

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

**Uma proposta de introdução de conceitos físicos na 8<sup>a</sup> série através do *Som*, e algumas importantes curiosidades e aplicações.<sup>1</sup>**

**Laura Rita Rui**

Dissertação realizada sob a orientação da Prof<sup>a</sup>.  
Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Steffani, apresentada ao  
Instituto de Física da UFRGS em preenchimento  
parcial dos requisitos para a obtenção do título de  
Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2006

---

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2	<b>TEORIAS DE APRENDIZAGEM</b> .....	15
3	<b>PROPOSTA DO TRABALHO E METODOLOGIA</b> .....	21
3.1	OBJETIVOS.....	21
3.2	METODOLOGIA.....	24
3.3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	25
3.3.1	<b>Atividade 1 – Aula inaugural</b> .....	25
3.3.2	<b>Atividade 2 – O que é Física?</b> .....	26
3.3.3	<b>Atividade 3 – O som é uma onda e pré-teste</b> .....	27
3.3.4	<b>Atividade 4 – “Sentindo” o som</b> .....	27
3.3.5	<b>Atividade 5 – A propagação do som</b> .....	27
3.3.6	<b>Atividade 6 – “Construindo” sons</b> .....	28
3.3.7	<b>Atividade 7 – O som e os instrumentos musicais</b> .....	29
3.3.8	<b>Atividade 8 – O ouvido humano</b> .....	29
3.3.9	<b>Atividade 9 – A Física na audição humana</b> .....	30
3.3.10	<b>Atividade 10 – A velocidade do som</b> .....	30
3.3.11	<b>Atividade 11 – A Física e o trânsito</b> .....	31
3.3.12	<b>Atividade 12 – A audição dos animais</b> .....	32
3.3.13	<b>Atividade 13 – Infra e ultra-sons e suas aplicações</b> .....	32
3.3.14	<b>Atividade 14 – A propagação do som em meios materiais diferentes</b> .....	33
3.3.15	<b>Atividade 15 – Avaliação formal</b> .....	33
3.3.16	<b>Atividade 16 – Pós-teste</b> .....	34
3.3.17	<b>Atividade 17 – Dissertação</b> .....	34
3.4	O TELEDUC.....	35
3.4.1	<b><i>Fóruns de Discussão da turma A</i></b> .....	36
3.4.1.1	Perspectivas de 2005.....	36
3.4.1.2	O que é Física?.....	37
3.4.1.3	O caráter vibratório do som.....	38
3.4.1.4	Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.....	39
3.4.1.5	A fala.....	39
3.4.2	<b><i>Fóruns de Discussão da turma B</i></b> .....	40
3.4.2.1	Perspectivas de 2005.....	40
3.4.2.2	O que é Física?.....	41
3.4.2.3	A fala.....	42
3.4.2.4	Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.....	42
3.4.2.5	Equivalência massa-energia.....	43
3.4.2.6	O caráter vibratório do som.....	44
4	<b>RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROJETO NO COLÉGIO LA SALLE DORES</b> .....	49
4.1	<b>PRÉ E PÓS-TESTES SOBRE FENÔMENOS FÍSICOS RELACIONADOS AO SOM</b> .....	50

4.2	PROGRAMA COMPUTACIONAL EDUCACIONAL <i>CONSTRUINDO SONS</i> .....	54
4.3	PARTICIPAÇÃO NO TELEDUC.....	56
4.3.1	<b>Registros a respeito do TelEduc da turma A</b> .....	56
4.3.2	<b>Registros a respeito do TelEduc da turma B</b> .....	57
4.4	QUESTÕES SOBRE A AULA PRÁTICA COM INSTRUMENTOS MUSICAIS.....	58
4.5	TRABALHO DE CAMPO SOBRE A APLICAÇÃO DO ULTRA-SOM NA MEDICINA.....	61
4.6	PROVA FORMAL.....	63
4.7	TRABALHO INTERATIVO COM A DISCIPLINA LÍNGUA PORTUGUESA – DISSERTAÇÃO.....	64
5	<b>APLICAÇÕES DO PROJETO EM ENCONTROS E EVENTOS</b> .....	67
5.1	I SEMANA NACIONAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA UFRGS.....	67
5.2	I MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFRGS.....	68
5.3	APRESENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA ALUNOS DA DISCIPLINA DO CURSO DE LICENCIATURA EM BIOLOGIA.....	68
5.4	I JORNADA DE TRABALHOS DO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA..	69
5.5	OFICINA MPEF PARA PROFESSORES DE ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO.....	70
5.5.1	<b>A Sereia de Seebeck</b> .....	70
5.5.2	<b>As placas de Chladni</b> .....	71
5.5.3	<b>As hastes cantantes</b> .....	72
5.5.4	<b>“Pianinhos” de hastes cantantes</b> .....	72
5.5.5	<b>Segure a onda</b> .....	73
5.5.6	<b>A onda pendurada</b> .....	74
5.5.7	<b>O sonômetro</b> .....	74
5.5.8	<b>O baixo de borracha</b> .....	75
5.5.9	<b>Quem empurra a bolinha?...O som</b> .....	75
5.5.10	<b>Há música no ar</b> .....	76
5.5.11	<b>Programa <i>Construindo Sons</i></b> .....	77
5.6	6º SALÃO DE EXTENSÃO DA UFRGS.....	77
5.7	SEMINÁRIO DE FÍSICA PARA PROFESSORES E ALUNOS DE ENSINO MÉDIO.....	77
5.8	I ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA.....	77
6	<b>PAINEL A FÍSICA NA AUDIÇÃO HUMANA E TEXTO COMPLEMENTAR</b> .....	79
6.1	TEXTO COMPLEMENTAR.....	83
6.1.1	<b>Introdução</b> .....	83
6.1.2	<b>O ouvido externo</b> .....	84
6.1.3	<b>O ouvido médio</b> .....	86
6.1.4	<b>O ouvido interno</b> .....	91
6.2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
6.3	COMENTÁRIOS FINAIS A RESPEITO DO TEXTO COMPLEMENTAR.....	100
7	<b>COMENTÁRIOS FINAIS</b> .....	101
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	103

## **APÊNDICES**

A - O que é Física?.....	107
B - Produção, propagação e percepção do som no dia-a-dia: pré e pós-teste .....	115
C - Roteiro de atividades do programa <i>Construindo Sons</i> .....	117
D - Algumas questões sobre o estudo dos sons produzidos por instrumentos musicais.....	121
E - Apresentação sobre a audição dos animais.....	123
F - Roteiro do trabalho de campo sobre a aplicação do ultra-som na Medicina.....	127
G - Prova formal.....	129
H - Roteiro da dissertação interdisciplinar com Língua Portuguesa.....	133
I - Ciência e Convivência Social: Planetário da UFRGS e Vila Planetário.....	135
J - Ensino de Física: Novos Paradigmas.....	141
K - Apresentação na I Jornada de Trabalhos do Mestrado Profissional em Ensino de Física.....	145
L - Música e Física em “hastes cantantes”, sonômetro e outros instrumentos musicais.....	149
M - Apresentação no I Encontro Estadual de Ensino de Física.....	151

## **ANEXOS**

A - Carta da Sociedade Brasileira de Física.....	155
--	-----



## RESUMO

O ensino de Física nos níveis fundamental e médio apresenta-se, em geral, desarticulado das demais disciplinas que compõem as ciências da natureza, tais como Biologia, Química e Matemática.

Ensinar Física através da sua ocorrência na natureza, como nos sistemas funcionais das plantas, dos animais e do próprio homem, torna-a mais significativa para os estudantes, principalmente nas oitavas séries, pois permite introduzir conceitos físicos fundamentais sem que haja uma quebra brusca de currículo em relação à disciplina de Ciências das séries anteriores.

Essa dissertação de mestrado apresenta uma proposta de introdução da Física para as oitavas séries através do estudo de fenômenos físicos relacionados à produção e percepção de sons, que foi aplicada no Colégio La Salle Dores em Porto Alegre, nas turmas A (24 alunos) e B (25 alunos), no primeiro trimestre letivo de 2005 (Março a Junho). Na perspectiva de apresentar a Física inserida na natureza, particularmente no próprio funcionamento do corpo humano, produzimos um painel sobre o processo da audição humana. O painel destaca os fenômenos físicos responsáveis pelo processo da audição que ocorrem ao longo dos ouvidos externo, médio e interno. Devido à riqueza de fenômenos físicos relacionados a esse sentido, produzimos também um texto complementar ao painel, que traz explicações e comentários mais detalhados e que permite ao professor, após julgar o interesse e nível cognitivo de seus alunos, um aprofundamento maior sobre o assunto.

A produção do painel e do texto complementar, com o objetivo de explorar da melhor maneira a maior quantidade de fenômenos físicos que ocorrem no processo da audição humana, permite que esses materiais sejam adotados também por professores do Ensino Médio e na formação de professores da área das Ciências Naturais.



## **ABSTRACT**

In general Physics in primary and secondary schools presents itself as a subject apart from other natural sciences, such as Biology, Chemistry and Mathematics.

Teaching Physics based on its occurrence in nature, in the functional system of plants, animals and humans, makes students - especially 8<sup>th</sup> grade students - consider Physics a significant subject. Such approach also allows teachers to introduce the fundamental concepts of Physics without a sudden interruption of the Science curriculum regarding content previously studied by students.

This work aims at proposing a form of introducing 8<sup>th</sup> grade students to Physics by studying physical phenomena related to the production and perception of sounds, which was applied at Colégio La Salle Dores in Porto Alegre, at groups A (24 students) and B (25 students) from March to June 2005. Firstly, in order to present Physics as a subject part of nature, part of the functioning of the human body, an overview on the human hearing process is provided. This overview highlights the physical phenomena responsible for the hearing process along the external, middle, and inner ears. After, given the wide variety of phenomena related to the hearing sense, an extra text with explanations and more detailed comments completes the ideas the overview contains. Such text allows teachers, after measuring the interest and cognitive level of their students, to deepen studies.

Both the overview and the extra text were created with the objective of exploring in a better way the great number of phenomena that constitutes the human hearing process. Such materials can be adopted by secondary school teachers as well as be part of natural sciences teachers training.





## 1 INTRODUÇÃO

A inserção da Física como disciplina no Ensino Fundamental geralmente se dá na oitava série e com a introdução de conceitos físicos que serão abordados na primeira série do Ensino Médio. O ensino de Física que se pratica é, via de regra, de caráter acadêmico, com um currículo que não oportuniza incursões a outras áreas do conhecimento; é desarticulado do cotidiano e dos saberes do aluno e restringe-se a um ou dois períodos de aula semanais. A aprendizagem significativa é, muitas vezes, entendida como quantidade de informação; a linguagem científica é vista somente como uma aplicação da Matemática; a Ciência é ensinada e praticada de forma compartimentada.

Independentemente do conteúdo de Física a ser abordado na oitava série, é fundamental romper com esse modelo secular e planejar uma diversidade de atividades que envolvam os alunos na sala de aula e fora dela, os professores de Ciências e de outras disciplinas e os recursos das novas tecnologias. Essa é a proposta básica dessa dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, cujo projeto foi aplicado em 2005 no Colégio La Salle Dores em Porto Alegre. Esse projeto, que tem o Som como tema centralizador, propôs uma nova abordagem da Física para alunos da oitava série e envolveu aulas e professores de Informática, Ciências, Língua Portuguesa e Ensino Religioso. Assim, a aplicação do projeto envolveu períodos de Física, alguns períodos das disciplinas citadas e outros no turno inverso. Também desenvolvemos um trabalho de campo, em que os alunos buscaram informações complementares, em visitas a clínicas de fisioterapia e diagnósticos por ultrassom, entrevistando médicos e técnicos.

Os jovens com idade de cursar a oitava série (em média 14 anos) vivem um período emocionalmente marcante: a adolescência. Além das questões sociais que ocupam boa parte do tempo dos adolescentes (aceitação no grupo social, namoro, desejo de maior independência familiar), a mudança drástica no currículo de Ciências da sétima para a oitava série não favorece aos que já não gostavam de Ciências nas séries anteriores. Destacamos a seguir algumas razões pelas quais achamos essencial aplicar e desenvolver materiais potencialmente significativos nesta série:

→ oficialmente, é o primeiro ano letivo que os alunos têm contato com a Física, sendo, portanto a oportunidade de apresentar a disciplina de uma maneira diferenciada do Ensino Médio – relacionando-a com o funcionamento do corpo humano ou dos seres vivos, por exemplo, que é tema de estudo de Ciências nas séries anteriores. Desse modo, é possível apresentar a Física como uma ciência fundamental no dia-a-dia das pessoas, não só porque suas leis permitem a construção de máquinas e aparelhos úteis para nós, mas também porque é a ciência básica da própria natureza;

→ sendo o último ano letivo do Ensino Fundamental, a oitava série marca um período de perspectivas quanto ao Ensino Médio e/ou quanto à qualificação para o mercado de trabalho. Conforme citação nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Ciências Naturais: "... os objetivos de Ciências Naturais no ensino fundamental são concebidos para que o aluno desenvolva competências que lhe permitam compreender o mundo e atuar como indivíduo e como cidadão, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica".(BRASIL, 1998);

→ na maioria esmagadora das escolas são abordados, na oitava série, conteúdos de cinemática com enfoque principalmente matemático. Essa prática é freqüentemente justificada pela

preocupação dos professores de Ensino Fundamental em preparar os alunos para enfrentar os desafios do Ensino Médio e, conseqüentemente, o vestibular. Entretanto, ela pode ser extremamente negativa, conforme apontado por Moretzsohn:

Ao aluno que vai cursar Física pela primeira vez, na oitava série, é apresentado um extenso conteúdo em que é exigido um certo formalismo matemático. É aí então, que as dificuldades começam a aparecer, levando a maioria dos alunos a considerar a Física como uma disciplina insuportável, quando na verdade, em muitos casos, o problema não está na Física em si, mas na ferramenta necessária para a sua melhor compreensão, no caso a Matemática, principalmente. (MORETZSOHN, 2003)

Acreditamos que essa prática seja a principal responsável pela desmotivação dos alunos na primeira série do Ensino Médio para aprender Física. O sentimento negativo do aluno com relação a essa disciplina é reforçado nesta série, onde o currículo tradicionalmente limita-se a uma abordagem massacrante de conceitos de Cinemática e Dinâmica através do uso de fórmulas, funções e gráficos sem qualquer preocupação interdisciplinar com a Matemática ou outras disciplinas.

Ademais, freqüentemente o professor de Física, quando questionado sobre a utilidade ou aplicação do tema tratado em sala de aula, recorre ao enfoque matemático ou à aplicação tecnológica para o assunto. Mas porque não aplicar as leis da Física também para explicar o funcionamento do próprio corpo ou dos seres vivos em geral?

Outrossim, acreditamos que, já nas séries iniciais, as crianças devem ter contato com a Física através de atividades lúdicas que permitam a discussão de fenômenos físicos simples (SCHROEDER, 2005). Talvez por conta dos desgastados currículos escolares, deixamos de apresentar às crianças de tenra idade escolar assuntos que possam ser definitivamente marcantes e significativos para sua aprendizagem nos anos posteriores. É de certa forma contraditório que isso aconteça, já que é senso comum que as crianças são por natureza curiosas e buscam respostas para suas dúvidas, fazendo muitas perguntas e tentando suas próprias explicações. Cabe citar a já famosa frase de Jerome Bruner (professor de Psicologia e Diretor do Centro de Estudos Cognitivos da Universidade de Harvard): “É possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento”. (BRUNER apud MOREIRA, 1999)

É evidente também que cabe ao professor avaliar a capacidade cognitiva e o interesse dos alunos, preparar os materiais adequados às discussões dos fenômenos físicos e orientar na solução dos problemas. “O desenvolvimento intelectual baseia-se numa interação sistemática e contingente, entre um professor e um aluno, na qual o professor, amplamente equipado com técnicas anteriormente inventadas, ensina a criança”. (BRUNER apud MOREIRA, 1999)

Isso nos remete a outras questões relevantes para a prática docente.

Como professores de Física atuantes em sala de aula, sentimos muitas vezes a necessidade de aperfeiçoamento, busca de novos métodos e projetos interdisciplinares, como estímulos à profissão e vivência em sala de aula. Mas a maioria dos professores enfrenta uma rotina de trabalho onde não cabem mudanças: uma carga horária que, muitas vezes, ocupa os três turnos, em mais de uma escola. Especializar-se e produzir materiais, quer seja individual ou para projetos interdisciplinares (interação entre professores de diferentes áreas de ensino), requer tempo para

pesquisa e produção. Além disso, as bibliotecas públicas têm dificuldade em adquirir bibliografia atualizada e específica para pesquisa.

Vê-se que a mudança é necessária não apenas para que os jovens tenham conhecimento produtivo em vez de reprodutivo, mas para que os próprios professores tenham condições de atualizar-se para produzir e atualizar seus materiais de ensino ao longo de suas carreiras. Esta é uma questão política.

Escreve Perrenoud sobre o assunto:

No estado em que se encontram as políticas e as finanças públicas..., não seria conveniente criticá-los (os professores) por isso. No entanto, pode-se esperar que inúmeros professores aceitem o desafio, por recusarem a sociedade dual e o fracasso escolar que a prepara, por desejarem ensinar e levar a aprender a despeito de tudo, ou então, por temerem morrer de pé, com o giz na mão, no quadro-negro ao resumir a questão essencial que surge com a proximidade dos 40 anos no ciclo de vida dos professores. (PERRENOUD, 2000)

Os PCN, que são a base comum para a elaboração e reelaboração dos currículos nas escolas do país, destacam o problema e a necessidade de mudança, já no Ensino Fundamental:

Em relação aos conteúdos conceituais, particularmente de quinta a oitava séries, persiste uma tendência que os aborda de modo estanque nas disciplinas científicas, tais como se consagraram há mais de um século, e de forma caricatural. Apresenta-se separadamente Geologia, dentro de água, ar e solo; Zoologia e Botânica, como sendo classificação dos seres vivos; Anatomia e Fisiologia humana, como sendo todo o corpo humano; **Física, como fórmulas**, e Química como o modelo atômico-molecular e a tabela periódica. As interações entre os fenômenos, e destes com diferentes aspectos da cultura, no momento atual ou no passado, estudadas recentemente com maior ênfase nas Ciências Naturais, estão ausentes... (BRASIL, 1998)

Com a perspectiva de contribuir para o ensino de Física, tanto em nível fundamental quanto médio, e pensando na cooperação profissional entre professores de diferentes áreas e séries de ensino, desenvolvemos um recurso didático que pode ser explorado em Ciências, Física, Biologia e Música. Trata-se de um painel intitulado A Física na Audição Humana, produto deste mestrado, que focaliza os fenômenos físicos que ocorrem ao longo do aparelho auditivo (ouvidos externo, médio e interno) no processo da audição. Esse painel mostra, separadamente, a estrutura de cada um dos ouvidos que formam o aparelho auditivo, permitindo que o aluno tenha uma visão do papel desempenhado por cada um deles e também uma visão geral do sistema, que é um dos mais complexos do corpo humano:

Se um engenheiro fosse reproduzir as suas funções teria de comprimir em aproximadamente 17 cm<sup>3</sup> um sistema de som que incluísse um harmonizador de impedâncias, um analisador mecânico de grande capacidade, um grupo móvel de retransmissão e amplificação, um transformador de muitos canais destinado a converter energia mecânica em energia elétrica, um sistema para manter um delicado equilíbrio hidráulico e um sistema interno de comunicações em dois sentidos. (STEVENS et al, 1969)

Tal complexidade levou-nos a escrever um texto complementar ao painel que, além de explicar mais detalhadamente o processo relacionado à audição, destaca palavras e fenômenos físicos que têm seu próprio texto complementar – incluído ao texto principal como um apêndice. Com esse texto, acreditamos disponibilizar um material de apoio muito importante na compreensão do

painel sobre a audição humana e da Física em geral, já que os fenômenos físicos que ocorrem ao longo do processo da audição abrangem diversas áreas da Física.

