

# Conversa de Golfinho: Reflexões sobre a Bioacústica como Recurso Pedagógico Interdisciplinar no Ensino Básico

## Dolphin Talk: Considerations on Bioacoustics as an Interdisciplinary Pedagogical Resource from Elementary to High School

### RESUMO

Neste trabalho propomos recursos para o ensino de acústica para os ensinos fundamental e médio baseados em vocalizações de animais coletadas a partir de pesquisas científicas. A proposta focaliza em recursos bibliográficos e computacionais, visando possibilitar interações entre diversas disciplinas escolares através de um ensino de física contextualizado. Além disso, ela pretende favorecer o diálogo dos ensinos médio e fundamental com o ensino superior, onde se originam e transitam aquelas pesquisas. Deste modo, universidades e institutos de pesquisa poderiam dispor de oportunidades de realizarem atividades de extensão junto ao meio escolar, enquanto que este poderia se beneficiar tendo contato mais próximo com recursos associados a investigações científicas.

**Palavras-chave:** Ensino Básico. Bioacústica. Aprendizagem de Ciências. Física. Extensão universitária.

### ABSTRACT

In this work we propose resources for acoustics teaching in elementary, middle and high school based on animal vocalizations collected in the context of scientific research. The proposal focus on bibliographic and computational resources aiming at allowing interactions among different school disciplines through contextualized Physics teaching. Moreover, we expect the proposal to favor exchanges between schools and scientific institutions where those research originate and progress. Consequently, universities and scientific institutes could have opportunities to offer outreach activities to schools, while the latter could benefit from a closer contact with scientific research resources.

**Keywords:** Elementary, Middle and High School Teaching. Bioacoustics. Science learning. Physics. University Outreach.

NADJA SIMÃO  
MAGALHÃES

Universidade Federal de São Paulo. Departamento de Física, São Paulo/SP, Brasil.



## INTRODUÇÃO

**Em um projeto de extensão que desenvolvemos junto a uma escola de ensino médio do interior do Ceará em 2016, notamos a necessidade de uma maior contextualização do ensino em sala de aula para motivar estudantes e auxiliar na exposição de conteúdos. Na ocasião o foco do projeto foi o meio-ambiente e uma palestra foi intitulada “A física do clima semiárido e sua influência sobre a população de Ipu”. Pelo fato da física ter sido contextualizada através do clima e, ademais, ter sido apresentada com relação à população local, constatamos ao final uma participação dinâmica de estudantes que, ao começo da atividade, mostravam-se retraídos e alheios.**

Motivados por esse resultado, entre outros de nossa experiência com atividades de extensão universitária, preparamos o presente trabalho visando refletir sobre o ensino de um tópico de física de maneira contextualizada ao mesmo tempo em que propomos formas de lograr esse tipo de ensino.

Escolhemos como tópico a acústica, presente no currículo de ciências desde o início do ensino fundamental até a física do ensino médio. Em particular, selecionamos a *bioacústica*, que é a ciência multidisciplinar que combina a biologia e a acústica, para servir de veículo de exemplificação dos conceitos desta última. A escolha também se deve ao fato da bioacústica abrir um leque de questões inter e transdisciplinares que podem enriquecer o processo ensino-aprendizagem para além da acústica em si. É essa abrangência da bioacústica que favorece que recursos do ambiente universitário se tornem especialmente úteis para o ensino básico, como logo exporemos.

Sons são essenciais para a vida humana, antes mesmo do nascimento [1]. Há evidências de que bebês possuem senso musical [2]. Saber ouvir e emitir sons é uma capacidade relacionada à sobrevivência básica [3]. Entretanto, a vida no ambiente urbano contemporâneo pode ofuscar a sua importância se restringir a variedade dos sons percebidos.

A limitação na diversidade de sons nas cidades pode ser agravada pelos ruídos presentes nelas. Pessoas têm se habituado cada vez mais aos ruídos, a ponto de algumas afirmarem [4]: "...Nós já estamos acostumados a estes ruídos, com o tempo a gente se acostuma...". A frequente exposição ao ruído deixa de ser percebida conscientemente por alguns, ainda que os efeitos de tal exposição sejam prejudiciais à saúde.

Em um aspecto mais sutil, o acesso de crianças e jovens a um espectro limitado de sons, especialmente quando estes são permeados de ruídos, pode conduzir a um alijamento com relação ao mundo natural do qual fazemos parte. De certa forma, sons podem-nos (re)conectar, entre outras coisas, à natureza. A distribuição de sons em uma região envolve, por exemplo, sonoridades advindas de objetos construídos pelos seres humanos, de animais, de fenômenos da natureza ou de diferentes linguagens produzidas por humanos; ela cria uma paisagem sonora [5] que é cultural, refletindo a identidade de um lugar e de seus habitantes.

Os sons de animais ou de fenômenos da natureza, como a chuva, não se exprimem da mesma maneira em todos os lugares. Nesse contexto, usar sons de animais como ferramenta de ensino-aprendizagem pode enriquecer a paisagem sonora de crianças e adolescentes e favorecer a abordagem interdisciplinar em práticas pedagógicas [6;7;8].

Nas próximas seções apresentaremos uma proposta de estudo de acústica para os ensinos fundamental e médio baseada em vocalizações de animais coletadas a partir de pesquisas científicas. A proposta pretende possibilitar interações entre diversas disciplinas escolares através de um ensino de Física contextualizado. Além disso, ela favorece o diálogo dos ensinos médio e fundamental com o ensino superior, onde se originam e transitam aquelas pesquisas.

## A BIOACÚSTICA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO BÁSICO

Neste trabalho propomos a utilização de temas em bioacústica nos ensinos fundamental e médio para estudos não apenas de física como também interdisciplinares. Nesta seção, dentro da metodologia relevante para a proposta, faremos uma síntese de conceitos de acústica, especialmente alguns de destaque para bioacústica, que se encaixam nos currículos escolares. Os materiais usados na proposta são bibliográficos e computacionais, conforme exporemos a seguir.

