Arqueometria, Restauração e Conservação**. São Paulo, v. 1, n.4, p.161-164, 2007.
- ARAÚJO-JORGE, T. C. Relações entre ciência, arte e educação: relevância e inovação. **Agência Fiocruz de Notícias, Saúde e Ciência para todos**. 2007. Disponível em: <www.fiocruz.br/ccs/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=4>. Acesso em: 2 maio 2011.
- BRASIL. **Lei no 9394 de 20 de dezembro de 1996**. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: Ministério da Educação.
- _____. MEC.SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnologia, 1999.
- BRAUDEL, F. **Escritos sobre a história**. São Paulo: Perspectiva, 1969.
- CANDÉ, R. **História universal da música**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- CASIMIRO, J. Ciência, artes e letras: andamentos e infrações. **Gazeta de Física**, Lisboa, v.27, fasc. 4, p. 24-27, 2004.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Trad. Cláudia Gilman. Buenos Aires: Aique Grupo Editor S. A, 1991.
- DOSSÉ, F. **A história em migalhas: dos Annales à Nova História**. São Paulo: Ensaio, 2003.
- GRANJA, C. E. S. C. **Musicalizando a escola: música, conhecimento e educação**. São Paulo: Escrituras, 2006.
- HENRIQUE, L. L. **Acústica musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.
- JAMMER, M. **Einstein e a religião**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2000.
- KOYRÉ, A. **Estudos da história do pensamento científico**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1982.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9.ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- MARANHÃO, M. E. **A importância da interdisciplinaridade e contextualização**. 2009. Disponível em: <www.webartigos.com>. Acesso em: 5 maio de 2011.
- MED, B. **Teoria da música**. Brasília: Artes Gráficas, 1996.
- MEIS, L. **Ciência, educação e o conflito humano-tecnológico**. 2. ed. São Paulo: Senac, 2002.
- REIS, J. C. **Escola dos Annales, a inovação em história**. São Paulo: Paz e Terra, 2000.
- ROEDERER, J. G. **Introdução à física e psicofísica da música**. São Paulo: Edusp, 2002.
- ROSSING, T. D.; MOORE, F. R.; WHEELER, P. A. **The science of sound**. 3. ed. San Francisco: Addison Wesley, 2002.
- SADIE, S. **Dicionário Grove de Música**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1994.
- TREFIL, J.; HAZEN, R. M. **Física viva**, v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2006.