Acreditamos que aplicar as leis da Física ao funcionamento do corpo humano e seres vivos em geral possa ser uma das soluções para a melhoria do ensino não somente de Física, mas das ciências exatas em geral, em todos os níveis.

No capítulo 2 apresentamos, sucintamente, as teorias de aprendizagem que nortearam o planejamento e a execução desse projeto de mestrado.

Os objetivos, a metodologia e as atividades desenvolvidas durante a aplicação do projeto no Colégio La Salle Dores são apresentados no capítulo 3 e, no capítulo seguinte, são discutidos os resultados dessa aplicação.

Nosso trabalho de pesquisa e produção de materiais também foi adaptado para atender demandas especiais, como mini-cursos para crianças de 9 a 13 anos, palestras para licenciandos em Ciências, oficinas para professores de Ensino Fundamental e Médio e eventos de divulgação de ensino de Física, conforme relatamos no capítulo 5.

No capítulo 4 estão o painel A Física na Audição Humana e o texto complementar ao painel, principal produto deste mestrado.

Conclusões e comentários finais sobre a aplicação do projeto estão no capítulo 6.

## 2 TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Além dos cursos de formação para atualização dos métodos e produção de materiais, entendemos que existem duas questões básicas que o professor deve levar em conta para ensinar efetivamente (significativamente): como se dá o processo de aprendizagem na mente do estudante e como deve ser o ensino para que a aprendizagem seja facilitada. Essas questões nortearam o projeto desse mestrado e nesse capítulo serão discutidas.

Quanto à primeira questão, podem-se distinguir três tipos gerais de aprendizagem (MOREIRA, 1999):

- cognitiva: é a aprendizagem que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva;
- afetiva: é a aprendizagem que resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade;
- psicomotora: é a aprendizagem que envolve respostas musculares adquiridas por meio de treino e prática.

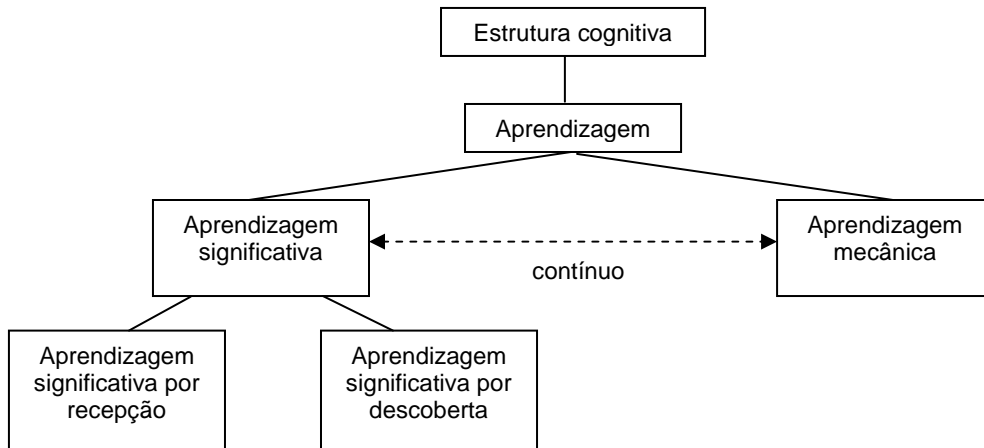
A aprendizagem cognitiva é concomitante com a aprendizagem afetiva e geralmente tem importância na aquisição da aprendizagem psicomotora.

O idealizador e principal representante da teoria de aprendizagem cognitiva é David Ausubel (médico psiquiatra por formação e professor emérito de psicologia educacional da Universidade de Columbia, em Nova Iorque). A seguir faremos uma breve explanação da sua teoria, relacionando-a ao projeto deste mestrado, justificando a sua escolha. Para que a teoria da aprendizagem cognitiva de Ausubel seja compreendida em toda a sua complexidade, é necessária a leitura integral das referências aqui citadas, ou a obra do autor.

O cognitivismo explica não apenas como se dá o processo de aprendizagem nos indivíduos, mas também como tal processo pode ser facilitado pelo professor.

“A atenção de Ausubel está constantemente voltada para a aprendizagem, tal como ela ocorre em sala de aula, no dia-a-dia da grande maioria das escolas”. (MOREIRA, 1999)

Os elementos que participam do processo de aprendizagem cognitiva de Ausubel estão representados abaixo por um mapa conceitual (FARIA, 1989):



A estrutura cognitiva, segundo Ausubel, “é o conteúdo total e organizado de idéias de um dado indivíduo; ou, no contexto de aprendizagem de certos assuntos, refere-se ao conteúdo e organização de suas idéias naquela área particular de conhecimento”. (FARIA, 1989)

O cognitivismo propõe que a estrutura cognitiva de um indivíduo seja formada pela aquisição, armazenamento e organização de conceitos e idéias, formando uma rede de informações, onde aquelas idéias e conceitos mais específicos ancoram-se a outras idéias e conceitos mais gerais.

Segundo Joseph Novak (professor de Educação da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos) colaborador e divulgador da teoria cognitiva:

Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro como altamente organizado, com articulações formadas entre vários elementos mais antigos e mais recentes conduzindo a uma hierarquia conceitual, na qual elementos menos importantes de conhecimentos são ligados (incorporados sob) a conceitos maiores, mais gerais e mais inclusivos. Assim, a estrutura cognitiva apresenta um arcabouço de conceitos hierarquicamente organizados, que são as representações de experiências sensoriais da pessoa. (FARIA, 1989)

As idéias e conceitos, que podem ser adquiridos por recepção ou por descoberta, são armazenados na estrutura cognitiva na forma de aprendizagem significativa ou aprendizagem mecânica. Para Ausubel, o fator que mais influencia o tipo de aprendizagem que ocorrerá na estrutura cognitiva do indivíduo são as idéias e conceitos relevantes que ele já possui, conhecidos como subsunçores. Um subsunçor pode ser uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição.<sup>2</sup>

Segundo Ausubel, na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz na sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto ligar-se a conceitos subsunçores relevantes, já existentes na estrutura cognitiva, ou seja, quer por recepção ou por descoberta, a aprendizagem é significativa. (MOREIRA, 1999)

Sendo assim, a aprendizagem mecânica ocorre quando a nova informação interage pouco ou nada com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação

<sup>2</sup> Segundo Ausubel, é (1) o resultado da combinação de várias palavras isoladas que se relacionam entre si, cada uma representando uma unidade referencial; e (2) as palavras isoladas combinam-se de tal forma que compõem um todo (em geral, a nova estrutura resultante é mais do que a simples soma das partes). (AUSUBEL apud FARIA, 1989)

não se ancora a nenhuma idéia ou conceito e fica armazenada de maneira arbitrária. Mas a estrutura cognitiva é dinâmica, isso implica a possibilidade de uma informação armazenada de maneira arbitrária ser implementada (modificada) e passar a ser significativa. “Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia e sim como um contínuo”. (MOREIRA, 1999)

Entendemos que devido a esse contínuo entre aprendizagem significativa e mecânica na formação da estrutura cognitiva da pessoa, encontra-se a importância da elaboração do currículo escolar, que segundo Ausubel é um dos fatores facilitadores da aprendizagem.

Um currículo educacional é elaborado pela seleção entre e nas disciplinas, dos elementos que a análise identifica como tendo, em potencial, o maior valor interpretativo. (...) Os itens específicos de um currículo são selecionados na medida em que são fundamentais e críticos para a disciplina, explicam bem a sua estrutura e se mostram capazes de suscitar processos de pensamento e modos de investigação que lhes são próprios. (JOHNSON apud FARIA, 1989)

Daí justificam-se os caminhos que escolhemos para desenvolver o assunto **som** neste projeto de mestrado: através da audição do homem e dos animais, pretendemos evitar o corte brusco entre o currículo de Ciências de quinta a sétima séries retomando, com o auxílio da professora de Ciências, questões já discutidas nessas séries (os limites da produção e audição e características gerais de algumas classes de animais – como respiração e reprodução; aspectos da evolução e adaptação; os cinco sentidos do homem; etc). Além disso, exemplificamos as características e fenômenos físicos associados ao som, sempre que possível, a fenômenos que facilmente observamos na natureza ou no dia-a-dia (comparação entre a velocidade da luz e do som: raio e trovão; caráter vibratório do som: cordas vocais; conceito de velocidade: exercícios através do cálculo da velocidade média de atletas em Olimpíadas; limites do corpo humano; etc).

Retomamos discussões típicas do conteúdo de Ciências, dando oportunidade ao estudante de tornar significativo algum conceito ou idéia antes armazenada de forma arbitrária na sua estrutura cognitiva. Acreditamos também que através desse projeto de mestrado, os estudantes tenham adquirido conceitos relevantes (subsunçores) para sua aprendizagem em Física ao longo do Ensino Médio. Isso nos remete a uma das questões básicas para Bruner de como ensinar: o currículo em espiral. “Currículo em espiral significa que o aprendiz deve ter oportunidade de ver o mesmo tópico mais de uma vez, em diferentes níveis de profundidade e em diferentes modos de representação”. (MOREIRA, 1999)

Outro tópico importante na facilitação da aprendizagem são os materiais de aprendizagem, que deveriam ser organizados hierarquicamente indo-se das idéias mais gerais e inclusivas para as idéias sucessivamente mais detalhadas e específicas. Segundo Ausubel, esse princípio tem dois pressupostos:

(1) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido, mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir das suas partes diferenciadas previamente aprendidas. (2) Num indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular consiste em uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As idéias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados. (AUSUBEL apud FARIA, 1989)



Esse princípio justifica começarmos o projeto apresentando uma discussão geral sobre a Física (o que é e onde atua – seção 3.3.2) e a existência de dois tipos de ondas (eletromagnéticas e mecânicas – seção 3.3.3).

Outro fator facilitador da aprendizagem é a atenção do aluno. Para Ausubel o fator atenção do aluno, que é promovida por várias propriedades da situação de ensino, é um componente indispensável para a promoção da aprendizagem.

Tais propriedades incluem a novidade, a incongruência, a surpresa, a mudança e o conflito conceitual ou dissonância “cognitiva” (...). Uma quantidade moderada de discrepância, incongruidade ou lacuna entre o conhecimento existente e a nova aprendizagem é altamente efetiva na mobilização da atenção, particularmente quando o aluno está insatisfeito com o que sabe. (AUSUBEL apud FARIA, 1989)

A diversidade dos assuntos discutidos durante os encontros, todos relacionados com o estudo do som e suas propriedades, tentou dar conta deste fator. Observamos também que os alunos ficavam atentos quando relacionávamos fenômenos físicos do dia-a-dia com alguma propriedade do som (como o exemplo das paredes vibrarem quando o volume do som está muito “alto”, ou do cachorro ouvir sons que não ouvimos).

Ainda dentre os fatores relacionados à facilitação da aprendizagem, deve-se levar em consideração também fatores afetivo-sociais, principalmente em dois aspectos:

- o esforço consciente do aluno para relacionar a nova informação com os subsunçores já existentes na sua estrutura cognitiva;
- o impulso cognitivo, que para Ausubel é o mais importante dos fatores afetivo-sociais.

Ao nível humano, o impulso cognitivo (o desejo de conhecimento como um fim em si próprio) é mais importante na aprendizagem significativa do que na memorização ou instrumental<sup>3</sup>. Ele é, pelo menos potencialmente, o mais importante tipo de motivação para a aprendizagem de sala de aula. Isso se deve à sua potência inerente e porque a aprendizagem significativa, contrariamente a outros tipos de aprendizagem humana, fornece automaticamente sua própria recompensa. (AUSUBEL apud FARIA, 1989)

Além dos fatores cognitivos que explicam como se dá a aprendizagem e dos fatores que a facilitam, existem os fatores de situação de trabalho (extra curriculares ou de ambiente de trabalho).

Philippe Perrenoud<sup>4</sup> (sociólogo suíço, professor na Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação na Universidade de Genebra), escolheu e desenvolveu dez grandes famílias de competências<sup>5</sup> que julga serem referenciais relevantes a orientar o ofício de professor, as quais são citadas abaixo (PERRENOUD, 2000):

1. Organizar e dirigir situações de aprendizagem.
2. Administrar a progressão das aprendizagens.
3. Conceber e fazer evoluir os dispositivos de diferenciação.

<sup>3</sup> Motivação instrumental é aquela em que a aquisição de conhecimento visa o reconhecimento social ou vantagens econômicas.

<sup>4</sup> Para saber mais sobre as idéias de Perrenoud, sugerimos a leitura da página <http://www.centrorefeducacional.com.br/perrenoud.htm>.

<sup>5</sup> Perrenoud designa competência como *uma capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação.*(PERRENOUD, 2000)

4. Envolver os alunos em suas aprendizagens e em seu trabalho.
5. Trabalhar em equipe.
6. Participar da administração da escola.
7. Informar e envolver os pais.
8. Utilizar novas tecnologias.
9. Enfrentar os deveres e os dilemas éticos da profissão.
10. Administrar sua própria formação contínua.

Na leitura das atividades desenvolvidas no nosso projeto de mestrado descritas no capítulo 3, facilmente se identifica a presença de todas essas competências, com maior ou menor intensidade, exceto a que diz respeito à participação da administração da escola (isto se deve, principalmente, ao fato de não pertencermos ao corpo docente da mesma) e informar e envolver os pais (comentário na introdução do capítulo 4).

Entretanto, cabe destacar nesse momento o trabalho em equipe. Como já comentado anteriormente, as disciplinas apresentam-se ainda hoje de maneira estanques e desvinculadas das demais que formam os currículos escolares. Há necessidade de mudanças nos currículos e nos materiais didáticos das escolas em todas as áreas de ensino e tais mudanças deveriam ser planejadas no grupo de professores, num trabalho em equipe.

Consideramos que um dos destaques desse projeto de mestrado é o desenvolvimento de trabalho em equipe com professores de diversas áreas do Colégio La Salle Dores (Ciências, Ensino Religioso e Língua Portuguesa), conforme seções 3.3.8, 3.3.12, 3.3.14 e 3.3.17. Mas reconhecemos que essa não é uma prática comum nas escolas por diversos fatores, dentre os quais a própria rotina do isolamento e individualidade, principalmente entre professores de diferentes áreas de ensino. Para Perrenoud:

O individualismo dos professores começa, de algum modo, com a impressão de que cada um tem uma resposta pessoal e original a questões como O que é ensinar? O que é aprender?

O ofício não é imutável. Suas transformações passam principalmente pela emergência de novas competências (ligadas, por exemplo, ao trabalho com outros profissionais ou à evolução das didáticas) ou pela acentuação de competências reconhecidas, por exemplo, para enfrentar a crescente heterogeneidade dos efetivos escolares e a evolução dos programas. Todo referencial tende a se desatualizar pela mudança das práticas e, também, porque a maneira de concebê-las se transforma. (PERRENOUD, 2000)



### 3 PROPOSTA DO TRABALHO E METODOLOGIA

Diante das necessidades de mudança do ensino de Física em geral, esse trabalho traz uma proposta de ensino de Física aplicada à oitava série do Ensino Fundamental, que tem como tema central o Som. Nesta proposta fazemos uso de recursos diversos tais como uso de textos de apoio, exploração de recursos tecnológicos como o programa computacional educacional *Construindo Sons*<sup>6</sup> e simulações disponíveis em páginas especializadas da rede mundial de computadores, além de atividades com professores de outras áreas. Também buscamos qualificar e ampliar o contato dos alunos com o professor através do uso da ferramenta *TeLEduc*<sup>7</sup>.

Abaixo seguem os objetivos, a metodologia e os assuntos desenvolvidos ao longo do período da aplicação do projeto de mestrado na oitava série do Ensino Fundamental no Colégio La Salle Dores, em Porto Alegre.

#### 3.1 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é proporcionar ao estudante de oitava série do Ensino Fundamental um primeiro contato com a Física de forma motivadora, capaz de ajudá-lo na construção de conceitos físicos fundamentais. Nesta perspectiva escolhemos o Som, por ser um tema de interesse dos alunos dessa faixa etária e por permitir, através da sua diversidade, a introdução natural de conceitos físicos relevantes, que contribuem significativamente para a alfabetização científica do indivíduo. A busca desse processo de alfabetização científica objetivou também relacionar a Física mais intensamente com a Ciência/Biologia. O motivo para isso é que percebemos que há uma quebra brusca no ensino de Ciências quando o aluno passa para a oitava série, ou seja, tudo o que ele aprendeu sobre o ambiente, os seres vivos e o organismo das diversas classes de animais, nada mais tem em comum com a “nova” disciplina na oitava série.

Em uma breve pesquisa bibliográfica, pudemos constatar este fato, já que apenas uma dentre nove bibliografias de Ciências para oitava série relacionou o sistema auditivo ao estudo do som (DUARTE, 1979), apresentando-o da seguinte maneira: o capítulo 2 trazia os conceitos de som, ruído e estrondo; propagação do som, meios de propagação e finalmente velocidade do som nos diversos meios. O capítulo seguinte, falava sobre as qualidades do som e as exemplificava através de instrumentos musicais diferentes (de cordas, sopro, percussão). Logo após, era apresentada uma figura mostrando o sistema auditivo a partir do cerebelo e o nervo auditivo ligado-o ao ouvido interno; na seqüência, os ouvidos médio e externo. As partes de cada um dos ouvidos estavam especificadas na figura. O papel de cada um dos ouvidos e do cerebelo no processo da audição estava explicado no texto que seguia à figura. É interessante ressaltar que essa bibliografia era uma das mais antigas, datando de 1979. A bibliografia mais recente (CRUZ, 2005), apenas aproximava-se do assunto ao conceituar reflexão e relacionar, em uma tabela, algumas faixas de freqüências classificando-as como

<sup>6</sup> SOFTWARE PARA ENSINO DE FÍSICA: Construindo Sons. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/sons/index.html>>

<sup>7</sup> TELEDUC: ambiente de ensino à distância. Disponível em: <<http://teleduc.nied.unicamp.br/teleduc/>>

infra-som ou ultra-som. A figura de um morcego exemplificava o conceito de reflexão e de espécie capaz de perceber sons que o homem não percebe sem, contudo, descrever a maneira como ocorre essa percepção.