## O SOM NOS CURRÍCULOS DOS ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO

A acústica é ramo da física no qual se estuda o som, sendo sua base científica fundada na teoria clássica das vibrações mecânicas. Tipicamente, temas de acústica são apresentados no 3º ano do ensino fundamental, 3EF (produção de som) e no 9º ano do ensino fundamental, 9EF (principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção do som) [9], assim como no 2º ano do ensino médio, 2EM (fontes sonoras; gravação, reprodução e transmissão de sons) [10].

Em textos didáticos do 9EF e 2EM existe forte abstração na apresentação dos conceitos de acústica, havendo limitada atenção em contextualizar tais conteúdos com situações próximas da vivência dos estudantes, sendo que tais conceitos são normalmente apresentados de uma forma superficial, considerando apenas os aspectos físicos envolvidos. Além disso, vários livros didáticos de física não citam ligações entre acústica e o enfoque *Ciência, Tecnologia, Sociedade & Ambiente* (CTSA) [11]. Esses aspectos deixam o estudo de acústica estanque e, muitas vezes, desinteressante, particularmente diante do dinamismo global na produção de conhecimento e na troca de informações.

Essas abordagens contrastam com as recomendações de documentações vigentes. Por exemplo, referente a discentes dos últimos anos do ensino fundamental:

“...é importante motivá-los com desafios cada vez mais abrangentes, o que permite que os questionamentos apresentados a eles, assim como os que eles próprios formulam, sejam mais complexos e contextualizados.” [9]

E, no que tange a discentes do ensino médio:

“...um aprendizado culturalmente significativo e contextualizado da Física transcende naturalmente os domínios disciplinares estritos. E é essa Física que há de servir aos estudantes...” [12]

No presente trabalho propomos apresentar uma metodologia de ensino que vai de encontro a essas recomendações. Além disso, pretendemos contribuir para enriquecer o ferramental didático do corpo docente, do qual é esperado que esteja em contínuo processo de formação:

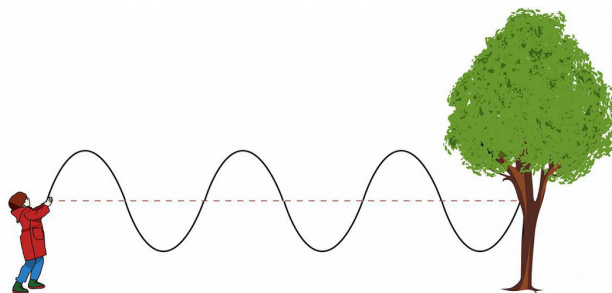
“Essa formação [do professor] é também, mas não só, permanente informação cultural e atualização metodológica. A formação profissional contínua tem igualmente um caráter de investigação, uma dimensão de pesquisa.” [10], pág. 143

## TEORIAS FÍSICAS ENVOLVIDAS

Nossa proposta de uso da bioacústica está embasada em teorias físicas da área da mecânica clássica. Em mecânica se estuda o movimento, suas formas e causas. Na física dita clássica investigam-se fenômenos que ocorrem a velocidades muito menores que a da luz no vácuo (cerca de 300.000.000 m/s) e/ou que envolvam átomos ou sistemas de maior tamanho – ambas as condições satisfeitas pelos sistemas em que a bioacústica é aplicada.

A mecânica clássica é aplicada, por exemplo, ao estudo de movimentos ondulatórios, como o que acontece na corda da Figura 1 e que também ocorrem na água e no ar. Nestes dois meios e em outros fluidos é que se propaga o som, sob a forma de ondas. O estudo do som na física é destacado pelo fato de um ramo ter sido especialmente designado para sua investigação, dentro da mecânica clássica – a *acústica*. No próximo tópico apresentaremos alguns conceitos desse ramo.

**Figura 1** – Criança provocando movimento ondulatório em uma corda presa pelas duas extremidades. Através do estímulo apropriado fornecido pela criança, o objeto sólido – a corda – se move oscilando verticalmente, enquanto que o desenho senoidal da corda (a onda) se propaga na direção horizontal, perpendicularmente à oscilação do material. É uma onda dita transversal. Imagem por *CK-12 Foundation*, via *Wikimedia Commons*.



## CONCEITOS BÁSICOS DE ACÚSTICA

O primeiro conceito é o de *oscilações* (ou ondas), que são variações regulares em magnitude ou posição em torno de um ponto central. O movimento que se repete a intervalos de tempo iguais é chamado de *periódico*. Quando um corpo em movimento periódico passa por uma série de eventos ou posições e retorna a seu estado original, diz-se que ele realizou um ciclo, ou uma vibração. O intervalo de tempo necessário para completar um ciclo é chamado *período* do movimento. O som é um fenômeno que exemplifica bem movimentos oscilatórios que ocorrem em meios mecânicos [13].

A *onda sonora* é uma perturbação que se cria em um meio material elástico e que se propaga por esse meio. Ondas sonoras correspondem a um processo de compressão e descompressão (ou rarefação) de um meio, seja ele gasoso, líquido ou sólido. A velocidade de propagação do som depende do material onde ele se propaga. Por exemplo, quando os seguintes meios estão a 20°C essa velocidade vale: no ar: 343,3 m/s [14]; na água doce (ao nível do mar): 1.482,5 m/s [15]; na água salgada (ao nível do mar, com 34% de salinidade): 1.520,5 m/s [15].

O processo de compressão-descompressão do meio se dá na mesma direção da propagação da onda sonora e, por isso, ela é classificada como uma onda *longitudinal*. Ou seja, no som as partículas do meio se aproximam (compressão) e se afastam (descompressão) periodicamente e na mesma direção da linha entre a origem do som e o seu receptor. Esse movimento está ilustrado na Figura 2 e também no vídeo em [16]. Quando um pássaro canta (o emissor do som) podemos ouvir seu canto com um dispositivo receptor específico: o ouvido. Em geral a pele, que fica em contato com o ambiente, é também sensível às vibrações das ondas sonoras [17].

O som apresenta três características fundamentais [4]: a frequência, a amplitude, e o timbre. A *frequência* ( $f$ ) refere-se ao número de ciclos (ou ondas ou vibrações) que passam por um ponto fixo durante uma unidade de tempo; também designa o número de ciclos por que passa um corpo em movimento periódico durante uma unidade de tempo. A frequência se relaciona à “altura” do som, permitindo classificá-lo entre “grave” (baixa frequência) e “agudo” (alta frequência) e sendo medida comumente em hertz (Hz).

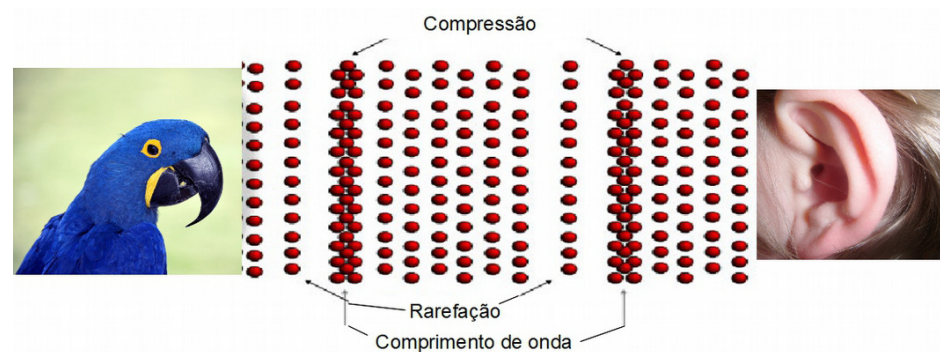
A *amplitude* ( $A$ ) de uma onda é a distância máxima alcançada por um ponto em um corpo em vibração (ou por uma onda), medida a partir da posição de equilíbrio. Assim, a amplitude é igual à metade do comprimento da trajetória da vibração. Ela tem relação com a quantidade de energia transportada pela onda, com a intensidade sonora, e permite classificar o volume do som entre “fraco” (pequena amplitude) e “forte” (grande amplitude).

O *timbre* é uma qualidade da fonte sonora, relacionada à forma com que a amplitude da onda muda ao longo do tempo. Ele permite diferenciar, por exemplo, as vozes de duas pessoas diferentes que cantam a mesma nota musical. Isto é possível através das frequências harmônicas que compõem um som complexo, que produzem sensações diferentes no aparelho auditivo.

A complexidade do som se reflete na forma matemática da onda, que indica como a amplitude varia com o tempo ( $t$ ). Uma frequência pura corresponde a uma onda

senoidal, matematizada por  $A(t) = a \text{sen}(2\pi f t)$ , onde “a” e  $\pi$  são constantes e “f” é a frequência da onda. Uma onda dita quadrada, mesmo com a mesma frequência que uma senoidal, apresenta uma tonalidade (timbre) diferente. Isso pode ser constatado na prática, por exemplo, com programas gratuitos *on line* chamados *tone generators* (literalmente, geradores de tons) que, além de apresentar ondas sonoras com timbres variados (senoidal, quadrada, dente-de-serra, triangular, etc.), permite variações de frequências (normalmente em Hz) e amplitudes (volume do som). Veja, por exemplo, em [18].

**Figura 2** – Movimento de compressão e decompressão em meio material que caracteriza a propagação de uma onda sonora.



A distância entre dois pontos em um mesmo estado oscilatório define um *comprimento de onda* (C); pontos assim são, por exemplo, os máximos de pressão consecutivos de uma onda longitudinal (um máximo desses é como uma “crista” de uma onda transversal; veja na Figura 2).

O inverso da frequência é o *período* (P) da onda:  $P = 1/f$ ; ele é o intervalo de tempo necessário para que um ponto do meio execute uma oscilação completa, e também é o intervalo de tempo necessário para que uma crista de onda percorra um comprimento de onda.

O período e o comprimento de onda mudam conforme o meio em que ela se propaga, mas não a frequência da onda. Por isso ela pode ser usada para classificar ondas sonoras, por exemplo, com relação à sensibilidade da audição humana a elas, que ocorre, em média, no intervalo entre 20 Hz e 20.000 Hz. Assim, sons com frequências abaixo de 20 Hz, até 0,5 Hz, são chamados *infra-sons*, e aqueles com frequência acima de 20.000 Hz e até 10 bilhões de Hertz são chamados *ultra-sons* [19].

## BIOACÚSTICA: INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE BIOLOGIA E FÍSICA

Na Figura 3 há um exemplo de canto de galo ilustrado em um gráfico especializado chamado *sonograma*, que representa os componentes acústicos (duração, frequência e intensidade) do som. A intensidade é dada no eixo vertical do gráfico superior, em unidade padrão, enquanto que as frequências são dadas no eixo vertical do gráfico inferior, em kHz (quilohertz, ou milhares de hertz). No eixo horizontal, que corresponde ao tempo (em segundo), pode-se obter a duração do som verificando-se o intervalo que ele ocupa naquele eixo.

Esta figura foi obtida usando-se o *software Raven Lite*, desenvolvido pelo laboratório de ornitologia da Universidade de Cornell (EUA). Simples de usar, esse programa para o estudo de áudios ocupa pouca memória computacional e é gratuito [20]. O som do galo foi baixado da Internet e também é livre [21]. Com o *Raven Lite* é possível reproduzir o som ou variar seus parâmetros, além de filtrá-lo de diversas maneiras.

Para professores(as) que desejarem uma ampla variedade de sons de animais, há a opção de se inscreverem em bibliotecas universitárias que contêm repositórios, como as disponíveis na Universidade de Cornell [22] e na Universidade Estadual de Campinas [23], para poderem receber os arquivos que escolherem no catálogo.