Entretanto sabemos que a Física relaciona-se com toda a natureza, é a ciência que explica a natureza. Nesse aspecto, o tema centralizador som nos levou naturalmente ao estudo sobre a audição humana e dos animais, retomando e aprofundando os conhecimentos já adquiridos sobre esse sentido, tema de estudo na sétima série, e ao mesmo tempo mostrando a riqueza de fenômenos físicos relacionados a ele. Na audição dos animais, os alunos tiveram a oportunidade de lembrar características das classes, como reprodução e respiração, além de relacionar tais características com a própria evolução dos seres – o sistema auditivo mais evoluído pertence à classe de animais mais evoluída: mamíferos. Além disso, para explorar uma aplicação da Física à tecnologia, os alunos fizeram um trabalho de campo relacionado ao uso do ultra-som na Medicina. Uma descrição deste trabalho é apresentada na seção 3.3.14.

Uma decorrência importante deste trabalho foi a cooperação profissional entre professores de Ciências/Biologia, Língua Portuguesa e Ensino Religioso. Essa cooperação ocorreu em parte para sanar a falta de tempo de apenas um período semanal para a disciplina de Física, e também porque entendíamos ser possível e enriquecedora uma aula, ou mesmo uma atividade, com a interação de professores de outras disciplinas. É evidente que essas atividades ocorreram, também, pela disponibilidade e ajuda desses professores, que adaptaram seus currículos e dedicaram-se na construção de atividades associadas ao nosso projeto em suas disciplinas. Um dos resultados dessas atividades multidisciplinares foi a observação da surpresa e curiosidade dos alunos pela presença do professor de outra disciplina durante o período de Física, ou a presença da professora de Física durante o período de outro professor, até mesmo questionando o que tais disciplinas teriam em comum. Na verdade, nós mesmos nos surpreendemos com a interação que surgiu entre professores e como pudemos melhorar muito uma idéia discutindo-a com colegas de outras áreas, como foi o caso da atividade realizada com os professores de Língua Portuguesa e de Ensino Religioso, e a aula em conjunto sobre a audição humana e dos animais com a professora de Ciências.

O estudo da audição humana revelou-se potencialmente adequado para a nossa proposta interdisciplinar. Pode ser fácil apresentar este tema aos alunos de forma a levar em conta os seus conhecimentos prévios, tornando-os mais significativos e, até mesmo, valorizando suas vivências musicais. Qual criança nunca teve contato com algum instrumento musical ou mesmo nunca produziu sons em algum objeto, brincando com as variações de agudos e graves ou de “altos” e “baixos”?

Os conceitos físicos podem ser compartilhados com professores de outras áreas, enriquecendo-os e fugindo dos conceitos já caricaturados e não significativos. Por exemplo, em seu livro *O som e o sentido – uma outra história das músicas*, J. M. Wisnik (pianista clássico e compositor), apresenta sua definição de som:

“Sabemos que som é onda, que os corpos vibram, que essa vibração se transmite para a atmosfera sob a forma de uma propagação ondulatória, que o nosso ouvido é capaz de captá-la e que o cérebro a interpreta, dando-lhe configurações e sentidos” (WISNIK, 1999), enfatizando não

somente conceitos físicos como vibração e propagação de ondas, mas também o processo de captação e interpretação dos sons.

No contexto da Física, o estudo da produção, propagação e percepção do som introduz uma gama enorme de conceitos físicos: vibração, frequência, período, velocidade, comprimento de onda, energia, pressão, ressonância, etc. Já no contexto artístico, conceitos como ritmo, harmonia, tom, melodia e outros parecem em nada se relacionarem com os conceitos físicos mencionados. Por sua vez, o estudo do ouvido humano nas aulas de Biologia quase sempre tem um caráter mais informativo, restringindo-se, via de regra, à identificação das partes que compõem o ouvido com as descrições de suas funções básicas. Essa abordagem compartimentada pode e deve ser substituída por uma abordagem integradora. Na realidade, a Física explica boa parte do funcionamento do nosso corpo através da Biofísica, que “é a ciência que tem por objeto a investigação dos fenômenos fundamentais de todo o organismo vivo e sua explicação por métodos físicos, por exemplo, a atividade das células sensitivas, musculares e nervosas”. (DICIONÁRIOS, 1980)

Segundo Durán, no prefácio de seu livro *Biofísica - Fundamentos e Aplicações*:

A biofísica, como área de conhecimento interdisciplinar, tem estado em constante evolução nas últimas décadas, porque pesquisas e estudos mais recentes na ciência da vida levam a novos questionamentos. Na biofísica são estudados em escala macroscópica e microscópica os fenômenos físico-biológicos que envolvem organismos vivos e, em nível molecular, os comportamentos resultantes dos vários processos da vida, além da interação e da cooperação entre os sistemas altamente organizados de macromoléculas, organelas e células. Os pré-requisitos para seu estudo são conhecimentos fundamentais de física, biologia, química... (DURÁN, 2003)

Com a produção do painel *A Física na Audição Humana* (que destaca os fenômenos físicos que ocorrem no processo da audição separadamente nos ouvidos externo, médio e interno) e do texto complementar ao painel (que explora detalhadamente as informações do mesmo), pretendemos atingir alguns objetivos que entendemos fundamentais para contribuir diretamente com a melhoria do ensino de Física, não somente nos Ensinos Fundamental e Médio, mas também para a formação e aperfeiçoamento de professores de Ciências/Física.

Embora o objetivo principal deste trabalho de mestrado seja voltado para o ensino de Física na oitava série, o produto educacional que produzimos pode ser aplicado/explorado também no Ensino Médio e na formação de professores de Ciências.

Abaixo citamos alguns objetivos para diferentes níveis de ensino.

Objetivos para a oitava série do Ensino Fundamental:

- disponibilizar ao professor de Ciências um recurso didático capaz de dar continuidade ao estudo das séries anteriores, introduzindo conceitos físicos e a própria importância da Física no dia-a-dia;
- possibilitar a interação com professores de outras áreas de ensino, como Música, Língua Portuguesa e Matemática.

Objetivos para o Ensino Médio:

- disponibilizar ao professor de Física um recurso didático capaz de aprofundar os conceitos de Física já estudados, relacionando-os ao funcionamento do corpo humano;
- possibilitar a interação com professores de outras áreas de ensino, como Biologia, Química, Matemática e Música.

Objetivos na formação de professores de Ciências/Física:

- disponibilizar um recurso visual - painel;
- disponibilizar um texto de apoio - material complementar para auxiliar o professor no entendimento do painel, possibilitando escolher o nível de aprofundamento da abordagem conforme a série de seus alunos e propondo sugestões de atividades diversas;
- disponibilizar, além das atividades para alunos, outras que podem ser desenvolvidas em aulas interdisciplinares, como de Música, de Biologia e de Língua Portuguesa. Sugestões de tais atividades estão descritas nas seções 3.3.7, 3.3.8, 3.3.9, 3.3.12 e 3.3.17, desse capítulo. Também desenvolvemos uma oficina sobre *A Física em Instrumentos Musicais*, cujas atividades podem ser adaptadas para a prática em sala de aula, especialmente com a colaboração de professores de Música (seção 5.5).

### 3.2 METODOLOGIA

O projeto de mestrado foi aplicado no Colégio La Salle Dores, da rede privada de ensino em Porto Alegre, que atende todos os níveis do ensino infantil, fundamental e médio. O colégio conta com três laboratórios de Informática, um laboratório de Ciências (que atende as disciplinas de Biologia e Química) e um laboratório de Física. A infra-estrutura do colégio, aliada ao interesse da coordenação pedagógica na implantação de novos projetos de ensino, oportunizou a aplicação do nosso projeto de mestrado, mesmo não pertencendo ao corpo docente do mesmo.

O trabalho aqui proposto foi aplicado no primeiro trimestre letivo de 2005 nas duas turmas de oitava série, doravante designadas turma A e turma B, formadas por 24 e 25 alunos respectivamente, com início em 03 de Março e término em 02 de Junho. O conteúdo desenvolvido e o tempo de atuação em cada turma foram os mesmos.

As oitavas séries desse colégio têm a disciplina de Ciências composta por um período de Física e dois períodos de Química semanalmente, com duração de 50 minutos, sendo que cada uma dessas disciplinas contribui com 50 % da nota trimestral de Ciências.

O colégio disponibiliza a ferramenta de apoio *TeIEduc*, que foi particularmente importante no aspecto de ser um ambiente de comunicação independente de dia e horário de aula, sanando em parte a falta de tempo de discussões prolongadas e de explicações mais detalhadas (por parte do professor), e também de questionamentos sobre o assunto da aula ou de outras áreas da Física (por parte dos alunos).

Exploramos essa ferramenta durante todo o período de aplicação do nosso projeto. Em particular, via sessão *Fórum de Discussão do TelEduc*, os estudantes fizeram perguntas a respeito dos conteúdos já abordados em sala de aula e também sobre qualquer área da Física. A seção 3.4 contém uma cópia das discussões relevantes, além da descrição da aplicação dessa ferramenta no projeto.

### 3.3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Descrevemos a seguir as atividades desenvolvidas na aplicação do projeto de mestrado. A descrição da ordem cronológica das atividades corresponde apenas à maneira como o material foi apresentado nesse projeto, não implicando, entretanto, que outro professor deva fazê-lo da mesma forma ou na mesma ordem cronológica. Também devemos ressaltar, como citado anteriormente, que o professor deve avaliar o nível de aprofundamento dos assuntos de acordo com o nível cognitivo e interesse de seus alunos. Inclusive o professor pode dar maior relevância na discussão de um fenômeno físico a outro, de acordo com a necessidade de tal tratamento ser apenas uma revisão de conteúdo ou ser assunto novo, ainda não apresentado aos seus alunos. Os textos produzidos para auxiliar nas discussões de cada assunto, bem como as atividades aplicadas em sala de aula durante o projeto, fazem parte do material a ser divulgado em um número da série Textos de Apoio ao Professor de Física, intitulado A Física na Audição Humana.

#### 3.3.1 Atividade 1 – Aula inaugural

A oitava série é consideravelmente marcante nas impressões do estudante sobre a Física. Muitas vezes a narrativa negativa de amigos e conhecidos sobre a Física na oitava série ou no Ensino Médio gera uma expectativa negativa da disciplina. De qualquer maneira, o estudante no último ano do Ensino Fundamental encontra-se num período de perspectivas quanto ao Ensino Médio e/ou quanto à qualificação para o mercado de trabalho. Por esse motivo consideramos importante que os alunos ouvissem relatos de físicos, suas áreas de atuação e as possibilidades de trabalho para quem opta por pesquisa em Física – além de proporcionar aos estudantes a visão de que as questões fundamentais do Universo estão relacionadas diretamente à Física, como a sua origem e suas dimensões.

Planejamos uma aula inaugural que contou com a presença de dois físicos, professores e pesquisadores do Instituto de Física da UFRGS, Dr<sup>a</sup> Maria Helena Steffani e Dr. Silvio Luiz de Souza Cunha, que narraram o seu despertar para a Física e suas experiências ao longo da carreira de físicos. Além disso, os alunos foram questionados sobre o que é Física e exemplos de fenômenos físicos que possam ocorrer no seu dia-a-dia. O encontro também destacou a importância dos trabalhos de Albert Einstein para a Física atual – justificando ser 2005 o Ano Mundial da Física. Essa discussão inicial gerou incursões na Física Moderna (dualidade onda-partícula) e na extensa aplicação da Física (das partículas subatômicas aos limites do Universo).

No final, os alunos tiveram a oportunidade de fazer perguntas sobre a ciência de um modo geral - surgindo o questionamento sobre as células tronco de cordão umbilical e de embriões (já que a legislação sobre o uso de embriões de até 15 dias havia sido aprovada no dia anterior 02/03/2005).



Também surgiu uma pergunta sobre Física, que nos surpreendeu: porque os livros de Física fazem referência à temperatura zero absoluto se não existe essa temperatura na realidade?

### 3.3.2 Atividade 2 – O que é Física?

Para dar continuidade à discussão sobre o que é Física, revelando a dificuldade de definir os limites da sua atuação, do micro ao macrocosmo, os alunos assistiram a apresentação de *slides* com o uso do projetor multimídia. Tal apresentação, intitulada *O que é Física?*, está contida no apêndice A. Também discutimos que a ciência e todo o conhecimento científico que existe foi construído ao longo dos anos devido ao espírito investigativo do homem, sendo que o seu entendimento não está concluído e nem é definitivo. Esse fato leva-nos a reconhecer que tudo o que sabemos sobre ciência particularmente, exigiu que pessoas dedicassem suas vidas ao estudo, observação, realização de experiências, formulação de teorias, trocas de idéias com outros pesquisadores do meio científico – algumas vezes gerando célebres discussões e brigas em defesa de idéias.

Para exemplificar, trouxemos um impressionante dilema da Física, que iniciou no século XVII e se estendeu por mais de 200 anos: o que é a luz, onda ou partícula?

Esse assunto levou-nos à explicação do efeito fotoelétrico por Albert Einstein em 1905, feito que lhe fez merecer o Prêmio Nobel em 1921, e a teoria da Mecânica Quântica, que prevê o comportamento dual da luz: comporta-se como onda na propagação e como partícula nas interações com a matéria, a conhecida dualidade onda-partícula – que ocorre também com as partículas subatômicas.

Uma pergunta muito interessante surgiu na turma A, via *TelEduc*, por ocasião da discussão sobre o efeito fotoelétrico: “Para onde vão os elétrons arrancados da placa metálica devido ao efeito fotoelétrico?” Questionamos o estudante a respeito do que ele imaginava que acontecesse aos elétrons arrancados da placa: “Eles ficam no ar, às vezes se unem com o pó, ou com outros objetos, vão para a água...” A pergunta e a resposta do estudante revelou-nos a idéia de conservação de carga elétrica, não podendo um elétron simplesmente “sumir” de um corpo.

Na época atual, quais os dilemas que a ciência enfrenta? O que mais precisamos saber?

No final do período de aula, foi entregue uma cópia da Carta da Sociedade Brasileira de Física (anexo A) publicada na revista *Ciência & Ambiente* da Universidade Federal de Santa Maria (CIÊNCIA & AMBIENTE, 2005), em volume dedicado a Albert Einstein por ocasião das comemorações do Ano Mundial da Física. Essa carta traz a importância de Einstein para a Física, citando os cinco trabalhos publicados em 1905 (um modelo corpuscular para a luz - o fóton e o efeito fotoelétrico, a tese de doutorado que tratava das dimensões das moléculas, um trabalho sobre o incessante movimento das partículas de água - Movimento Browniano, a Teoria Especial da Relatividade e a Teoria Geral da Relatividade - deduzindo a equação mais famosa da Física:  $E = mc^2$ ), todos relevantes para a Física Moderna, fato que fez o ano de 1905 ser conhecido como o Ano Miraculoso da Física.

### 3.3.3 Atividade 3 – O som é uma onda e pré-teste

Através da histórica controvérsia da dualidade onda-partícula, ratificamos a importância da contribuição de Einstein ao explicar o efeito fotoelétrico e, finalmente, apresentamos aos alunos as propriedades das ondas mecânicas e eletromagnéticas.

No laboratório de Física, demonstramos com a cuba de água os fenômenos de difração e interferência de onda mecânica; e com o uso do projetor multimídia, exploramos algumas simulações disponíveis na rede mundial de computadores, nos endereços abaixo:

[http://www.colorado.edu/physics/2000/schroedinger/big\\_interference.html](http://www.colorado.edu/physics/2000/schroedinger/big_interference.html)

<http://www.colorado.edu/physics/2000/schroedinger/two-slit2.html>

<http://physics.nad.ru/Physics/English/waves.html>

Finalizamos, então, exemplificando ondas mecânicas – como as que produzimos na água e o som; e eletromagnéticas – luz visível, microondas, raios X, etc.

Nessa ocasião revelamos que, durante o primeiro trimestre letivo, o tema de estudo seria o Som e entregamos um pré-teste com questões que envolviam produção, propagação e percepção do som no dia-a-dia. Posteriormente, ao final da aplicação desse projeto, os alunos responderam essas mesmas questões na forma de pós-teste (3.3.16 Atividade 16).

O apêndice B contém as questões dos pré e pós-testes. No capítulo seguinte, a seção 4.1 traz as tabelas 4.1.1 e 4.1.2 para as turmas A e B, respectivamente, com as questões e as respostas dos pré e pós-testes e os comentários.

### 3.3.4 Atividade 4 – “Sentindo” o som

Com o objetivo de comprovar que o som é uma onda mecânica, realizamos uma série de experiências que permitiram visualizar/sentir a vibração do meio em que a onda sonora se propaga.

A aula prática envolveu os mais variados materiais: balões, régua variadas, diapasões (três deles com frequência de 440 Hz, um diapasão de 512 Hz e um diapasão de 2.000 Hz), o aparato experimental *Sereia de Seebeck*, uma cuba com água e esferas de diferentes densidades e, até mesmo, usamos nossos dedos para sentir a vibração de nossas cordas vocais.

Os alunos identificaram a característica comum a todas as práticas: a vibração de um meio material. Durante e após a realização das práticas, os alunos conseguiram relacionar o caráter vibratório do som com fatos que ocorrem durante seu dia-a-dia: colocar o “volume do som muito alto” faz com que as paredes do quarto vibrem, o caráter vibratório do som justifica o “funcionamento” dos telefones de fio (brinquedo), o som emitido por cantoras de ópera soprano conseguem quebrar taças; e o professor tem a oportunidade de exemplificar que uma onda transporta energia.

Além de comprovarmos o caráter vibratório do som, usamos a cuba com água para observar que, de um modo geral, a onda mecânica não transporta matéria.

### 3.3.5 Atividade 5 – A propagação do som

Usando uma mola metálica (do tipo “mola maluça”), verificamos e exploramos os modos de propagação longitudinal e transversal de uma onda mecânica.

Surgiram naturalmente as discussões sobre energia associada à onda e as propriedades da onda – frequência, amplitude, comprimento de onda e período.

Essa atividade prática extremamente simples (pois só requer uma mola), é fundamental para que o aluno associe a produção da onda com as suas características. Facilmente eles perceberam que movimentar o braço cada vez mais rápido, para cima e para baixo, produz cristas cada vez mais próximas e também cansa mais (requer maior energia) do que produzir cristas com movimentos mais lentos. Essa observação remete o professor a introduzir/reforçar os conceitos de frequência e energia. Da mesma forma, fazer movimentos grandes com o braço, para cima e para baixo, produz cristas mais altas do que quando executamos movimentos com menores amplitudes. Finalizamos a aula com a exploração da página <http://museovirtual.csic.es/salas/acustica/sonido1/ini.htm>.