A *intensidade* do som ( $I$ ) é definida como a quantidade de energia sonora que flui, durante uma unidade de tempo, por uma unidade de área que seja perpendicular à direção na qual as ondas sonoras estão viajando. A intensidade depende de características do meio de propagação, bem como da amplitude da onda e de sua frequência. Uma unidade costumeira de  $I$  é o watt por metro quadrado ( $W/m^2$ ).

Em geral, ondas se propagando em um meio (como o som no ar ou a água) e que tenham amplitudes grandes e frequências altas possuem maior intensidade que ondas de menores frequências e amplitudes. Ou seja, no caso de mesmas amplitudes, os sons mais agudos geralmente são mais intensos que os graves, pois aqueles possuem mais energia do que estes.

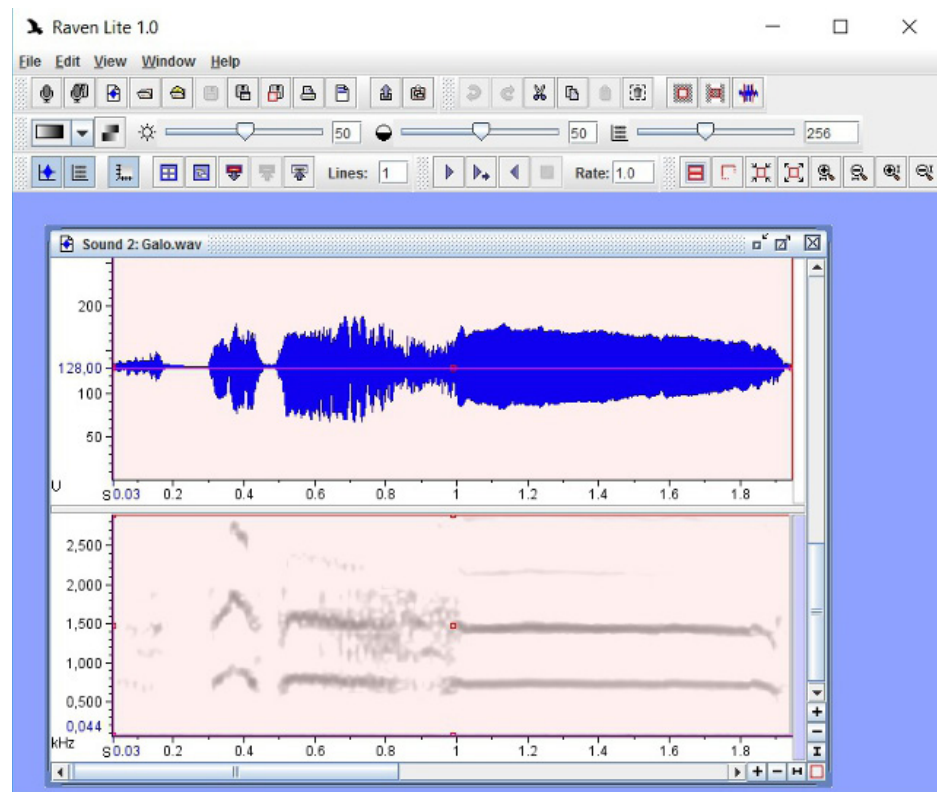
A intensidade de um som é normalmente comparada à do limiar (mínimo) auditivo humano,  $I_0$ , que vale, aproximadamente,  $10-12 W/m^2$ . A variedade de intensidades que podemos ouvir é tão grande que uma outra unidade é normalmente usada, o decibel (dB), que é definido com relação a  $I_0$ . Assim, o (zero) dB corresponde a uma onda sonora de intensidade exatamente igual a  $I_0$ . O limite máximo da audição fisiológica humana é 120 dB, acima do qual se passa a sentir dor ao ouvir o som. O campo de audibilidade humana no ar e ao nível do mar está ilustrado na Figura 4.

## TEMÁTICAS EM BIOACÚSTICA QUE INTERLIGAM VÁRIAS DISCIPLINAS

Temas de pesquisas científicas em bioacústica podem servir de motivação para estudos que interligam múltiplas disciplinas nos ensinamentos fundamental e médio. A seguir apresentaremos alguns exemplos dessas temáticas:

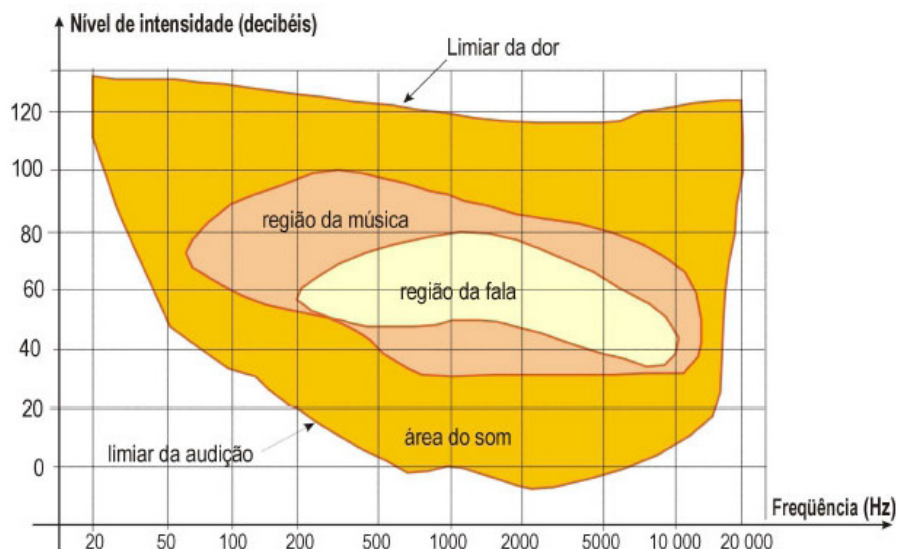
1. Sons mais intensos do que o limiar da dor tornam-se nocivos à saúde. Isso vale para humanos e outros animais. Por exemplo, estudos com baleias e golfinhos têm demonstrado que esses animais, que são extremamente dependentes da acústica para sobreviverem, são prejudicados com certos sons de origem humana, como os de barcos [24]. Os efeitos de poluição sonora são danosos para eles como são para humanos.

**Figura 3** – Imagem da tela do programa *Raven Lite* onde se abriu um arquivo de áudio com o canto de um galo. O gráfico superior indica a amplitude ao longo do tempo, enquanto o inferior mostra as frequências.

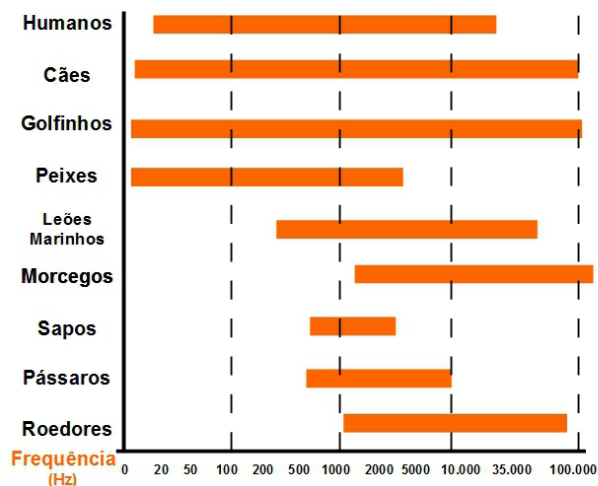




**Figura 4** – Campo de audibilidade humana no ar ao nível do mar. Fonte: UFRN (2009) [25].



2. A faixa de audição de outros animais normalmente é bem diferente da nossa, como ilustrado na Figura 5. Isso significa que, por exemplo, há sons que ouvimos os quais alguns pássaros e morcegos não ouvem, assim como cães, ratos e golfinhos ouvem certos sons que não ouvimos [6]. Deste modo, os animais possuem uma percepção do universo bem diferente da nossa.



**Figura 5:** Espectros auditivos de alguns animais.

3. Os sons são usados pelos animais como veículo de expressão e comunicação, podendo ter diferentes formas e finalidades. A comunicação entre os animais acontece sempre que o comportamento de um indivíduo altera a probabilidade da emissão do comportamento de um outro, seja este da mesma espécie ou não [7]. A comunicação acústica envolve um indivíduo emissor e um receptor, geralmente ocorrendo com as seguintes etapas: a) manifestação do comportamento de emissão; b) emissão do sinal sonoro; c) transmissão do sinal pelo meio; d) percepção do sinal pelo receptor; e) reação do receptor em resposta ao sinal do emissor [28]. Um aspecto particularmente interessante da comunicação animal é a existência de dialetos dentro de uma mesma espécie. Isso é comprovado, por exemplo, entre aves [29] e cetáceos [30], não sendo exclusivo de sociedades humanas possuírem dialetos.
4. Existem sinais acústicos produzidos por golfinhos que são associados a indivíduos específicos. Tais sinais consistem de assobios personalizados, também chamados de “assinaturas”, e são vocalizados exclusivamente por um determinado indivíduo [31; 32; 33]. É instigante questionar se isso seria um tipo de “nome” que o animal possui, do mesmo modo que as pessoas têm nomes.
5. Ainda não se sabem muitos detalhes sobre o significado das vocalizações de baleias, golfinhos, cães e outros animais, mas houve e há estudos que tentam desvendar se os animais conversam entre si ou se poderiam conversar com as pessoas [34; 35; 36]. É um tema fascinante sobre o qual ainda há muito a se investigar.
6. Uma paisagens acústica (ou paisagem sonora) pode ser entendida como o conjunto de sons que compõem um lugar [37]. Ela conjuga sons do ambiente, das atividades do ser humano e dos animais. Nesta perspectiva o mundo pode ser percebido como uma grande composição musical que se desdobra à nossa volta, influenciada por uma crescente poluição sonora que instiga à preservação e reconstrução dos ambientes acústicos [38]. Assim, projetos especializados em gravações que retratam as paisagens acústicas naturais preservam a memória acústica ecológica de um local na data em que foram gravadas, construindo uma memória do presente [39]. Uma paisagem acústica natural há 50 anos seria bem diferente do que é hoje. Várias questões interdisciplinares podem ser levantadas nesse contexto, tais como: Que vocalizações usavam as espécies de animais presentes? Que interações haveria entre elas? Quais sons de origem humana existiriam?
7. Estimulados pela paisagem acústica à sua volta, humanos e outros animais interagem com o seu meio ambiente. Várias questões podem ser levantadas para debate, tais como: Qual a interferência dos ruídos antropogênicos na paisagem sonora dos espaços naturais? Quais deles incomodam mais? Os mais intensos seriam mais prejudiciais? Será que parques naturais servem mesmo como lugar de refúgio ao ruído a que a sociedade atual impinge [40]? Por que há animais que imitam outras espécies ou sons de origem humana [41]?

## BIOACÚSTICA NO ENSINO BÁSICO

Diante do abundante material de pesquisa científica em bioacústica disponível, assim como da existência de recursos computacionais acessíveis que permitem o manejo de dados e informação nessa área pelo público em geral, apresentaremos a seguir algumas sugestões de aplicações de bioacústica nos ensinos fundamental e médio. Elas estão resumidas na Tabela 1.

### BIOACÚSTICA NO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

A *produção* de som é um dos focos do ensino de ciências no 3EM. No que tange à produção de sons por animais, ela é variada e muitas vezes bem diferente daquela de origem humana. Deste modo, usar a bioacústica no 3EF pode naturalmente favorecer aulas interessantes e estimulantes. As bibliotecas de sons, como as das universidades de Campinas e de Cornell, citadas anteriormente, são ótimas fontes de sons de um expressivo número de animais.

Destacamos aqui a oportunidade, ao se ensinar sobre produção do som, de se introduzir as concepções de amplitude, frequência e timbre com sons dos mais diferentes animais. Por exemplo, além de se falar de sons “altos” ou “baixos” para o aluno, vale lembrar que a criança está aberta a se familiarizar com os termos “agudo” e “grave”, que serão úteis particularmente no 9EF e no 2EM. Em termos de amplitudes, pode-se apresentar o contraste entre o grito do bugio e o silêncio da ema. Diferenças de timbres podem ser exemplificadas nos latidos dos cachorros: o dono geralmente conhece o latido do seu cão, assim como este reconhece a voz de seu dono.