### 3.3.6 Atividade 6 – “Construindo” sons

Após produzirmos uma quantidade significativa de ondas mecânicas com o uso da mola e discutirmos as propriedades a elas associadas, a Atividade 6 propôs uma maneira diferente de estudar ondas: através das novas tecnologias.

O programa computacional educacional *Construindo Sons*, livre na rede mundial de computadores no endereço <http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/sons/index.html>, foi usado para o estudo das propriedades das ondas sonoras. Por ser um recurso de simulação audiovisual (que permite “ver” características da onda e escutar o seu som) torna fácil entender os “efeitos” das mudanças da amplitude e da frequência no som.

A atividade foi desenvolvida no laboratório de Informática com a colaboração da professora de novas tecnologias do colégio, que colaborou também cedendo seu período de aula, que sucedeu ao de Física, para a turma A, permitindo que os alunos dessa turma desenvolvessem a atividade em dois períodos. Infelizmente não foi possível proporcionar à turma B também dois períodos para a atividade. Ainda, para que não houvesse qualquer contratempo, a professora de Informática e os laboratoristas instalaram o programa *Construindo Sons* e o disponibilizaram na área de trabalho de cada computador que seria usado pelos estudantes. Assim os alunos puderam, após breve apresentação do programa *Construindo Sons* via projetor multimídia e algumas instruções da professora de Física, iniciar suas atividades.

Recomendamos aos estudantes que usassem o programa em casa para explorar livremente seus recursos. Com a preocupação que houvesse dúvidas na sua instalação, escrevemos e entregamos nessa aula um “guia” de ajuda para a instalação do programa.

Visando explorar efetivamente o programa *Construindo Sons*, uma série de questões foram propostas na forma de um roteiro de atividades para realização em duplas. Esse roteiro foi uma das avaliações trimestrais dos alunos. Os resultados dessa avaliação estão na seção 4.2.

O apêndice C contém o roteiro de atividades a serem desenvolvidas com o programa *Construindo Sons*.

No encontro seguinte, disponibilizamos a versão do roteiro com respostas comentadas, visando não somente que as duplas observassem o que haviam errado em suas

respostas, mas também para que tivessem registro (de forma correta e completa) para estudos posteriores.

### 3.3.7 Atividade 7 – O som e os instrumentos musicais

Munidos de instrumentos musicais diversos (violão, violino, gaita de boca, monocórdio, flauta-doce, ocarinas, pandeiro, sonômetro, “tamborzinho japonês”), produzimos sons, contando é claro, com a experiência musical de alguns alunos que tocaram músicas na flauta doce. Os instrumentos musicais nos proporcionaram, mais uma vez, exercitar os conceitos já explorados em aulas anteriores, tais como: sons agudos e graves (frequência), sons fortes e fracos (intensidade ou “volume”), além de explorar o conceito de timbre e o fato da percepção dos sons variar de pessoa para pessoa.

A proposta da Atividade 7 diferenciou-se das demais principalmente por dois fatores:

- foi realizada no turno inverso – isso aconteceu em parte para amenizar o pouco tempo de contato com os alunos em decorrência do único período semanal e também porque a aula no turno inverso oportunizou atividades com intervalo de tempo maior (das 14h às 17h, portanto 3 horas de duração) do que um período normal de aula (50 minutos);
- a aula contou com a participação efetiva de alguns alunos através de sua vivência musical. Essa situação de sala de aula é extremamente favorável, pois, relaciona a Física com uma atividade extra-escolar do estudante.

Com o objetivo de registrar e organizar as idéias discutidas na aula, os alunos responderam questões sobre os instrumentos musicais, suas características e diferenças na produção e percepção dos sons. A seção 4.4 traz as respostas dos estudantes às questões e as considerações a respeito.

O apêndice D contém as questões sobre os instrumentos musicais.

### 3.3.8 Atividade 8 – O ouvido humano

Essa aula, de caráter interdisciplinar, foi realizada no período e com a participação da professora de Ciências (que ministrava Química para as oitavas séries), com o objetivo de enriquecer a exploração do sentido da audição humana.

Por sugestão da professora de Ciências, o estudo do aparelho auditivo foi introduzido com a apresentação de um vídeo, intitulado *Ouvido: Som e Equilíbrio* (OUVIDO: som e equilíbrio, 1995), com duração de 25 minutos, pertencente ao acervo do colégio.

O vídeo, parte integrante de uma coleção da revista *Superinteressante* sobre o corpo humano (13 fascículos da revista acompanhados por vídeos produzidos pela *Discovery Channel*), mostra a localização, estrutura e funções das estruturas que compõem o sistema auditivo, inclusive a função de equilíbrio que, apesar de não ter nenhuma ligação com a audição, compartilha o mesmo órgão. Além disso, este vídeo relaciona a importância da audição para a fala, e de uma maneira geral para a aprendizagem e inclusão social: um mundo silencioso seria um mundo vazio.

Esse recurso didático foi bastante importante, pois apresentou a estrutura dos três ouvidos de fato, através de micro-câmeras, microscopia eletrônica e observação da cóclea dissecada. Assim observamos as estruturas em funcionamento e em conjunto de maneira dinâmica.

### 3.3.9 Atividade 9 – A Física na audição humana

No laboratório de Física, a Atividade 9 deu continuidade ao estudo da audição humana, desta vez destacando os fenômenos físicos relacionados nesse processo com o auxílio do painel *A Física na Audição Humana*. Um texto complementar foi disponibilizado no final da aula, permitindo que os estudantes não se preocupassem em fazer registros durante as explicações, priorizando sua atenção e participação (fato que ocorreu durante toda aplicação do projeto).

Explicar Física através do funcionamento do sistema auditivo foi conveniente não apenas para relacionar a teoria com uma aplicação, mas também para mostrar que ela está intimamente presente no seu dia-a-dia.

Os conceitos físicos que ainda não haviam sido discutidos foram apresentados de acordo com o interesse dos alunos, conforme seus questionamentos e comentários. Cabe ressaltar que mesmo que o conceito físico seja completamente desconhecido dos estudantes, ainda vale a pena comentá-lo, pois segundo Ausubel, a estrutura cognitiva é dinâmica, implicando na possibilidade de uma informação armazenada de maneira mecânica vir a ser significativa. Portanto o estudante poderá, posteriormente, associar o fenômeno físico a outros processos ou até mesmo a situações observadas no seu dia-a-dia. Exemplos disso podem ser observados em alguns registros nos *Fóruns de Discussão*.

Além disso, temos em vista que os estudantes da oitava série terão a oportunidade de rever os conteúdos propostos nesse projeto ao longo do Ensino Médio. Essa proposta, portanto, prevê o currículo em espiral que, segundo Bruner, é uma forma eficiente de ensinar.

O painel *A Física na Audição Humana* é o principal produto desta dissertação. Através dele é possível explorar uma gama considerável de conceitos científicos, não somente na área da Física, mas também em Biologia, Química, Matemática e Música. Assim, apresenta-se como um recurso que pode ser utilizado para construção de projetos interdisciplinares, tornando o ensino das Ciências Naturais mais significativo para os estudantes. Com esse painel e o texto complementar que o acompanha, acreditamos contribuir para que ocorram *as interações entre os fenômenos, e destes com diferentes aspectos da cultura, no momento atual ou no passado*, conforme orientações apontadas pelos PCN. (BRASIL, 1998)

No capítulo 6 apresentamos o painel *A Física na Audição Humana* e o texto complementar.

### 3.3.10 Atividade 10 – A velocidade do som

Com o objetivo de introduzir o conceito de velocidade média e grandezas físicas a ela relacionadas, retomamos a última questão do roteiro do programa *Construindo Sons* e calculamos a velocidade do som no ar, usando dados e fazendo medidas na tela do programa.

Exploramos mais amplamente o conceito de velocidade média calculando-a para situações típicas de competições esportivas como a prova de 100 metros rasos para homens (Olimpíadas de 1896 e 1968) e para mulheres (Olimpíadas de 1932 e 1988). O conceito de rapidez também foi discutido, assim como os prováveis motivos que levaram homens e mulheres a se tornarem cada vez mais rápidos.

Como exercício de cálculo da velocidade média, sugerimos uma questão desafio envolvendo o fato ocorrido com o maratonista brasileiro Vanderlei Cordeiro de Lima: teria ele ganho a maratona na Olimpíada de 2004, se não tivesse sido atacado durante a prova?

Ao final do período, os alunos receberam uma tabela com dados de algumas das provas olímpicas (distâncias percorridas e tempos do primeiro e último colocados), na categoria masculina e feminina, para que calculassem a velocidade média desses atletas.

Ainda em função das discussões sobre a velocidade, comparamos o valor da velocidade do som à da luz e uma pergunta inevitável surgiu, via *TeIEduc*, desta vez na turma B: “O desenho do raio no céu vem antes do estrondo causado por ele mesmo, por causa da velocidade da luz ser mais rápida que a do som, ou existe alguma outra teoria explicando isso?”

Um questionamento sobre a diferença na percepção do som de ambulâncias e sirenes de polícia, quando nos encontramos parados em relação à fonte sonora, levou-nos também à exploração do efeito Doppler para o som. Usamos a simulação da rede mundial de computadores no endereço <http://www.pavconhecimento.pt/explorador/> (selecione a simulação *O efeito Doppler*).

### 3.3.11 Atividade 11 – A Física e o trânsito

Exploramos mais amplamente o estudo da velocidade, apresentando o vídeo *Moto Perpétuo* produzido pela FIAT no projeto *FIAT para a Escola*, promovido pelo Ministério da Educação e do Desporto. De 1997 a 2001, o projeto *FIAT para a Escola* atendeu projetos de professores das escolas de todo o país, distribuindo pacotes educacionais (vídeo *Moto Perpétuo* e o volume *Moto Perpétuo – Fórmulas no Trânsito*). Atualmente, a FIAT disponibiliza todo esse material na rede mundial de computadores no endereço [http://voceapita.locaweb.com.br/moto\\_perpetuo.asp#](http://voceapita.locaweb.com.br/moto_perpetuo.asp#).

O vídeo relaciona as conseqüências da alta velocidade no trânsito com as leis da Física, introduzindo conceitos físicos importantes, tais como aceleração e energia cinética.

A introdução de tais conceitos físicos através do trânsito remeteu-nos a uma discussão relevante do dia-a-dia de todas as pessoas, principalmente dos jovens: as estatísticas de acidentes fatais no Rio Grande do Sul devido às altas velocidades é alarmante, principalmente em finais de semana e feriados. Foi fácil perceber, através do vídeo, a importância do cinto de segurança ou a eficácia dos *airbags*. Mas também ficou claro que um carro pode ser uma arma na mão de quem desconhece as leis da Física.

Dentro da perspectiva de formação de cidadãos (mais) conscientes em relação ao respeito no trânsito, propomos a seguinte atividade: após assistir duas ou três vezes o vídeo (que tem duração de aproximadamente 10 minutos), os alunos listaram todas as abordagens referentes ao trânsito que puderam perceber e escolheram uma delas para posterior pesquisa complementar (estatística de mortes por altas velocidades, perigo de dirigir sem habilitação, conseqüências do consumo de álcool e de outras drogas no ato de dirigir, equipamentos básicos de segurança veicular, etc). Sugerimos a confecção de cartazes em duplas, que seriam expostos no saguão de entrada do colégio, com o objetivo de servirem como campanha de conscientização dos futuros motoristas. A confecção dos cartazes e conseqüentemente a exposição, infelizmente, não ocorreram. Isso porque estava planejada para ser uma atividade em horário inverso e, estando os alunos em época de avaliações

trimestrais finais, não houve consenso sobre dia e horário do encontro para término de tal atividade. Mesmo assim, destacamos a importância da realização de tal exposição para oportunizar um momento de reflexão na comunidade escolar.

### 3.3.12 Atividade 12 – A audição dos animais

Realizamos novamente uma aula de caráter interdisciplinar no período e com a participação da professora de Ciências, desta vez tendo como tema a audição dos animais. O assunto foi explorado através da apresentação de *slides* no projetor multimídia.

O estudo da audição de algumas classes de animais pareceu-nos naturalmente necessária, já que durante as discussões sobre a complexidade de funções do sistema auditivo humano, fizemos referência à evolução do sistema auditivo nos seres vivos.

Por ocasião da discussão da importância do sistema auditivo para a sobrevivência de alguns seres vivos, uma aluna da turma A manifestou sua preocupação, via *TelEduc*: “*O que acontece com os morcegos quando ficam surdos? Morrem?*”

A audição dos animais pareceu-nos um tema apropriado, também, para retomarmos (com o auxílio da professora de Ciências) as matérias de estudo em Ciências na sexta série do Ensino Fundamental. De fato os alunos, tentando lembrar características bem particulares de cada classe, fizeram perguntas sobre respiração, reprodução e características físicas em geral que permitem a adaptação das espécies em determinados ambientes, conforme o clima.

O apêndice E contém os *slides* apresentados durante esta aula. Para se ajustar à forma de apresentação do nosso produto de mestrado na forma de texto de apoio, os *slides* foram transformados em texto.

### 3.3.13 Atividade 13 – Infra e ultra-sons e suas aplicações

A impressionante capacidade de alguns animais de emitir e perceber sons que são inaudíveis para o ser humano levou-nos ao estudo dos infra e ultra-sons.

Tais limites já haviam sido tratados em outras ocasiões (como na prática com a régua posta a vibrar, apoiada sobre a mesa em diversos comprimentos de sua extremidade livre, onde verificamos que, para alguns comprimentos da régua o som não é audível e discutimos sua existência). Mas nessa atividade, além da discussão dos limites de produção e percepção de sons em algumas classes de animais, pudemos explorar os infra e ultra-sons em relação à energia associada e à distância de propagação, relacionando algumas aplicações práticas ao infra-som (sirenes de alerta de nevoeiro e pesquisas em Astrofísica) e ultra-som (diagnóstico e tratamento na Medicina).

Observamos que, para a maioria dos estudantes nessa faixa etária, é difícil a compreensão de que exista som que não temos capacidade de escutar e, mais estranho ainda, que o som possa formar imagens (ultra-sonografia). Exemplificamos esse fato através do questionamento de uma aluna, também da turma A, via *TelEduc*: “*O que o ultra-som tem a ver com o som, se não emite nenhum? Apenas imagens?*”

A diversidade dos assuntos discutidos durante os encontros, todos relacionados com o estudo do Som e suas propriedades, chamou a atenção dos estudantes. Conforme mencionamos no

capítulo 2, para Ausubel, o fator atenção do aluno, que é promovida por várias propriedades da situação de ensino, é um componente indispensável para a promoção da aprendizagem.

### **3.3.14 Atividade 14 – A propagação do som em meios materiais diferentes**

Exploramos a necessidade de um meio material qualquer para a propagação do som (ao contrário de uma onda eletromagnética), além das variações de velocidade e percepção do som devido às mudanças de meio (refração).

Usando como recurso uma simulação da rede mundial de computadores no endereço <http://www.pavconhecimento.pt/explorador/> (selecione a simulação *O som*), os alunos perceberam as diferenças no som audível de uma melodia no ar, na água e no espaço sideral.

Com o objetivo de inter-relacionar o estudo sobre refração do som e ultra-som, organizamos um trabalho de campo (que fez parte da avaliação trimestral), para grupos de, no máximo, cinco alunos. A proposta de tal trabalho visou o contato dos estudantes com clínicas que fizessem uso de aparelhos de ultra-som (quer seja para terapia ou para diagnóstico) e a interação com o profissional que opera tal aparelho. Acreditamos que a visita dos alunos a tais estabelecimentos ofereceu uma visão da aplicação da Física que o laboratório da escola e as aulas teóricas não dariam conta, além de impor aos grupos uma responsabilidade diferente da do ambiente escolar.

A metodologia proposta nesse trabalho de campo envolveu a organização dos grupos para o estudo do material de apoio disponibilizado sobre os princípios do aparelho de ultra-som (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982, p. 239-249), a escolha (livre) da clínica a ser visitada e o preenchimento do roteiro com as sugestões de perguntas a serem exploradas nas clínicas. O roteiro foi entregue para os grupos com o objetivo de orientá-los quanto às questões relevantes de investigação.

Cabe ressaltar que o professor de Ensino Religioso participou de tal atividade, sugerindo algumas questões que envolveram a importância da ultra-sonografia no acompanhamento pré-natal de gestantes, já que os cuidados com uma criança devem começar já no útero materno (um dos temas de suas aulas sobre o respeito pela vida).

O apêndice F contém o roteiro do trabalho de campo. Resultados e comentários sobre o trabalho de campo são discutidos na seção 4.5.

### **3.3.15 Atividade 15 – Avaliação formal**

Além das atividades avaliativas desenvolvidas ao longo do curso, realizamos uma avaliação formal (prova) sobre todo o conteúdo trabalhado no trimestre. Essa avaliação formal, sugerida pela coordenação pedagógica, teve objetivo de cumprir a etapa exigida por qualquer instituição de ensino tradicional. Mais importante que isso, a avaliação em forma de prova (a qual deve ser marcada com antecedência, garantindo que o aluno tenha material para estudar, de preferência oferecendo uma revisão de toda a matéria na véspera de tal avaliação, atribuindo-se uma nota ao aluno) chega a ser uma exigência dos pais.

A avaliação é uma questão crucial para os pesquisadores em ensino. Diante da diversidade dos níveis cognitivos e interesses dos estudantes, coexistentes numa mesma sala de aula, a avaliação ao longo de um período letivo (bimestral, trimestral ou semestral) deve ser diversificada:



trabalho em grupos em sala de aula e de campo, dissertações individuais, práticas (laboratório), entrevistas, etc. Tal diversificação nas formas de avaliação dá oportunidade ao estudante que não consegue expressar o que sabe de uma forma, fazê-la de outra.

Para Ausubel:

Em geral, a função da avaliação é a de determinar o grau em que os objetivos educacionais relevantes, na realidade, estão sendo alcançados. Avaliar é fazer um juízo de valor ou de mérito. Apreciar os resultados educacionais para saber se satisfazem ou não um conjunto específico de metas educacionais. Afora a verificação se tais metas estão sendo atingidas, qualquer avaliação dos resultados do ensino é destituída de sentido. (AUSUBEL apud FARIA, 1989)

A prova formal foi elaborada de acordo com o material de apoio disponibilizado aos alunos e com as discussões de sala de aula, principalmente as que remetem aos fenômenos físicos que ocorrem no dia-a-dia. Tivemos o cuidado de elaborar tais questões ilustrando-as com figuras, muitas delas idênticas às apresentadas durante as aulas, com o objetivo do estudante usá-las como recurso visual no auxílio à remissão de discussões realizadas nas aulas. Nossa intenção foi de elaborar uma prova que proporcionasse um momento de reflexão e de aprendizagem para o aluno.