A produção do som por animais envolve diferentes formas, mecanismos e ritmos, favorecendo que ela seja associada a oscilações de sistemas físicos. Por exemplo, há sapos e pássaros que produzem sons estufando sua pele, bem como insetos que atritam partes de seus corpos, de modo que a produção sonora é visualizável. O aspecto biológico da produção do som pode ser explorado (boca, cordas vocais e outros sistemas, que dependerão do animal).

Usar animais da fauna local favorece, especialmente, discussões sobre os mesmos (hábito, aparência, ameaça de extinção, etc). Isso pode conduzir a atividades interdisciplinares que envolvam meio-ambiente, história e sociedade, por exemplo.

Além disso, animais produzem sons em função de sua utilidade. Assim, a bioacústica pode ser também associada ao ensino de linguagens no contexto da produção sonora.

### BIOACÚSTICA NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

No 9EF é recomendado ensinar os principais *mecanismos* envolvidos na *transmissão* e *recepção* do som. No contexto da bioacústica, as atividades podem ser desenvolvidas com os alunos com esse objetivo envolvendo temas tais como:

- » Propagação do som pelo ar (importante para pássaros, insetos, animais domésticos, etc), pela água (particularmente baleias e golfinhos) ou pelo solo (especialmente elefantes);
- » Ecolocalização (cetáceos, morcegos);
- » Audição animal (gatos e belugas se destacam), incluindo os espectros auditivos.

Os aspectos interdisciplinares mencionados para o 3EF podem ser adaptados para o 9EF.

Nesse ano os conceitos de amplitude, frequência e timbre, introduzidos de maneira menos formal no 3EM, poderiam ser revisitados com mais formalidade, em uma perspectiva científica.

Os geradores de tons *on line* poderiam ser utilizados para ilustração e fixação de conceitos.

Um programa como o *Raven Lite* poderia ser apresentado para que o(a) aluno(a) explorasse e o utilizasse como ferramenta para compreender conceitos técnicos. A própria forma como o som é transmitido para o programa e por ele recebido poderia ser motivo de estudo.

## BIOACÚSTICA NO 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

No 2EM recomenda-se ensinar sobre *fontes* sonoras, bem como *gravação*, *reprodução* e *transmissão* de sons. No contexto de bioacústica esses tópicos relacionam-se a temas explorados de maneira básica no 3EF e no 9EF, mas que, no 2EM, podem ser abordados com maior profundidade e técnica. O aprendizado adequado dos tópicos de acústica naqueles dois anos escolares precedentes é essencial para que o/a aluno/a do 2EM tenha os conhecimentos que lhe permitirão compreender com eficácia e eficiência os conceitos e técnicas de acústica referentes ao seu ano escolar.

A bioacústica pode ser utilizada no 2EM já com a aplicação de ferramental matemático e físico. Os estudos possíveis neste ano seriam, por exemplo:

- » Contraste na produção de sons por diferentes tipos de animais, ilustrando distintas fontes sonoras. Por exemplo: gato *versus* pássaro; cobra *versus* cachorro; cigarra *versus* golfinho. Os programas geradores de tons seriam particularmente úteis neste caso.
- » Relação entre a existência de dialetos animais e a reprodução de sons.
- » O processo de gravação (memorização) de sons pelos animais, incluindo sua recepção pelo ouvido. Fisicamente isso correlaciona acústica com eletricidade, e pode ser comparado ao processo de gravação realizado por uma máquina, como um computador usando o *Raven Lite*.
- » Domínio de refinadas técnicas de transmissão do som pelos animais para sua sobrevivência, como: comunicação de elefantes por infrassom; ecolocalização por morcegos e golfinhos.
- » Funcionamento de dispositivos usados como repelentes ultrassônicos para ratos,

camundongos, gambás, morcegos, pernilongos.

- » Influência de sons de origem humana no comportamento de animais (cetáceos nos oceanos; animais em zoológicos e aquários).
- » Dispositivos usados em pesquisas de campo sobre bioacústica.

Neste ano escolar, estudantes poderiam entrar em contato com trabalhos da comunidade acadêmica, como relatórios de iniciação científica de estudantes de graduação, ou capítulos introdutórios de dissertações de mestrado ou doutorado [42].

**Tabela 1** – Proposições de temáticas de ensino.

ANO ESCOLAR	3° EF	9° EF	2° EM
<b>Tópicos de acústica recomendados para o ano</b>	Produção de sons	Principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção do som	Fontes sonoras; gravação, reprodução e transmissão de sons
<b>Temáticas de ensino</b>	Sons de animais em contraste com sons antropogênicos	Propagação do som por diferentes meios	Contraste na produção de sons por diferentes tipos de animais
	Amplitude, frequência e timbre com sons de diferentes animais	Amplitude, frequência e timbre: conceitos científicos	Funcionamento de repelentes ultrassônicos
	Formas, mecanismos e ritmos de produção de som	Audição animal e espectros auditivos	Dialetos animais e a reprodução de sons
			O processo de memorização de sons por animais
			Dispositivos usados em pesquisas de campo sobre bioacústica
	Aspecto biológico da produção do som	Ecocalização	Técnicas de transmissão do som por animais
			Influência de sons de origem humana no comportamento de animais

## A BIOACÚSTICA CONECTANDO DISCIPLINAS E NÍVEIS DE ENSINO

A bioacústica é uma ativa área de pesquisa em institutos e universidades no Brasil e no exterior. Ela tem um apelo natural à curiosidade de crianças e jovens, particularmente por envolver questões interessantes e instigantes relativas aos animais. O diálogo entre universidade e escola pode favorecer para que pesquisadores e estudantes de graduação ou pós-graduação visitem as escolas para, por exemplo, apresentar, do ponto de vista de pessoas intimamente ligadas ao tema, palestras e materiais audiovisuais em linguagem acessível e produzidos a partir de suas pesquisas para ilustrar como o som impacta as vidas de animais.