O apêndice G contém a prova formal aplicada nas duas oitavas séries, que também está inserida no texto de apoio, como sugestão de atividades.

Os resultados dessa avaliação são apresentados e discutidos na seção 4.6.

### **3.3.16 Atividade 16 – Pós-teste**

Neste penúltimo encontro, os alunos responderam ao pós-teste (apêndice B). No capítulo 4, as tabelas 4.1.1 e 4.1.2 mostram as questões e as respostas dos pré e pós-testes aplicados.

### **3.3.17 Atividade 17 – Dissertação**

A última aula de aplicação deste projeto de mestrado teve novamente caráter interdisciplinar, dessa vez nos períodos e com a participação da professora de Língua Portuguesa, que já havia participado de uma atividade realizada via *TelEduc* explorando a formação de sons na nossa fala.

Os alunos formularam e escreveram uma dissertação – tema de estudo das aulas de Língua Portuguesa durante todo o primeiro trimestre – sobre a Física e a importância de aprender ciência de uma maneira geral. Com antecedência, a professora de Língua Portuguesa havia proposto, com vista a uma futura dissertação, que os alunos investigassem a importância da ciência, e particularmente da Física, na vida das pessoas.

Seguindo a metodologia no ensino de dissertações, preparamos um roteiro em conjunto com a professora de Língua Portuguesa. Esse roteiro serviu como “guia” para que os alunos não se dispersassem quanto ao formato de uma dissertação nem quanto ao assunto a ser desenvolvido.

A proposta dessa dissertação teve como objetivo principal proporcionar ao aluno um momento de reflexão final a respeito da Física, não somente em relação aos assuntos que discutimos em sala de aula, mas também da sua atuação na natureza de uma forma geral.

O apêndice H contém o roteiro para a dissertação. Na seção 4.7, as tabelas 4.7.1 e 4.7.2 contêm as questões propostas na dissertação e registros relevantes dos alunos das turmas A e B, respectivamente.

### 3.4 O TELEDUC

Durante todo o período da aplicação do projeto de mestrado utilizamos o recurso computacional *TelEduc*. O *TelEduc* é um ambiente de ensino à distância através da rede mundial de computadores, que está sendo constantemente aperfeiçoado por pesquisadores do NIEd (Núcleo de Informática Aplicada à Educação) em conjunto com o Instituto de Computação da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas). Mais informações podem ser encontradas na página do projeto do *TelEduc* no endereço <http://teleduc.nied.unicamp.br/teleduc/>.

O *TelEduc* foi amplamente usado em nosso curso com o objetivo de prolongarmos, além do único período semanal, nosso contato com os estudantes. Os acessos à rede mundial de computadores podiam ser feitos no próprio colégio, no recreio ou no turno inverso às aulas, em dois dos seus laboratórios de Informática. Aos alunos, que são cadastrados no início do ano letivo e recebem senha, é permitido o uso dos laboratórios para desenvolverem seus trabalhos escolares e o uso da rede mundial de computadores (com acesso restrito).

O ambiente do *TelEduc* é organizado em ferramentas, onde o professor (aqui chamado de formador) pode usar uma ou outra (ou todas) de acordo com os objetivos de suas aulas ou necessidades que surgirem ao longo do curso. Neste caso, usamos a *Agenda* (informando, sempre após o último encontro, a atividade a ser desenvolvida no próximo), *Material de Apoio* (local de disponibilização dos textos referentes aos temas tratados em aula), *Mural* (para questões diversas, fora do tema de aula), *Fóruns de Discussão* (onde os alunos faziam perguntas sobre o tema de aula, respondiam as questões propostas pela formadora e arriscavam soluções às dúvidas dos colegas), *Correio* (para avisos em geral, permitindo que as mensagens sejam destinadas ao grupo ou apenas a um estudante) e a ferramenta *Perfil* (onde cada usuário pode fazer breve apresentação pessoal, podendo até mesmo inserir uma foto). Cabe ressaltar que o acesso de estudantes e formadores ao *TelEduc* é diferenciado, já que ao formador é permitido, por exemplo, editar os materiais anexos na ferramenta *Material de Apoio* e criar *Fóruns de Discussão*. Além disso, algumas ferramentas só podem ser acessadas pelos formadores, tais como *Acessos* (onde o formador pode ver o número de participações de seus alunos ao *TelEduc* através de relatórios individuais de acesso a cada ferramenta), *Configurar* (para alteração de dados pessoais e senhas) e *Administração* (onde o formador escolhe, compartilha e destaca as ferramentas do curso, inscreve e gerencia as inscrições de alunos, convidados e visitantes).

A nossa justificativa aos alunos para o uso do *TelEduc* foi a seguinte: além de ser um meio de comunicação extra-escolar e extra-horários através da ferramenta *Correio* (para quaisquer avisos e dúvidas a respeito de horários, atividades a serem entregues e prazos, avaliações, dificuldades no acesso ao *TelEduc*, esquecimento de senha, problemas de acesso aos materiais já disponibilizados, etc), qualquer pergunta sobre ciência poderia ser feita, via *Mural* ou *Fóruns de Discussão*.

Através da análise das perguntas dos estudantes e suas observações registradas no *TelEduc*, pudemos constatar a importância de tal ambiente no sentido de oportunizar discussões que não estavam planejadas ou pelo menos não com tal tratamento, como a discussão sobre o efeito Doppler.

O uso do *TelEduc* não foi opcional e, portanto, os estudantes foram avaliados também quanto ao número de acessos e relevância de seus registros, além de observarem o não uso de linguagem comum às salas de “bate papos”. Tal avaliação, registrada de forma quantitativa, coube à professora regente de Física do colégio. Os comentários e resultados dessa avaliação estão na seção 4.3.

Dentre as ferramentas mais utilizadas no projeto, destacam-se o *Mural* e os *Fóruns de Discussão*. Alguns dos registros relevantes feitos na ferramenta *Mural*, já foram inseridos nas descrições das atividades na seção 3.3.

A abertura dos *Fóruns de Discussão* foi de acordo com o andamento das discussões e interesse dos estudantes. Portanto, os *Fóruns de Discussão*, para as duas turmas, não são idênticos em número. Mesmo para os fóruns com a mesma proposta de discussão, as mensagens indicam os diferentes caminhos tomados por cada turma.

A abertura de um fórum não implicava na necessidade de encerramento de outro, portanto, os alunos podiam colocar suas questões nos fóruns que julgavam pertinentes, durante todo o curso. Naturalmente alguns fóruns foram deixados de serem acessados, principalmente no final do trimestre, época das avaliações finais de todas as disciplinas.

Selecionamos os registros mais relevantes feitos pelos estudantes na ferramenta *Fóruns de Discussão* do *TelEduc*, os quais estão apresentados nas seções 3.4.1 e 3.4.2 para as turmas A e B, respectivamente.

### 3.4.1 ***Fóruns de Discussão da turma A***

#### 3.4.1.1 Perspectivas de 2005

Após o primeiro encontro foi criado o fórum **Perspectivas de 2005** para que os alunos registrassem suas impressões sobre o mesmo e suas expectativas quanto à disciplina de Física.

Entendemos que os registros desse fórum também constituem indicativos de avaliação da disciplina de Física, tanto em relação ao conteúdo quanto aos métodos e ferramentas.

A proposta desse fórum foi comum às duas turmas.

---

Quinta, 17/03/2005, 09:51:55

Aluno 1

Oi!  
Eu achei as aulas de Física legais principalmente a última!!!  
Gostei dos professores e me interessei pela a matéria!  
Sempre tive curiosidade de aprende Física e espero gostar bastante! Até mais!

---

Quinta, 17/03/2005, 09:30:23

Aluno 2

Adoreiiii a primeira aula de Física... Pude concluir que assim como não temos nada sem a Química, também não vivemos sem a Física, não posso me imaginar sem um som lá em casa! Uma aula interessante e ao mesmo tempo descontraída... Mas posso dizer que gostei mais da segunda aula, pois ela foi mais dinâmica e me fez entender mais coisas! Parabéns pelo trabalho realizado pela professora Laura Rita Rui.

Quinta, 17/03/2005, 09:37:14

Aluno 3

Eu estou gostando muito das aulas de Física, estou achando muito interessante, diferentes, legais.  
Eu gostei muito de vocês

Quinta, 17/03/2005, 09:56:33

Aluno 4

Gostaria de tirar todas as dúvidas até o fim do ano. Física é muito legal.

Segunda, 21/03/2005, 09:09:17

Aluno 5

Bom, eu gostaria muito que as aulas de Física continuassem sendo assim, bem legais, construtivas e emocionantes!

Terça, 22/03/2005, 16:23:12

Aluno 4

Justamente no feriado nós teríamos aula. As aulas poderiam ser nas quartas-feiras, daí não perderíamos tanta aula por causa do feriado. Estou louco para que cheguem as experiências.

### 3.4.1.2 O que é Física?

Após o segundo encontro, outro fórum foi aberto também com o objetivo dos estudantes registrarem suas impressões sobre a Física, já que nesse encontro “tentamos” definir o que é Física e sua área de atuação.

A proposta desse fórum foi comum às duas turmas.

Quinta, 17/03/2005, 09:27:30

Aluno 2

Gostaria muito de poder aprender Física neste ano muito importante para vocês professores... O ano mundial da Física... E espero poder acrescentar muito em meus conhecimentos assim como ajudá-los a aperfeiçoar os seus trabalhos em relação ao mestrado e profissionalismo perante aos alunos.  
Beijos

Quinta, 17/03/2005, 09:54:22

Aluno 4

Que sorte a nossa. No 1º ano de Física, é o ano da Física!  
Tô adorando a Física. É bala. Tá tirando todas as minhas dúvidas.

### 3.4.1.3 O caráter vibratório do som

O caráter vibratório do som estava em pauta na sala de aula e algumas práticas já haviam sido realizadas para exemplificar tal característica. Essas práticas foram fundamentais para que os alunos relacionassem o caráter vibratório do som com fenômenos observados no seu dia-a-dia. A própria mensagem de abertura desse fórum foi feita aproveitando a pergunta de uma aluna durante a aula.

Os alunos também fizeram perguntas que antecipavam os assuntos planejados para as aulas (como a quarta e quinta mensagens a seguir).

A proposta desse fórum foi comum às duas turmas.

Terça, 29/03/2005, 15:09:37

[Laura Rita Rui](#)

Oi gente

Por que quando a gente põe um copo na superfície de uma parede, conseguimos ouvir o que as pessoas dizem do outro lado?

Talvez depois da aula de Quinta-feira fique mais fácil de responder, alguém tem alguma opinião a respeito?

Quarta, 30/03/2005, 14:54:49

Aluno 4

É sobre outra coisa parecida. Aquela brincadeira que as crianças fazem com dois copos ligados por um fio esticado, sabe? É o mesmo fenômeno que aquele do copo na parede, onde se escuta melhor?

Quinta, 07/04/2005, 09:20:09

Aluno 2

Gostaria de saber especificamente porque o som, dependendo do material que o produz, às vezes alcança uma distância, e outras vezes outra?

Quinta, 07/04/2005, 09:21:40

Aluno 2

Por que o cachorro pode escutar mais que os seres humanos? Ele tem mais sensibilidade, é isso? Por que o cachorro se irrita quando houve sons muito agudos?

Quinta, 07/04/2005, 14:47:29

Aluno 6

Os animais escutam mais do que a gente? Ou melhor? Porquê?

Terça, 12/04/2005, 10:05:58

Aluno 4

Por que ao encostarmos o ouvido em um pote, copo ou em uma concha escutamos o barulho do mar?

#### 3.4.1.4 Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas

Esse fórum foi aberto por ocasião da discussão sobre a existência de dois tipos de ondas: mecânicas e eletromagnéticas, e sua proposta foi comum às duas turmas.

---

Sexta, 29/04/2005, 10:18:14

Aluno 4

Eu gostaria de saber quais são as outras ondas (além do som e da luz) que vemos no dia-a-dia.

---

Segunda, 09/05/2005, 16:58:41

Aluno 4

As ondas de rádio e TV, que vão até as antenas das nossas casas, têm a velocidade da luz? E a do telefone, deve ter uma pequena duração das nossas bocas até o ouvido do ouvinte, né? Qual seria essa duração? Seria um pouco mais rápido que a velocidade do som?

---

Quinta, 12/05/2005, 15:56:04

Aluno 4

Sôra, tu disse que o espelho reflete porque é super liso. Mas um vidro normal também é, e nem sempre reflete, depende da iluminação. Então o espelho tem mais alguma coisa também, né? O que é?

#### 3.4.1.5 A fala

Esse fórum foi aberto por ocasião de um trabalho interdisciplinar com a professora de Língua Portuguesa, a respeito da formação de ditongos nasais, quando do estudo da produção de sons pelas cordas vocais. Sua proposta foi comum às duas turmas.

---

Quinta, 12/05/2005, 00:17:22

[Laura Rita Rui](#)

Oi gente

Vocês lembram quando falamos sobre as cordas vocais? A energia de vibração das cordas vocais propagam-se pelo ar (meio) e não só pelo ar, também pela nossa cabeça inclusive se propaga pelos ossos do crânio. Por isso dizemos que a nossa cabeça é uma caixa de ressonância, assim como o corpo de um violão.

Quero que vocês pesquisem uma questão:

De que forma são emitidos os ditongos nasais?

Que parte da caixa e ressonância é responsável por isso?

Bom trabalho

Um abraço a todos

---

Quinta, 12/05/2005, 15:45:43

Aluno 4

Eu fiquei sabendo que a nossa voz que nós mesmos escutamos não é a mesma que os outros escutam. Tipo, vocês escutam a minha voz diferente da que eu escuto. É verdade?

---

### 3.4.2 *Fóruns de Discussão da turma B*

#### 3.4.2.1 Perspectivas de 2005

---

Segunda, 14/03/2005, 16:07:24  
Aluno 2

Eu achei super legal a aula em que nós trabalhamos com aquela animação, pena que é só um período por semana, eu queria saber se a gente vai fazer isso mais vezes?

---

Terça, 15/03/2005, 12:52:46  
Aluno 3

Adorei a forma como trabalhamos aula passada...A apresentação de slides. Acho que é muito mais fácil de compreender a matéria, além de prestarmos mais atenção! É um ótimo jeito de trabalhar.

---

Quarta, 16/03/2005, 23:54:53  
Aluno 4

Oi, eu queria dizer que também gostei muito da nossa aula, e realmente é uma pena que tenhamos apenas um período! Mas vamos fazer o possível para aproveitá-las ao máximo!  
Adorei os slides da última aula, é uma ótima forma de fazer a galera prestar atenção...Achei muito interessante! Espero fazermos mais vezes. Até segunda.

---

Quinta, 17/03/2005, 07:53:24  
Aluno 5

A aula foi maravilhosa, os slides foram muito legais, sem dúvida nenhuma as aulas que virão serão maravilhosas como a primeira e até melhor.  
Continuem assim fazendo aulas informativas e com bom humor!

---

Sábado, 19/03/2005, 14:53:35  
Aluno 6

Acho uma aula muito pouca! Gostaria que tivessem mais de uma aula! Gostei muito das poucas aulas que tivemos!  
A 2ª aula principalmente por mostrar as coisas interessantes do universo.

---

Segunda, 21/03/2005, 08:14:19  
Aluno 7

Bom, de Física eu realmente não entendo nada, mas eu tenho compreender pelo menos o básico do básico. Eu achei a aula bem legal, e queria saber porque a gente tem um período só por semana, o que eu acho pouco... E também queria saber quando a gente vai começar a trabalhar com as experiências...

---

Quinta, 24/03/2005, 21:24:28  
Aluno 8

Eu pensei que na oitava se estudasse primeiras a Química e depois a Física, mas já que a gente tá tendo os dois juntos bem que poderia ter um período a mais de Física no segundo semestre, né?

---

Quarta, 20/04/2005, 12:48:04  
Aluno 9

Eu acho que as aulas são muito pouco tempo, acho que poderia ter uma de manhã e de tarde, para até podermos compreender melhor a matéria e podermos também fazer perguntas.

---

### 3.4.2.2 O que é Física?

---

Domingo, 27/03/2005, 12:16:34  
Aluno 10

Eu gostei muito do modo que vocês escolheram pra nos explicar sobre a primeira matéria, achei bem interessante, espero que as aulas que estão pra vir sejam bem semelhantes...

---

Segunda, 21/03/2005, 08:13:31  
Aluno 11

Eu gostei muito da última aula e também acho que ela pode ser melhor ainda.

---

Segunda, 21/03/2005, 13:25:49  
Aluno 1

Gostei muito da aula, estou escrevendo após assistir a aula de hoje (21/03) e acho que o desenvolvimento das aulas está sendo muito bem elaborado e divertido, a turma aprende melhor ao invés de só copiar e copiar o quadro, as vezes isso fica chato e não se aprende, por isso gostei muito das duas aulas de slides...  
Obrigado...

---

Quarta, 27/04/2005, 13:10:50  
Aluno 12

Oieeee queria perguntar uma coisa, não é possível haver no universo algum corpo que possa locomover-se com uma velocidade superior a da luz?

---



### 3.4.2.3 A fala

---

Quinta, 12/05/2005, 08:18:59  
Aluno 10

Oi sora, eu pesquisei e achei essas informações: elas são produzidas com o auxílio das fossas nasais, e, pelo teor da combinação entre as vogais que os corporizam.

---

Sábado, 14/05/2005, 19:27:02  
[Laura Rita Rui](#)

OK Lucas, mas será que todos entendem o que são fossas nasais? E o que significa o "teor da combinação entre as vogais que os corporizam"? Corporizam quem?  
Um abraço a todos.

---

Quinta, 12/05/2005, 21:05:05  
Aluno 5

Eu pesquisei nos sites e eu descobri que a resposta é que tudo acontece com auxílio das fossas nasais e da combinação de sons das vogais, o que cria uma intensidade. E a parte da procura do local da caixa e ressonância eu não achei, mas continuarei procurando para poder falar.

---

Segunda, 16/05/2005, 14:02:42  
Aluno 11

Oi sora eu pesquisei e achei o seguinte:  
Para que se produzam os sons que caracterizam a fala humana são necessárias três condições:  
Corrente de ar, obstáculo à corrente de ar e a caixa de ressonância. Vi também que os pulmões, brônquios e traquéia são os órgãos respiratórios que permitem a corrente de ar, sem a qual não existiriam sons. E a maioria dos sons que conhecemos são produzidos na expiração, servindo a inspiração como um momento de pausa. A laringe, onde ficam as cordas vocais determinam a sonoridade (a vibração das cordas vocais) dos sons.  
E também que a faringe, boca e as fossas nasais formam a caixa de ressonância responsável por grande parte da variedade de sons.

### 3.4.2.4 Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas

---

Terça, 29/03/2005, 14:07:28  
[Laura Rita Rui](#)

Tanto ondas eletromagnéticas quanto mecânicas apresentam os mesmos fenômenos? Quais são eles?

---

Terça, 29/03/2005, 21:06:02  
Aluno 10

Não. As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio de propagação, logo podem propagar-se no vácuo. As ondas mecânicas não têm essa possibilidade.  
Bom, vejamos na aula a verdadeira resposta...

---

Quinta, 31/03/2005, 16:29:36  
Aluno 5

Não, porque elas não possuem os mesmos fenômenos, a onda eletromagnética se produz sozinha, assim sem precisar de um objeto para produzi-la e tenho minha

opinião que esse tipo de onda é mais eficaz e mais fácil de gerar do que a mecânica que precisa de objetos para produzi-la. Os fenômenos na minha opinião são na eletromagnética de união de superfícies como a de ímãs e é também mais natural, já no caso na onda mecânica ela produz fenômenos mais controlados como a produção de sons de certas frequências e é por isso que o homem cria objetos que possam criar essa onda.

---

Segunda, 04/04/2005, 13:15:09  
Aluno 1

Bem, eu concordo plenamente com a resposta do aluno 10, a principal diferença da onda mecânica e eletromagnética é de que a onda mecânica precisa de um meio para se propagar, seja ar, água ou sólido, isso que a torna mecânica, já a onda eletromagnética se propaga sem precisar de um meio.

---

Quarta, 06/04/2005, 09:57:59  
Aluno 1

Eu queria saber se o fato do som se propagar melhor na água se deve pela maior aproximação das partículas, e se for assim ele se propagaria melhor em algo sólido?

#### 3.4.2.5 Equivalência massa-energia

Esse fórum foi aberto por ocasião de uma pergunta feita na seção *Mural*, que julgamos relevante para a abertura de um fórum.

A resposta à pergunta está na segunda mensagem a seguir e a ela seguem-se mensagens que demonstram claramente o acompanhamento de outros alunos e o interesse em participar.

---

Terça, 29/03/2005, 10:37:10  
Aluno 8

Quer saber por que nada é tão rápido quanto a luz. Uma vez eu vi que a massa de um objeto vai aumentando à medida que aumenta a velocidade, e que a luz só chega naquela velocidade por não ter massa. Então, se algum objeto chegasse à velocidade da luz, sua massa seria infinita?

---

Terça, 29/03/2005, 10:49:11  
[Laura Rita Rui](#)

Oi gente

Aluno 8, você fez uma pergunta na área da física relativística e isso exige que a nossa mente se livre dos conceitos que temos devido à física clássica, ou seja, massa em relatividade não é aquela que costumamos medir através de uma balança. Por isso dizer que quanto maior a velocidade de um corpo maior a sua massa, parece obviamente impossível, e é. Isso tu já notaste. Lembra que na nossa primeira aula eu apresentei os slides sobre o Ano Mundial da Física?

Olhe o slide número 9. Nele está escrito que um dos 5 trabalhos publicados por Albert Einstein em 1905, foi a Teoria da Relatividade Restrita, da qual posteriormente foi deduzida a famosa equação  $E=mc^2$  (em outra oportunidade explicarei porque ela foi a base teórica para a bomba atômica). Sendo que E é a energia, m é a massa e c é a velocidade da luz no vácuo (vácuo é um meio absolutamente sem nada, nem mesmo ar!).

A velocidade da luz no vácuo, que é 300.000 km/s (a luz viaja 300.000 km em 1 s), é a maior velocidade que um "corpo" (pacote de energia) pode atingir. Isso significa que  $c^2$ , assim como uma velocidade infinita, não existem!

Mas então o que é  $c^2$  ?

É um "fator de conversão" de massa em energia! Podemos dizer que uma

determinada quantidade de massa possui uma “energia de existência”.

O livro Física Conceitual de P.G.Hewitt trás um parágrafo explicando o que significado da equação de Einstein:

“A equação  $E=mc^2$  é mais do que uma fórmula para conversão de massa em outros tipos de energia, ou vice-versa. Ela exprime mais do que isso, a saber, que massa e energia são a mesma coisa. Massa é energia solidificada. Se você deseja saber quanta energia existe num sistema, meça sua massa. Para um objeto em repouso, sua energia é sua massa. A energia, com a massa, exibe inércia (dificuldade de colocar em movimento ou acelerar ou fazer parar um objeto). Sacuda um objeto massivo para a frente e para trás: é a própria energia que é difícil de sacudir.”

Essas conclusões não foram óbvias nem mesmo para Einstein.

A revista Ciência Hoje, Janeiro/Fevereiro 2005, que está disponível on-line pelo endereço

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/amf/einstein/choje1905Final.pdf>

traz um artigo sobre os trabalhos e um pouco da vida de Albert Einstein, em comemoração ao centenário da publicação de seus geniais trabalhos. Leiam para entender melhor a vida e obra de Einstein, e sobre as questões de Física que começaram a atormentá-lo aos 16 anos!

Participem dessa discussão, colocando suas opiniões ou dúvidas no Teleduc. Um forte abraço a todos.

---

Terça, 29/03/2005,  
10:50:34

[Laura Rita Rui](#)

Então, a luz (fóton) tem ou não tem massa?

---

Terça, 29/03/2005,  
13:44:25

Aluno 8

Eu acho que não, por isso ela é tão rápida.

---

Terça, 29/03/2005,  
21:12:27

Aluno 10

Bom, só tu e o aluno 8 tão falando nesse assunto, então acho que mais um integrante não irá intervir em nada, bom, eu acho que a resposta do aluno 8 está certa, por isso, eu o apóio.

fuiiiiiii

---

Quinta,31/03/2005,16:39:04  
Aluno 5

Desculpe se estou me metendo, mas gostaria muito de falar sobre esse assunto com vocês, eu na minha opinião acho que faz um pouco de sentido essa história de que quanto mais massa mais energia, e isso mostra que se um no caso objeto possui uma certa quantidade de massa ele pode atingir velocidades grandes pelo grande nível de energia contido em sua massa já que como sabemos que quanto mais massa mais energia possui.

#### 3.4.2.6 O caráter vibratório do som

Apesar da proposta desse fórum ser a mesma para as duas turmas, as discussões foram bem diferentes devido à primeira mensagem a seguir. O aluno, notadamente interessado em ciências não só por seus registros nos *Fórums de Discussão* mas também pelas suas colaborações em sala de aula, pesquisou por conta e antecipou a discussão do efeito Doppler para o som não somente nos fóruns, mas também em sala de aula.

Apresentamos tais discussões que se revelaram surpreendentes pela curiosidade de alguns estudantes em resolver o “misterioso” exemplo compartilhado neste fórum pelo Aluno 1.

A penúltima mensagem diz respeito à aula sobre os fatores responsáveis pela refração do som no ar.

Sábado, 09/04/2005, 12:21:20

Aluno 1

Eu pesquisei sobre o efeito Doppler e achei uma explicação bem interessante, e já que não o portfólio não está funcionando colocarei aqui mesmo:

O que é o Efeito Doppler? Uma explicação (quase) sem Matemática.

Eis aqui uma historinha que ajuda a entender a origem do efeito Doppler.

Suponha que todo dia sai um ônibus de Belém com destino a Porto Alegre. Na mesma hora, todo dia, também sai um ônibus de Porto Alegre para Belém. Digamos que a viagem entre as duas cidades dure 10 dias. Você é passageiro de um dos ônibus que saem de Belém. Perguntamos: durante os 10 dias de viagem, com quantos ônibus vindo de Porto Alegre você cruzará? Com 10, dirá um apressadinho. Errado. Você cruzará com os 10 ônibus que já estão viajando e com mais 10 que sairão de Porto Alegre durante os 10 dias de sua viagem. Isto é, nos 10 dias de sua viagem você cruzará com 20 ônibus vindo de Porto Alegre.

Digamos que você se interesse pelas notícias de Porto Alegre e cada ônibus que sai de lá traga o jornal do dia (o DIÁRIO de Porto Alegre). Como você cruza com 2 ônibus em cada dia, você poderá ler 2 diários por dia! Quer dizer, a frequência com que você lê os jornais é 2 vezes maior que a frequência com que eles foram produzidos em Porto Alegre.

Agora compare esse surpreendente resultado com o que foi dito acima sobre o tom das buzinas e veja como eles são semelhantes. A frequência percebida por um ouvinte que se aproxima da fonte sonora é MAIOR que a frequência percebida se o ouvinte estivesse parado. A proporção em que essas frequências diferem depende da velocidade relativa entre a fonte sonora e o ouvinte. Para saber quanto vale essa proporção, só apelando para a matemática. Você entendeu a origem do efeito Doppler.

Sábado, 09/04/2005, 13:05:26

Aluno 10

Eu não entendi nada essa história do Aluno 1, mas acho que na aula de segunda vamos falar disso, então lá espero compreender.

Domingo, 10/04/2005, 13:07:37

Aluno 13

Oieee

também não entendi muita coisa do que o Aluno 1 escreveu, na próxima aula vamos falar sobre isso?

Quinta, 14/04/2005, 20:56:34

Aluno 10

Eu queria saber, quando vamos falar desse assunto da história do Aluno 1, pois na aula de segunda nós trabalhamos no pc, e na próxima aula vamos ver instrumentos...

Sábado, 16/04/2005, 12:41:47

[Laura Rita Rui](#)

Oi gente

Trataremos melhor sobre o efeito Doppler quando falarmos sobre a velocidade do som, daqui a umas três aulas.

Gostaria de saber se vocês viram a tabela que fiz e disponibilizei na sessão Material de Apoio, conseguiram entender ao menos porque encontramos 20 ônibus durante a viagem? Um abraço a todos.

Domingo, 10/04/2005, 15:49:37  
Aluno 1

Bem quando eu li isto eu entendi, supondo que leve dez dias, veja bem a dez dias atrás saiu um ônibus, 10 dias depois ele chegaria em Belém, atrás dele mais 9, então o teu cruzaria com esses que já vinham vindo e mais os que vão partir durante os 10 dias que tu vai viajar até Poa...

---

Quinta, 14/04/2005, 08:14:59  
Aluno 5

Eu entendi mais ou menos o que o Aluno 1 explicou mais prefiro não falar nada, mais sim discutir sobre esse assunto super importante e legal na aula que vem.

---

Sábado, 16/04/2005,  
14:41:27

[Laura Rita Rui](#)

Oi gente

Lendo as mensagens de vocês estou sentindo que estão ansiosos por entender esse tal de Efeito Doppler, então vou tentar explicá-lo agora mesmo.

O Efeito Doppler tem a ver com a sensação sonora que sentimos quando uma fonte de som (ambulância ou carro de polícia, para dar exemplos do dia-a-dia) se aproxima ou afasta de nós ou nós nos aproximamos ou afastamos dessa fonte de som.

Lembre-se que o som é uma onda longitudinal, que tem origem numa vibração e se propaga através das regiões de compressão e rarefação do meio e será ouvida quando uma região de compressão das partículas de ar alcançar os seus tímpanos (veja a animação em <http://www.tecnociencia.es/ventana/salas/acustica/sonido1/s2.htm> , quando abrir a página clique em: ver animación)

Se o carro de polícia, por exemplo, está emitindo som e está parado em relação a você, o som que chega aos seus tímpanos tem uma determinada frequência. Mas se este carro, ainda emitindo som, começa a se aproximar de você, as regiões de compressão estarão cada vez mais próximas entre si e chegarão muito mais freqüentes para você (chegarão em número maior num mesmo intervalo de tempo, claro que isso depende da velocidade com que a fonte se aproxima).

Se elas são mais freqüentes, significa que a frequência desse som aumentou, e se a frequência aumentou significa que ele está mais agudo.

O contrário acontece se a fonte se afasta (com uma determinada velocidade): as regiões de compressão ficam cada vez menos freqüentes, significa que a frequência diminuiu, e se a frequência diminuiu significa que o som está mais grave.

Leiam com bastante atenção, e escrevam dizendo se o assunto ficou mais claro. Um abraço a todos.

---

Sábado, 16/04/2005, 19:40:48  
Aluno 10

Deu pra entender a explicação, mas não consegui ligar essa explicação com a história do Aluno 1, mas isso é o de menos...

---

Segunda, 18/04/2005, 00:59:07  
Aluno 4

Eu consegui entender bem melhor!

Então, se a frequência do som aumentou, ficando mais agudo, quer dizer também que eu posso escutá-lo melhor e aparentemente mais alto. E se a frequência do som diminuiu, ficando mais grave, escutamos cada vez menos (no caso da ambulância se distanciando por exemplo).

Acabei de ouvir isso agora a pouco, quando estava descendo um carro aqui na lomba de casa, consegui escutar o som dele vindo lá de cima, e com a frequência dele descendo, pude escutar melhor o som que ele

produzia.

Bom não sei se está certo, mas vou aguardar! Até amanhã!

---

Segunda, 18/04/2005, 12:41:37  
Aluno 9

Agora eu consegui entender a historia do Aluno 1.

A minha pergunta é porque quando estamos num ambiente fechado falamos e dá o eco?  
E porque perto das montanhas se é um ambiente aberto?

---

Segunda 09/05/2005,15:55:44  
Aluno 11

Oi sora, na aula de hoje você falou da camada de ar quente que aparece quando o dia está bem quente, eu queria fazer uma pergunta.

Nós podemos observar esse movimento com areia?

Nesse fim de semana eu estava na internet e consegui ver uma animação de uma tempestade no deserto onde uma pessoa tirou 16 fotos dessa parede de areia chegando perto de casas.

Bom essa onda era grande, e o curioso é que ela se formou com uma velocidade do vento batendo no nosso rosto na janela de um carro a 60 km por hora.

Eu descobri também que as pessoas que moram no deserto se protegem dessas tempestades apenas protegendo os olhos, o nariz e boca. E é isso sora muito obrigado.

---

Quarta, 11/05/2005, 08:40:52

[Laura Rita Rui](#)

Oi gente

Sem dúvida o vento é o fator que faz a areia mudar de lugar, por isso que muitas vezes na praia, as dunas de areia "mudam de lugar". Esse fato que você descreveu é comum nos desertos e é conhecida como tempestade de areia. É alguma coisa parecida com os ciclones, só que carregam areia, principalmente porque o clima é muito seco e por isso a areia também é seca e por isso muito leve.

Lembro que tu fizeste essa pergunta por que eu expliquei que em dias de altas temperaturas, se o ar pudesse ser visto, veríamos as partículas que o formam em turbilhão, como vemos a água fervendo. Quando a água ferve, acontece um fenômeno chamado convecção: as camadas de água mais próximas do fogo aquecem antes, ficam mais leves e sobem. A água que fica na superfície ou próxima dela está mais fria e pesada, então desce. É um movimento de trocas de camadas de água com temperaturas diferentes.

A convecção acontece com líquidos e fluidos.

Na verdade a areia tem propriedades especiais e não é classificada nem como líquido nem como fluido.

Mas acho que não ocorre convecção na areia. Mesmo porque, a qual profundidade a areia da superfície desceria? Como a areia que está numa determinada profundidade subiria por convecção?

Eu acredito que somente o vento mude a areia de lugar.

O que vocês acham? Alguém tem uma informação a acrescentar? Um abraço a todos

---



#### 4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PROJETO NO COLÉGIO LA SALLE DORES

O processo de avaliação do curso levou em consideração conteúdo, método e interesse dos estudantes durante a aplicação do projeto. Algumas das atividades realizadas tiveram caráter avaliativo quantitativo para compor, junto com a nota de Química, a média trimestral de Ciências de cada estudante. O Colégio La Salle Dores adota a avaliação trimestral quantitativa e o resultado da avaliação na disciplina de Ciências é formado pela soma das médias trimestrais de Física e Química, cada uma com participação de 50% na nota trimestral de Ciências.

De uma maneira geral, os resultados das avaliações dos estudantes refletem o sucesso ou falha no método (tanto de apresentação e trabalho do conteúdo em sala de aula quanto de formulação da avaliação), ou ainda podem indicar problemas no conteúdo de estudo. Para Ausubel, conforme citado anteriormente:

Em geral, a função da avaliação é a de determinar o grau em que os objetivos educacionais relevantes, na realidade, estão sendo alcançados. Avaliar é fazer um juízo de valor ou de mérito. Apreciar os resultados educacionais para saber se satisfazem ou não um conjunto específico de metas educacionais. Afora a verificação se tais metas estão sendo atingidas, qualquer avaliação dos resultados do ensino é destituída de sentido. (AUSUBEL apud FARIA, 1989)

Assim, na perspectiva de avaliar nosso trabalho a partir dos resultados alcançados pelos estudantes, apresentamos as avaliações aplicadas ao longo do trimestre, comentando seus resultados.

Antes disso, relacionamos uma série de fatores que consideramos relevantes, de uma maneira geral, e que podem ter contribuído para que os resultados não tivessem sido melhores:

- apenas um período, de 50 minutos, semanalmente por turma;
- apesar de dispormos de um trimestre letivo, o programa envolveu naturalmente uma quantidade considerável de conteúdos;
- priorizamos as discussões em sala de aula descuidando da importância dos exercícios de fixação, fundamentais nessa etapa escolar;
- delegamos a responsabilidade da aquisição, via *Material de Apoio* do *TelEduc* e reprografia do colégio, e da leitura dos textos complementares aos estudantes. A grande maioria deles provou não ter a responsabilidade esperada, e, com pequena antecedência à prova formal, foi necessário fornecer um a um todo o material. Além disso, oferecemos períodos extras com o objetivo de atualizar as leituras dos materiais didáticos e discutir as dúvidas;
- todo projeto escolar, principalmente inovador e aplicado à estudantes do Ensino Fundamental, deve contar com a participação dos pais. Nesse aspecto, deveríamos ter convocado os pais dos estudantes das oitavas séries e apresentado nossa proposta e objetivos. Na única oportunidade de conhecê-los, por ocasião da entrega de notas já no final do trimestre, muitos expressaram medo de que seus filhos tivessem sido demais exigidos, principalmente por professores que não pertenciam ao corpo docente do colégio e estavam em projeto pela UFRGS (considerada difícil). Uma reunião inicial esclareceria muitos aspectos do projeto, da matéria de ensino à metodologia, informando e convocando os pais a contribuir com a educação escolar de seus filhos.



Além desses fatores, acreditamos que o interesse pela matéria de estudo por parte dos estudantes e os fatores afetivo-sociais, comentados no capítulo 2, também são bastante relevantes. Apesar desses componentes serem difíceis de avaliar em um encontro semanal, pudemos percebê-los através das participações (e das não participações) nos *Fóruns de Discussão* e *Mural do TeIEduc*, e na leitura de algumas dissertações.