Ao tratar do som no contexto animal, a bioacústica favorece o trânsito de informações entre várias disciplinas e pode ser tema de projetos inter e transdisciplinares na escola. Por exemplo, ela pode ter aderência, dependendo do ano escolar, com: linguagens, comunicação, vocabulário (em língua estrangeira, inclusive); ecologia, anatomia, fisiologia; meio-ambiente; distribuição geográfica, clima, topografia; história; música, teatro; geometria, álgebra, funções matemáticas. Em particular, o ensino de pessoas com necessidades especiais também pode se beneficiar com o uso de tópicos de bioacústica, incluindo o ensino de cegos.

Em todos os anos escolares é importante favorecer para que os/as alunos/as tenham contato ao vivo com diferentes animais emitindo sons, especialmente se eles estiverem em liberdade. Há espécies que apresentam sons no meio selvagem que são diferentes dos emitidos por indivíduos em cativeiro. Esse contraste pode levar a discussões interdisciplinares importantes na escola, como a da própria necessidade de se manter cativos animais não domésticos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procuramos apresentar como uma ativa área de pesquisa – a bioacústica – poderia ser usada no ensino básico como ferramenta auxiliar no ensino não apenas de ciências, acústica e biologia, mas também no ensino de outras disciplinas.

Por ser tema de investigações científicas, a bioacústica favorece trocas entre o ensino básico e o ensino superior na medida em que se estendem para escolas, em linguagem acessível, trabalhos desenvolvidos em institutos de pesquisa e universidades, devidamente adaptados ao nível de ensino básico visado.

O som no contexto dos seres vivos possui um apelo singular, capaz de captar o interesse de pessoas de todas as idades. Ainda não se sabe ao certo se golfinhos ou outros animais conversam entre si como fazem os seres humanos, mas certamente há cientistas trabalhando nesta questão, assim como há muitas pessoas curiosas em saber a resposta.

## REFERÊNCIAS

- [1] LINDNER, L. B. **O feto como ser ouvinte**. 1999. 48f. Monografia (especialização) – Audiologia Clínica, Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, Porto Alegre, RS, 1999.
- [2] ILARI, B. S. Bebês também entendem de música: a percepção e a cognição musical no primeiro ano de vida. **Revista da ABEM**. Porto Alegre, V. 7, p.83-90, set., 2002.
- [3] BÜLL, P. Percepções animais, histórias humanas: caça, conhecimento e xamanismo entre os inuit. **Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais – UFJF**. Juiz de Fora, V. 11, N. 2, p. 145-149, jul./dez, 2016.
- [4] MEDEIROS, L. B. **Ruídos: efeitos extra-auditivos no corpo humano**. 1999. 48f. Monografia (especialização) – Audiologia Clínica, Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, Porto Alegre, RS, 1999.
- [5] KOZEL, S. Geopoética das paisagens: olhar, sentir e ouvir a “natureza”. **Caderno de Geografia – PUC Minas**. Belo Horizonte, V.22, N.37, p.65-78, 2012.
- [6] VIEIRA, J. M.; MIRA, M. A.; ARENDT, K. Animais e aromas naturais na educação especial relacionando conceito entre ciências e química. **II Colóquio Luso-Brasileiro de Educação – UDESC**. Joinville, V.1, p. 714, 2016.
- [7] FAPESP. Biblioteca virtual de trabalhos acadêmicos. Disponível em <<http://www.bv.fapesp.br/pt/10/bolsas-no-brasil/>>. Acesso em: 25/06/2017.
- [8] GIORDANI, S. M.; FERNANDES, W.; SCHULTZ, R. Práticas interdisciplinares: o projeto “natureza” no ensino fundamental e médio no Colégio Geração. **Contrapontos**. Itajaí, V.3, N.1, p. 133-146, jan./abr., 2003.
- [9] BRASIL. **Base nacional comum curricular**. Ministério da Educação. República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2017.
- [10] BRASIL. PCN+ ensino médio: Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. **Ciências da Natureza**. Ministério da Educação. República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2017.
- [11] MONTEIRO JR., F. N.; CARVALHO, W. L. P. O ensino de acústica nos livros didáticos de física recomendados pelo PNLEM: Análise das ligações entre a física e o mundo do som e da música. **Holos**, Natal, Ano 27, V. 1, p.137-154, 2011.
- [12] BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio. Parte III – **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ministério da Educação. República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2017.
- [13] ZILIO, S. C; BAGNATO, V. S. **Mecânica, calor e ondas**. Disponível em <<http://www.fisica.net/ondulatória/Mecanica-Calor-Ondas.pdf>>. Acesso em 30/06/2017.
- [14] Calculadora on line: “Calculation of the Speed of Sound in Air and the Effective Temperature”. Disponível em <<http://www.sengpielaudio.com/calculator-speedsound.htm>>. Acesso em 30/06/2017. Cálculos baseados em exposição da NASA, disponível em <<https://www.grc.nasa.gov/WWW/BGH/snndrv>>.