Apresentamos a seguir os resultados das avaliações feitas nas duas turmas de oitava série ao longo das atividades do projeto, na ordem em que foram aplicadas.

#### 4.1 PRÉ E PÓS-TESTES SOBRE FENÔMENOS FÍSICOS RELACIONADOS AO SOM

Com o objetivo de conhecer as explicações dos estudantes sobre alguns fenômenos relacionados ao Som no início da aplicação do projeto, e avaliar seu crescimento após a sua aplicação, uma série de questões foram elaboradas principalmente sobre fenômenos observados na natureza envolvendo produção, propagação e percepção do som. Essas questões compunham os pré e pós-testes, respectivamente entregues às oitavas séries durante a Atividade 3 e a Atividade 16.

Na turma A, 13 alunos responderam ao pré-teste e 21 alunos responderam ao pós-teste e na turma B, 12 alunos responderam ao pré-teste e 23 alunos responderam ao pós-teste. A notável diferença entre o número de alunos que responderam os pré e pós-testes foi devido ao fato que ao pré-teste foi permitido levar como tarefa (que não valeu nota para o estudante) a ser entregue na aula seguinte, e o pós-teste (também não valendo nota) foi respondido e entregue em aula.

As tabelas 4.1.1 e 4.1.2 apresentam, respectivamente para as turmas A e B, as questões sugeridas aos estudantes e suas respostas às mesmas questões nos pré e pós-testes, dispostas lado a lado com o propósito de facilitar a comparação entre suas respostas. Dentro da mesma célula, respostas de diferentes estudantes estão separadas por ponto e vírgula. Os números entre parênteses ao final de cada resposta indicam a quantidade de alunos que responderam à questão de tal forma. Quando ao final de uma resposta não constar o número de alunos entre parênteses, significa que é a resposta de apenas um estudante.

Tabela 4.1.1: Questões e respostas dos pré e pós-testes da turma A.

Questões	Respostas do pré-teste	Respostas do pós-teste
De que maneira besouros e mosquitos produzem os seus sons característicos?	<i>Através de suas asas (13).</i>	<i>Ao bater asas, eles provocam um certo deslocamento de ar, causando sons; batendo as asas com velocidade (2); batem as asas no ar, produzindo uma vibração emitindo, então, um som (2); pelas asas (3); pela vibração das asas (6); batendo as asas (7).</i>
Além de escutarmos o som (sentido da audição), podemos percebê-lo de alguma outra maneira?	<i>Por vibração (2); não (9).</i>	<i>Sim, pelo tato, pois sentimos a vibração, pois tudo que vibra produz som (2); porque quando produzimos sons eles causam vibração no ar, então sentimos (3); não (5); quando algum objeto vibra (11).</i>
Por que, para uma mesma nota musical, podem existir sons diferentes?	<i>Depende da afinação e do lugar; existem vários tons para a mesma nota, como o bemo!; depende o jeito que se toca (3); porque pode ser mais aguda ou mais grave (5).</i>	<i>Depende da intensidade (2); a frequência pode mudar, tornando o som mais agudo ou mais grave (2); a frequência pode aumentar ou diminuir (3); porque o ar pode modificar um pouco o som; porque ele pode estar com a frequência e a amplitude diferente (6); porque podemos mudar a amplitude (7).</i>
No oceano aberto, uma baleia pode comunicar-se com outra baleia, a centenas de quilômetros?	<i>Não; sim (12).</i>	<i>Sim, pois ela emite e ouve ultra-sons, e se há um meio para o som se propagar, há essa possibilidade; pode, porque elas têm o ultra-som; sim, porque o som se propaga mais rápido na água; sim, porque as baleias ouvem o som, além de sentir as vibrações (2); sim, pois emitem sons e eles se propagam através de ondas por quilômetros (2); porque o som se propaga (5); sim (9).</i>
Uma pessoa, numa estação ferroviária, deseja saber se o trem se aproxima. Ela ficará sabendo mais rapidamente se ficar de pé, em silêncio, ou se encostar ou ouvido nos trilhos?	<i>De pé, em silêncio; encostar o ouvido no trilho (12).</i>	<i>Em silêncio, aí estará o Efeito Doppler; ficar de pé em silêncio (3); nos trilhos, porque ouve as vibrações sonoras transportadas pelo metal (3); se encostar o ouvido nos trilhos, pois sentirá e ouvirá as vibrações (4); é só aproximar o ouvido dos trilhos (10).</i>
Se estivermos submersos numa piscina, podemos escutar o grito de alguém fora dela?	<i>Depende; não (3); sim (9).</i>	<i>Sim, mas é muito baixo; sim, mas com menos frequência; depende a intensidade, mas não; sim, pois o som se propaga em todo o ambiente, porém depende da amplitude (intensidade); não porque o som será menor dentro da água; sim, mas com menos intensidade (2); não (6); sim (7).</i>
O raio e o trovão são produzidos no mesmo instante. Então, por que é costume dizer que depois do raio vem o trovão?	<i>A luz é mais rápida que o som (3); outras respostas (10).</i>	<i>Porque o raio de luz é mais rápido que o som; o som demora um tempo para se propagar e chegar onde estamos (2); porque o trovão se propaga mais devagar (2); porque eles têm uma diferença de tempo de propagação (2); pois a velocidade da luz é maior que a do trovão (3); porque o raio é luz, que tem velocidade bem maior que o som (trovão) (3); porque primeiro cai o raio e depois chega ao chão provocando o trovão (4); porque a velocidade da luz é mais rápida que a do som (4).</i>
Pode o som do disparo avisar que a bala se aproxima?	<i>Sim, o barulho é típico; depende da situação e distância; não, o intervalo de tempo é muito pequeno; não, são produzidos no mesmo instante (2); sim (4); não (5).</i>	<i>Pode, mas não dá tempo, pois quando ouvimos o disparo a bala já está chegando; o som avisa que há bala quando ela é disparada, mas depois disso o som acaba; não, porque o som chega depois do disparo, pelo tempo que leva para se propagar, como o raio e o trovão; não, porque é muito rápido e quando ouvimos o disparo, a bala já nos atingiu (2); não porque é muito rápido (2); sim (3); não (9).</i>

Tabela 4.1.2: Questões e respostas dos pré e pós-testes da turma B.

Questões	Respostas do pré-teste	Respostas do pós-teste
De que maneira besouros e mosquitos produzem os seus sons característicos?	<i>Através das antenas; através das ondas magnéticas (2); através de suas asas (10).</i>	<i>Com as asas (2); batendo as asas rapidamente (2); batendo as asas numa frequência audível (3); através do movimento de suas asas (5); suas asas vibram e produzem sons (10).</i>
Além de escutarmos o som (sentido da audição), podemos percebê-lo de alguma outra maneira?	<i>Pelo vento; pela propagação ou pela visão (vibração); pelo movimento do “produtor” do som; vibração (4); não, porque não o enxergamos (4).</i>	<i>Sim, quando o som é muito alto, podemos senti-lo vibrando; sim; sim, através da vibração do som (2); vendo o objeto vibrar (2); sim, por meio de vibrações (15).</i>
Por que, para uma mesma nota musical, podem existir sons diferentes?	<i>Depende do volume e frequência da nota; porque o som tem três características: intensidade, altura e timbre; porque depende da intensidade; não é possível designar apenas um som para cada nota; devido à forma da onda e obstáculos pelo caminho; cada nota pode ser criada por vários tons, como o agudo e o grave; cada nota varia a tonalidade (2); depende dos instrumentos, as ondas se propagam diferentes (2).</i>	<i>Por causa da amplitude; porque elas variam sua intensidade (2); porque a amplitude e frequência das cordas são diferentes; porque a frequência e a amplitude podem variar de uma nota para outra; porque o som pode ser fraco ou forte; a frequência (grave e agudo) muda (4); porque cada nota musical vibra diferente; porque depende do instrumento musical (11).</i>
No oceano aberto, uma baleia pode comunicar-se com outra baleia, a centenas de quilômetros?	<i>Sim, pois a velocidade do som na água é imensa; sim, pois o som se propaga melhor na água; sim, e o modo usado por elas é o sonar, que é super eficaz porque o som se move mais rápido na água do que no ar; sim (10).</i>	<i>Sim, pois a força que ela transmite o som é bem forte; sim, porque elas usam os ultra-sons que conseguem se transmitir a quilômetros; sim, porque o oceano é aberto, não tendo barreira; sim, ela emite ultra-sons e depois percebe o eco como um sonar, o som que ela emite é muito forte e ele se propaga melhor na água; pelos infra-sons (2); sim, porque o som se propaga tanto na água quanto no ar (2); sim, por causa dos ultra-sons (5); sim (9).</i>
Uma pessoa, numa estação ferroviária, deseja saber se o trem se aproxima. Ela ficará sabendo mais rapidamente se ficar de pé, em silêncio, ou se encostar ou ouvido nos trilhos?	<i>Mais perto de onde o som vem (nos trilhos), mais rapidamente o som vai ser capturado, e se ficar de pé, o ouvido vai se concentrar em vários sons, mesmo em silêncio, e vai ficar mais difícil de captar um som específico; em silêncio, pela audição e pela vibração; encostando nos trilhos, pois eles estão diretamente ligados ao trem (2); se encostar o ouvido nos trilhos (3); encostando o ouvido nos trilhos a pessoa vai sentir a vibração dos trilhos, anunciando a chegada do trem (5).</i>	<i>Pelo trilho, pois a vibração nele é maior; se encostar o ouvido nos trilhos, porque o som se propaga melhor em algo sólido do que no ar; ficar em silêncio para ouvir o som do trem (2); os ouvidos nos trilhos, pois sentirá a vibração no chão (6); se encostar o ouvido nos trilhos (13).</i>
Se estivermos submersos numa piscina, podemos escutar o grito de alguém fora dela?	<i>Sim, se for bem alto; não, só ouvimos quando o objeto está dentro da água; sim, porque o som se propaga na água; não, pois o som demoraria a atravessar o ar e romper a barreira da água; sim, porque o som mesmo começando no ar, ele pode penetrar na água e nossos ouvidos, mesmo embaixo da água, podem captar sons; não (2); sim (2); sim, porém muito baixo (2).</i>	<i>Sim, porque o som também pode usar como meio a água para transportar sua energia; sim, a única coisa que muda é a intensidade e frequência do som; sim, se for alto; não; sim, mesmo sendo muito baixo podemos escutar (2); sim, mas com menos intensidade (4); sim, pois o som pode se propagar pelos dois meios (4); sim (9).</i>
O raio e o trovão são produzidos no mesmo instante. Então, por que é costume dizer que depois do raio vem o trovão?	<i>Porque o raio vem na velocidade da luz e o trovão vem em meio da audição, por isso demora mais; porque primeiro vem o desenho e depois o som; porque o trovão transmite sons, então depois que o ouvimos, vemos os raios; porque a velocidade da luz do raio é maior que a do som do trovão (7).</i>	<i>Porque as ondas eletromagnéticas são mais rápidas que as mecânicas; porque o raio representa a luz e o trovão o som, sabemos que a velocidade da luz é maior do que a do som; porque a velocidade que a luz se propaga não é a mesma que o som; porque a velocidade da luz é muito mais rápida que a do som (7); porque a velocidade da luz é maior que a do som (9).</i>
Pode o som do disparo avisar que a bala se aproxima?	<i>Não, a bala dispara antes da gente ouvir o som; sim, porque quando aperta o gatilho, a bala estoura quando sai; não, porque depende da distância em que foi disparado; acho que pode, mas a bala é bem mais veloz que o som; sim, dependendo da altura do som, podemos saber se ela está próxima ou não; não, pois quando se ouve o disparo, a bala já “atingiu” muitos metros; sim, porque o som do disparo é criado na hora que a bala sai da arma, o som é produzido na hora que há o atrito da bala com o cano da arma; não (4).</i>	<i>Acho que sim, mas a bala será mais rápida; sim, pois o barulho do disparo chega nos nossos ouvidos e nós sentimos sua vibração rapidamente; sim, porque quando há o disparo há um estouro da bala; se a sua velocidade for maior que a velocidade da bala, sim; pode, porém ela sai muito rápida (2); não (2); não, a bala é mais rápida que o som (4); sim (7).</i>

Além das questões apresentadas nas tabelas 4.1.1 e 4.1.2 para os pré e pós-testes, sugerimos que os estudantes formulassem outras questões envolvendo dúvidas, ainda sobre fenômenos relacionados ao som, que desejassem ter sido solucionadas ao longo do curso. Seus questionamentos no pré e pós-testes estão apresentados nas tabelas 4.1.3 e 4.1.4, respectivamente, para as turmas A e B.

Tabela 4.1.3: Outras questões sobre o som, elaboradas pela turma A.

Questão	Perguntas feitas no pré-teste	Perguntas feitas no pós-teste
Agora, formule você uma ou mais questões que lhe intrigam, ainda sobre o som.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>O som vai até que distância quando gritamos?</i></li> <li>• <i>Quantos quilômetros por segundo ele atinge?</i></li> <li>• <i>Por que algumas pessoas podem fazer sons mais agudos que outras?</i></li> <li>• <i>Podemos ser prejudicados com algum tipo de som?</i></li> <li>• <i>É possível ouvir alguma coisa indo à velocidade do som?</i></li> <li>• <i>Por que os cães podem escutar melhor?</i></li> <li>• <i>Por que quando estamos submersos na água podemos falar em baixo dela e só ouvimos o eco do som?</i></li> <li>• <i>O que é eco? Por que às vezes falamos na presença de eco?</i></li> <li>• <i>Por que escutamos a nossa voz de um jeito e as outras pessoas de outro?</i></li> <li>• <i>Por que não temos certeza de muitas coisas sobre o som?</i></li> <li>• <i>Por que não podemos vê-lo nem senti-lo?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Por que quando se escuta música muito alta, depois parece que a cabeça fica vibrando?</i></li> <li>• <i>Por que tudo que vibra possui som?</i></li> </ul>

Tabela 4.1.4: Outras questões sobre o som, elaboradas pela turma B.

Questão	Perguntas feitas no pré-teste	Perguntas feitas no pós-teste
Agora, formule você uma ou mais questões que lhe intrigam, ainda sobre o som.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>O que as paredes acústicas nos estúdios de gravações têm, que não fazem o som se propagar?</i></li> <li>• <i>Por que quando se grita próximo a uma montanha acontece o eco?</i></li> <li>• <i>Por que o som do avião vibra o prédio?</i></li> <li>• <i>Quando se escuta o som no volume máximo, a impressão é que a casa está tremendo. Por quê?</i></li> <li>• <i>Por que conseguimos ouvir em baixo da água?</i></li> <li>• <i>Qual é a velocidade do som?</i></li> <li>• <i>Todos os tipos de sons são propagados por ondas magnéticas?</i></li> <li>• <i>O que acontece para que certos sons possam quebrar um copo de cristal?</i></li> </ul>	

Comparando as respostas do pré e pós-testes para as duas turmas, podemos notar que:

- o número de questões com respostas mais próximas das aceitas cientificamente, aumentou do pré para o pós-teste;
- as respostas no pós-teste são mais “ricas”, principalmente da turma A que respondera ao pré-teste muito sucintamente;
- apesar de algumas respostas do pós-teste continuarem conceitualmente erradas, muitas indicam a tentativa do uso de novos termos aprendidos ao longo do trimestre;
- nenhuma das perguntas feitas pelos estudantes no pré-teste foram repetidas no pós-teste, apesar de terem sido alertados que poderiam repetir perguntas já feitas no pré-teste, se julgassem não terem sido esclarecidas. A turma A apresentou apenas duas novas questões e a turma B não apresentou nenhuma. Isso pode não significar que suas dúvidas foram totalmente sanadas. Apesar das questões contidas nos pré e pós-testes não englobarem todos os assuntos discutidos em aula, a comparação entre as respostas dos estudantes ao pré e pós-testes nos leva a crer que contribuimos para melhorar seu entendimento a respeito de alguns fenômenos físicos que ocorrem na natureza.

#### 4.2 PROGRAMA COMPUTACIONAL EDUCACIONAL *CONSTRUINDO SONS*

Dando continuidade às discussões sobre as características de uma onda mecânica (frequência, amplitude, comprimento de onda e período), a Atividade 6 descrita na seção 3.3, foi elaborada para exercitar tais conceitos fazendo uso do programa *Construindo Sons*. Elaboramos um roteiro com dezesseis questões (apêndice C), sete das quais relacionadas ao estudo da amplitude e nove relacionadas ao estudo da frequência. Esta atividade foi um dos instrumentos de avaliação quantitativa do aluno. Apesar de cada computador ter sido ocupado por duplas para a realização da tarefa, orientamos que os componentes de cada dupla discutissem as questões, mas que cada um preenchesse seu roteiro, de preferência com suas próprias palavras. Por esse motivo, nem todos os alunos das duplas tiveram a mesma nota e os gráficos a seguir foram construídos em função da nota de cada aluno e não da dupla. Apresentamos os resultados dessa avaliação na forma das figuras 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3, respectivamente para as turmas A, B e a comparação entre as médias quantitativas das duas turmas.