- html>. Acesso em: 30/06/2017.
- [15] Calculadora on line: “**Sound Speed Calculator**”. Disponível em: <<https://www.mt-oceanography.info/Utilities/soundspeed.html>> Acesso em: 30/06/2017. Cálculos baseados em Fofonoff, P. and R. C. Millard Jr (1983) Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Technical Papers in Marine Science 44.
- [16] Vídeo ilustrando onda sonora. Disponível em: <[http://lh5.ggpht.com/\\_aTH7N3\\_trjA/ScKg3nzXPI/AAAAAAAAAto/XbpLNpClzfE/onda\\_sonora\\_thumb%5B3%5D.gif?imgmax=800](http://lh5.ggpht.com/_aTH7N3_trjA/ScKg3nzXPI/AAAAAAAAAto/XbpLNpClzfE/onda_sonora_thumb%5B3%5D.gif?imgmax=800)> Acesso em 17/06/2017.
- [17] Instituto de Física de São Carlos (USP): Apostila sobre órgãos do sentido. Disponível em: <<http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/apost-fisiol-part1.pdf>> Acesso em 17/06/2017.
- [18] Gerador tonal: “Online Tone Generator”. Disponível em: <<http://onlinetonegenerator.com/>>. Acesso em: 17/06/2017.
- [19] BORGES, P.D. **Apostila de Física**. Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2009.
- [20] Universidade de Cornell, **Cornell Laboratory of Ornithology**, *Software Raven Lite*. Disponível em: <<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/RavenVersions.html#RavenLite>>. Acesso em 18/06/2017.
- [21] FARIAS, R.S.B; TERÁN, A. F. Os sons da natureza motivando o ensino de biologia. **Rev. Saúde e Biol.** Campo Mourão, V.6, N.3, p.52-58, set./dez., 2011.
- [22] **Cornell Laboratory of Ornithology, Macaulay Library**. Disponível em <<https://www.macaulaylibrary.org/>>. Acesso em: 18/06/2017.
- [23] Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, UNICAMP, Fonoteca Neotropical Jacques Vielliard (FNJV). Disponível em <[http://www.ib.unicamp.br/museu\\_zoologia/colecao\\_sonora](http://www.ib.unicamp.br/museu_zoologia/colecao_sonora)>. Acesso em: 18/06/2017.
- [24] KEINERT, A. K. **Análise dos ruídos produzidos por embarcações sobre uma população de boto cinza, Sotalia guianensis (Cetacea:Delphinidae), no estado do Paraná**. 2006. 39f. Monografia (bacharelado) – Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.
- [25] Física comentada. Disponível em <<http://fisicacomentada.blogspot.com.br/2012/10/exercicios-de-revisao-01.html>>. Acesso em: 18/06/2017.
- [26] FORINASH, K.; CHRISTIAN, W. **Sound**: an interactive e-book. Disponível em <[https://soundphysics.ius.edu/?page\\_id=2657](https://soundphysics.ius.edu/?page_id=2657)>. Também disponível em <<http://www.compadre.org/books/SoundBook>>. Acesso em: 18/06/2017.
- [27] PALERMO-NETO, J. A comunicação dos animais. **Revista CFMV**, Brasília, V.16, N.49, p.24-34, 2010.
- [28] PÉTER, P.; ÉVA, S.; ANNA, K.; ANDRÁS, P.; ÁDÁM, M. More than noise?—Field investigations of intraspecific acoustic communication in dogs (*Canis familiaris*). **App. Animal Behav. Sci.**, v. 159, p. 62-68, 2014.
- [29] VIELLIARD, J.M.E. Diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora na fauna brasileira. **I seminário de Música Ciência Tecnologia**: Acústica Musical. P.145-152, 2004.
- [30] LOPES, N.P. **Variabilidade acústica nos botos cinza**. 2016. 94f. Dissertação (mestrado) – Psicobiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte,



Natal, RN, 2016.

- [31] BOHRER, M.; HOFFMANN, L. S.; SCHUCK JR., A. **Aquisição e análise preliminar dos assobios dos golfinhos *Tursiops truncatus* na Barra de Tramandaí**. Disponível em <<http://www.lapsi.eletroufrgs.br/projetos/golfinhos/golfinhos.pdf>>. Acesso em: 19/06/2017.
- [32] SANTOS, M. E. Aspectos Acústicos do comportamento dos golfinhos. **Análise Psicológica**, Portugal, V.1, N.VII, p.133-147, 1989.
- [33] HOFFMANN L. S. **Um estudo de longa duração de um grupo costeiro de golfinhos *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)(Cetacea, Delphinidae) no sul do Brasil: Aspectos de sua biologia e bioacústica**. 2004. 290f. Tese (doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.
- [34] PEREIRA J.H. **Curso Básico de Teoria da Comunicação**. 4ª ed. Quartet, , 2007.
- [35] OHLSDORF, D.; GILLILAND, S.; PRESTI, P.; STARNER, T.; HERZING, D. An underwater wearable computer for two way human-dolphin communication experimentation. **ISWC'13**. Zurique, Suíça, p147-148, 2013.
- [36] JANIK, V. M. Cetacean vocal learning and communication. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 28, p. 60-65, 2014.
- [37] TORRES, M.A.; KOZEL, S. A paisagem sonora da Ilha dos Valadares: percepção e memória na construção do espaço. In: **Visões do Brasil: estudos culturais em Geografia** [online]. BARTHE-DELOIZY, F., and SERPA, A., orgs. Salvador: EDUFBA; Edições L'Harmattan, 2012. Disponível em SciELO Books <<http://books.scielo.org>>. p. 167.
- [38] SCHAFER, R. M. **A afinação do mundo: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora**. São Paulo: UNESP, 2001.
- [39] MARQUES, P. A.M. Paisagens acústicas naturais. **Parques e Vida Selvagem**, p. 46-49, Verão 2011. Mais detalhes em <<https://sites.google.com/site/paisagensacusticaspt/>>. Acesso em 26/09/2017.
- [40] PEREIRA M.A.G. **Acústica de parques e reservas naturais em Portugal**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2013.
- [41] BBC Worldwide. **Pássaro imita som de câmera, serra elétrica e alarme de carro**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=oBB2YFar2Jg>>. Acesso em 26/09/2017.
- [42] **Farm animal sounds**. Canto do galo (*Rooster*). Disponível em: <<http://www.animal-sounds.org/farm-animal-sounds.html>>. Acesso em: 18/06/2017.

**NADJA SIMÃO MAGALHÃES** professora de Física e Matemática do Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo (ICAQF - UNIFESP) e pesquisadora em física teórica, incluindo detecção e análise de sinais – e-mail: [nadja.magalhaes@unifesp.br](mailto:nadja.magalhaes@unifesp.br)