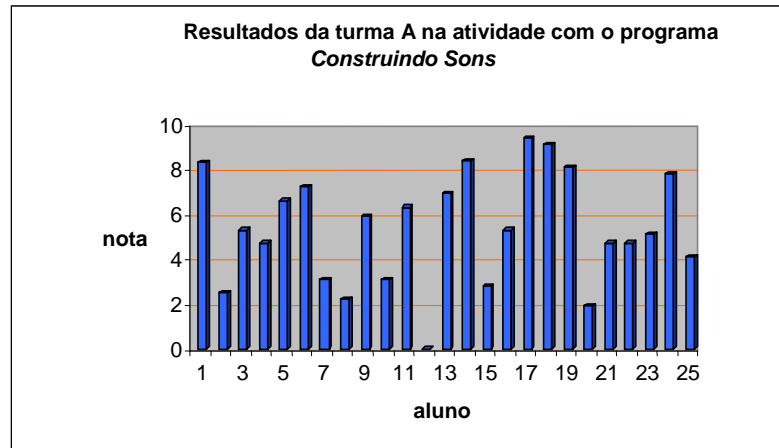


Figura 4.2.1: Avaliação da atividade com o programa *Construindo Sons* na turma A

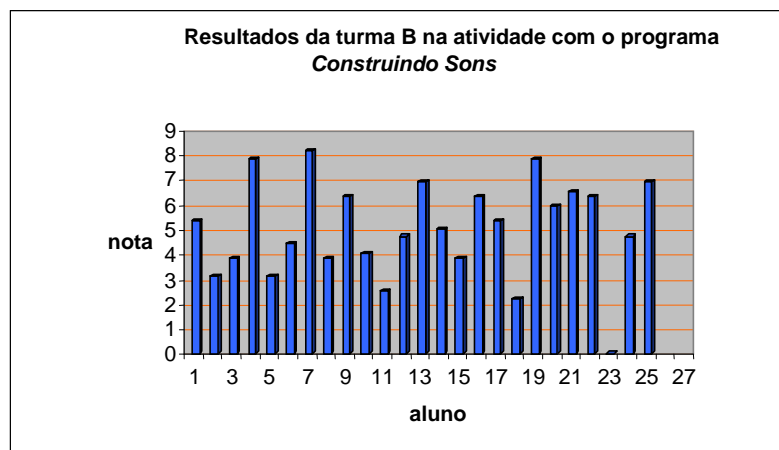


Figura 4.2.2: Avaliação da atividade com o programa *Construindo Sons* na turma B

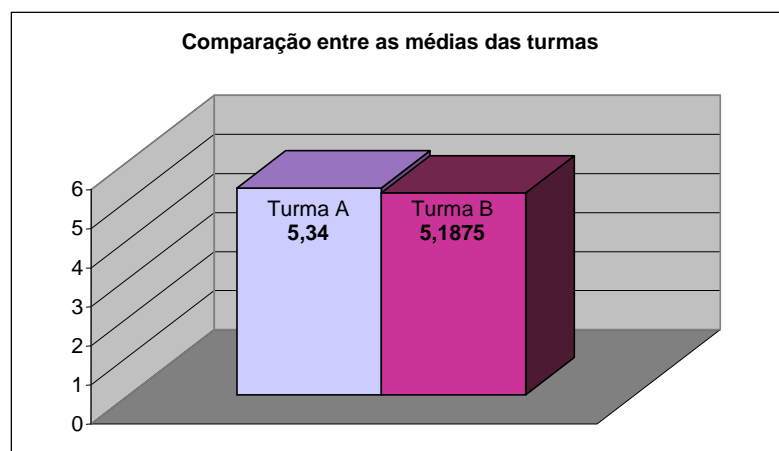


Figura 4.2.3: Médias das duas turmas na atividade com o programa *Construindo Sons*

Analisando os resultados das turmas, podemos destacar como possíveis justificativas para os baixos rendimentos nesta atividade:

- o rigor usado para a correção, no que diz respeito aos alunos fazerem uso de termos fisicamente corretos para se referirem às características das ondas como, por exemplo, usar o termo som alto (ou agudo) para a frequência e não para a amplitude do som (forte ou intenso);
- apesar da tarefa ter sido trabalhada em duplas, os alunos reclamaram a falta de tempo para resolver com calma as questões, ou ainda, que o roteiro poderia ter menos questões para ser resolvido no tempo determinado. Lembramos que a turma A desenvolveu a atividade em dois períodos (100 min), pois a professora de informática cedeu seu período, que seguia ao de Física. Já a turma B teve apenas um período para a realização da atividade, pois não foi possível utilizar o período que seguia ao de Física. Algumas duplas da turma B continuaram o trabalho durante o intervalo para o recreio. Acreditamos que o fator tempo possa ter influenciado a diferença, apesar de pequena, entre os resultados das avaliações das duas turmas;
- os estudantes reclamaram a dificuldade de ouvir e comparar os sons gerados pelo programa para responder às questões. Apesar do espaço físico do laboratório de Informática ser consideravelmente bom, o ambiente tornou-se barulhento, pois todas as duplas discutiam o roteiro e geravam sons, simultaneamente, em seus computadores.

#### 4.3 PARTICIPAÇÃO NO *TELEDUC*

As participações dos alunos nos *Fóruns de Discussão*, principalmente, e *Mural do TelEduc* não tinham caráter opcional e foram avaliadas quantitativamente pela professora regente das turmas, de acordo com o número de acessos dos alunos e relevância de suas participações no valor máximo de 1,0 ponto extra na média trimestral de Física. Muitos estudantes, entretanto, se opuseram ao uso obrigatório do *TelEduc* para discutir a matéria de aula através dos *Fóruns de Discussão*, e alguns deles registraram o desgosto no próprio *TelEduc*. Esse recurso computacional, já adotado anteriormente pela professora regente da disciplina, foi usado até o final do ano com o mesmo objetivo.

Apresentamos alguns dos registros feitos a respeito do *TelEduc*, respectivamente para as turmas A e B, durante o desenvolvimento do projeto deste mestrado.

##### 4.3.1 Registros a respeito do *TelEduc* da turma A

---

Segunda, 21/03/2005, 09:01:51  
Aluno 1

Eu estou adorando as aulas de Física!  
Espero que continue sendo legal assim até o fim do ano!  
Acho que temos bastante sorte em começar a estudar Física no ano mundial da Física!  
Confesso que eu não gosto muito do Teleduc, mas tento me acostumar a usá-lo!

---

Quinta, 07/04/2005, 16:51:12  
Aluno 2

Oi...Eu gostei das aulas de Física, mas elas poderiam ser mais discutidas fora do Teleduc!  
Espero que as aulas melhorem cada vez mais.

---

Sexta, 08/04/2005, 14:58:24  
Aluno 3

Eu gosto muito das aulas de Física mas eu também acho que elas tem que serem mais discutidas não só no Teleduc mas nas aulas também...

---

Segunda, 11/04/2005, 14:46:41  
Aluno 1

Bom, já falei que gostei muito das aulas de Física, mas repito, não gosto muito do Teleduc, achei que vocês são muito legais.

---

#### 4.3.2 Registros a respeito do *Teleduc* da turma B

---

Segunda, 21/03/2005, 08:12:53  
Aluno 1

Gostei do jeito da aula de segunda passada e até da proposta de se discutir assuntos no Teleduc.....também acho que deveria ter mais aulas para podermos um aprendizado forte e não estar precisando a outra semana para termos aula de novo.....  
Gostei muito das professoras.

---

Sexta, 01/04/2005, 18:55:10  
Aluno 2

Adorei as aula, realmente poderiam ser solicitados mais períodos de Física, só acho que ser "obrigada" a usar o Teleduc foi uma forma incorreta de chamar a atenção dos alunos.

---

Domingo,03/04/2005,17:18:24  
[Laura Rita Rui](#)

Oi Aluno 2

O Teleduc é uma ferramenta de aprendizagem e comunicação. O fato de usarmos o Teleduc não é devido a termos apenas um período na semana, pois de tivéssemos dois períodos o Teleduc também seria usado. Depois de adquirirmos o costume de usar o computador para aprender, como nos fóruns de discussão, torna-se prazeroso. É tudo questão de hábito.  
Um abraço

---

Sábado, 02/04/2005, 22:11:37  
Aluno 3

Oi sora, eu acho que vocês devem dar nota para os alunos que entram no Teleduc, porque tem muitos alunos que não estão entrando, eu queria saber se eles não estão ganhando nota ou é só a gente que entra?

---



Surpreendeu-nos a resistência da grande maioria dos estudantes em usar o computador para aprender Física, quer seja na atividade anterior com o programa *Construindo Sons* ou nos *Fóruns de Discussão* do *TelEduc*.

Notamos que os professores de algumas disciplinas levavam seus alunos aos laboratórios de Informática para a realização de pesquisas na rede mundial de computadores e preparação de *slides* para apresentação eletrônica de seus trabalhos, mas poucos adotavam a prática de *Fóruns de Discussão*. Talvez esse fato, aliado ao da exigência do uso de tal ferramenta partindo de uma professora que não pertencia ao corpo docente do colégio, agravasse o desgosto dos alunos que não estavam dispostos a usá-lo. Conforme o relato da professora regente das oitavas séries, que vem adotando o uso do *TelEduc* há algum tempo, tal resistência é uma constante em todo início de ano letivo.

Apesar dos estudantes reconhecerem, em muitos de seus registros, a importância das novas tecnologias para aprender em sala de aula, o computador pessoal é mais importante para eles como uma ferramenta de comunicação social no seu grupo etário (salas de bate papos e comunidades).

Mas, apreciando os registros feitos pelos alunos nos *Fóruns de Discussão* apresentados na seção 3.4, percebemos que os estudantes dispostos a aprender Física foram envolvidos e interagiram em discussões interessantes, muitas das quais sugeridas por eles mesmos. Sob esse ponto de vista, consideramos positivo o uso do *TelEduc* ao longo do curso, para as duas turmas.

#### 4.4 QUESTÕES SOBRE A AULA PRÁTICA COM INSTRUMENTOS MUSICAIS

Da mesma forma que nos pré e pós-testes, as questões sobre o estudo dos sons produzidos por instrumentos musicais (apêndice D), muito mais do que atribuir às respostas dos estudantes um valor quantitativo, serviram para avaliar nossa própria proposta de trabalho.

Apresentamos nas tabelas 4.4.1 e 4.4.2, as questões propostas para os estudantes e as suas respostas, respectivamente, para as turmas A e B.

Tabela 4.4.1: Questões e respostas sobre a prática com os instrumentos musicais da turma A.

Questões	Respostas
Qual a principal diferença física dos instrumentos musicais?	<i>O tamanho, a quantidade de cordas e a vibração; tamanho (4); alguns são de cordas, outros são de sopro e outros são de percussão (5).</i>
Como o som é produzido em cada um deles?	<i>Pela vibração das ondas sonoras; os de sopro, basta soprar que você faz o som; através de vibrações (3); pelo sopro e pela mão (3).</i>
Qual o meio de transporte usado pelo som?	<i>O ar, pois no momento em que formávamos a onda mecânica, o meio de transporte era ele, mas existem outros; ar (9).</i>
Então, o que é necessário para que o som exista?	<i>Vibração; um meio de transporte, pois o som é uma onda mecânica; soprar, bater, vibrar, etc; é necessário fazer vibrar (3); o ar (4).</i>
Os instrumentos musicais produzem sons iguais?	<i>Alguns sons são mais agudos e outros mais graves, alguns são irritantes e outros nos levam a meditar de tão leves que são; não, alguns são mais agudos e outros mais graves; não, porque muda a frequência; não (8).</i>
Quais instrumentos produzem sons graves?	<i>Os maiores (violoncelo, violão, etc); baixo e violoncelo; contrabaixo e baixo; os maiores (2); os de percussão (5).</i>
Quais instrumentos produzem sons agudos?	<i>Os menores (violino, flauta, etc); flauta, cavaquinho e ocarina; guitarra e flauta; os menores (2); os de sopro (5).</i>
O que é necessário para que um som seja mais forte?	<i>Intensidade e amplitude; que a corda esteja esticada; é necessário que manipulemos o instrumento com mais intensidade; mais energia (3); que ele seja mais intenso (4).</i>
O que é necessário para que um som seja mais fraco?	<i>Diminuir o comprimento de um instrumento de corda; menor amplitude; que manipulemos com menos intensidade; menos energia (3); que ele seja menos intenso (4).</i>
Por que, mesmo sem olhar qual instrumento musical está produzindo som, conseguimos identificá-lo?	<i>Pelo tipo de som; pelo seu som, seu tom; pois eles produzem sons diferentes; porque cada instrumento tem seu som (3); porque cada um produz um som com um timbre diferente (3)</i>
Por que não enxergamos o som?	<i>Porque o som se propaga por energia; pois precisamos usar energia e não conseguimos vê-la, e o som se propaga por ela; porque ele é uma onda, resultado de algo; porque é uma onda sonora; porque ele está no ar e é vibração; pois ele é feito de energia, e não a vemos (2).</i>

Tabela 4.4.2: Questões e respostas sobre a prática com os instrumentos musicais da turma B.

Questões	Respostas
Qual a principal diferença física dos instrumentos musicais?	<i>Tamanho, forma e modelo; o tamanho e o tipo; o tamanho e a quantidade de cordas; o tamanho e a forma (2); o tamanho e o som (2); o tamanho (7); alguns instrumentos são de cordas, outros de percussão (9).</i>
Como o som é produzido em cada um deles?	<i>Depende de cada instrumento: pandeiro (batido), violão e teclado (tocados), flauta (sopro); o som é produzido pela vibração das cordas, pelo sopro (pela passagem do ar) ou pelo movimento das mãos; no violão pelas cordas, na flauta pelo sopro e no tambor pela percussão; pela vibração das cordas, pelo sopro e pela percussão (2); com a vibração das cordas ou da passagem do ar (3); uns de sopro, alguns de corda e outros de percussão (6); pode ser por batidas, sopro, cordas (vibração) (9).</i>
Qual o meio de transporte usado pelo som?	<i>A matéria, as partículas do ar, no caso; a matéria-prima; através de ondas sonoras; as partículas do ar; compressão e rarefação (6); o ar (13).</i>
Então, o que é necessário para que o som exista?	<i>Vibrações que têm no ar; um meio de propagação e um objeto que produza o som, que vibre; de um instrumento; o sopro, ou tocar (vibração); vibrações que se movem pelo ar (3); é necessário ter um meio de propagação (4); vibração (12).</i>
Os instrumentos musicais produzem sons iguais?	<i>Sim, pois uns mais fortes e outros mais fracos; não, porque ele muda pelo tamanho das cordas, da força do sopro e instrumentos; não, dependem de vários fatores como seus tamanhos para variar os sons; não, porque muda a frequência (2); sim, mas alguns mais agudos ou mais graves (2); não, porque cada som tem seu timbre (3); não, porque variam de tamanhos e tipos (2); não, ele varia pelo tamanho do instrumento (2); não (8).</i>
Quais instrumentos produzem sons graves?	<i>Pandeiro e violino; os de maior tamanho, pois têm menor frequência; os de corda e percussão; quanto maior for o instrumento, mais grave o som fica (2); os maiores (4); violoncelo e contra-baixo (5); os maiores, como o contra-baixo entre outros (7).</i>
Quais instrumentos produzem sons agudos?	<i>Os menores como o monocórdio entre outros; os menores, com mais frequência; os que têm uma frequência maior; os de sopro; flauta, ocarina e gaita de boca (2); violino e flauta (2); quanto menor o instrumento, mais agudo o som fica (3); os menores (9).</i>
O que é necessário para que um som seja mais forte?	<i>A intensidade na qual tocamos e o tamanho do instrumento; a gravidade do som; o tamanho, a intensidade que tocamos, a vibração das cordas e batidas, dependendo do instrumento; uma batida mais forte; soprar com maior intensidade ou tocar mais forte (2); que a corda esteja mais esticada (2); maior amplitude (2); maior energia e amplitude (3); maior energia (3); o tamanho do instrumento e da corda e a intensidade com que tocamos (5).</i>
O que é necessário para que um som seja mais fraco?	<i>A intensidade que tocamos nele; instrumento de menor tamanho e pouca intensidade ao tocar; uma batida fraca; a agudez do som; menor energia e uma amplitude mais baixa; cordas menores (pequenas), instrumentos menores e a baixa força que é tocado (intensidade menor); soprar com menor intensidade (2); diminuir o comprimento da corda (2); instrumento e cordas pequenas e intensidade do toque menor (2); que a intensidade com que tocamos seja pequena (2); uma amplitude menor (3); menor energia (5).</i>
Por que, mesmo sem olhar qual instrumento musical está produzindo som, conseguimos identificá-lo?	<i>Pelo tom, nenhum som é igual ao outro; pela frequência do som; porque um é mais grave que o outro; pelo som; porque cada um deles tem seu timbre (19).</i>
Por que não enxergamos o som?	<i>Porque ele é energia; porque o som é uma onda e onda é energia; porque é ar e vibração; propaga-se pelo ar e nós não vemos o ar porque são minúsculas partículas; porque o som é causado pela vibração de um corpo; porque o som é somente uma onda, uma vibração, propagada pelo ar; porque o som não tem matéria (2); porque o som é uma onda e vibração, e nós não conseguimos enxergar nenhuma das duas (2); porque o som é uma onda sonora (mecânica) (2); porque é uma vibração no ar (4); som é uma onda e não transporta matéria (5).</i>

A aula prática com os instrumentos musicais foi particularmente muito divertida e integradora. Além de permitir que os estudantes demonstrassem suas habilidades musicais (principalmente com a flauta doce), a variedade de instrumentos, tanto no aspecto físico (forma e tamanho) quanto na maneira de produzir sons (cordas, batidas e sopro), permitiu a produção e percepção de sons bem diferenciados, favorecendo a discussão do timbre, além de exercitar as demais características dos sons (agudos e graves, fortes e fracos). Também foram retomadas discussões de aulas anteriores, como meios de propagação da onda sonora e energia.

A apreciação das respostas dos estudantes, de ambas as turmas, às questões sobre a prática com instrumentos musicais, mostra que esta atividade foi significativa para sua aprendizagem.

#### 4.5 TRABALHO DE CAMPO SOBRE A APLICAÇÃO DO ULTRA-SOM NA MEDICINA

A proposta do trabalho de campo proporcionou uma experiência inédita para os alunos da oitava série, principalmente quanto à responsabilidade de organizar-se, estudar o roteiro, contatar a clínica, apresentar-se aos funcionários e médicos e ter suas questões atenciosamente respondidas. Certamente são esforços bem difíceis de serem avaliados, principalmente num trabalho de campo sem a presença do professor. Mesmo que um grupo apresente um excelente trabalho, torna-se difícil avaliar o quanto cada componente colaborou para o grupo alcançar tal resultado.

Os grupos foram formados por sorteio e dessa forma, integraram-se alunos que anteriormente nunca haviam trabalhado juntos. Esse foi, talvez, o principal motivo para que dois grupos não entregassem o trabalho, já que, segundo relato dos componentes, não houve afinidade nem acordo sequer para o encontro inicial.

Para realizar este trabalho, os grupos, de no máximo cinco componentes, receberam material de estudo (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982 p. 239-249) e roteiro com questões (apêndice F).

Apresentamos os resultados quantitativos dessa atividade para as turmas A e B, respectivamente, nas figuras 4.5.1 e 4.5.2 e a comparação entre as médias das turmas na figura 4.5.3.

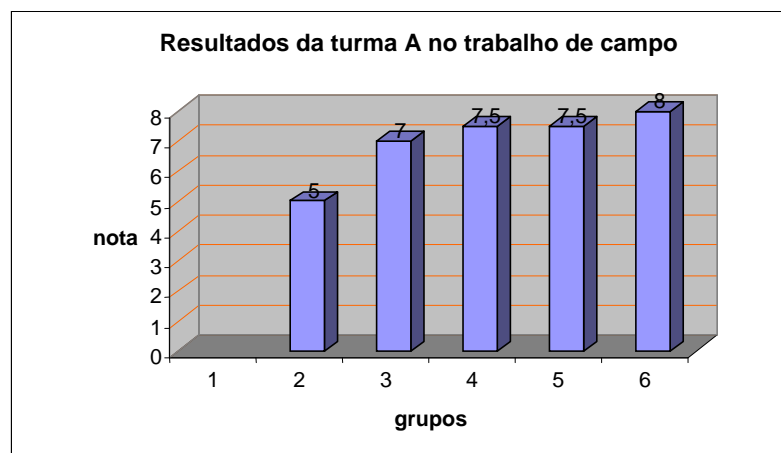


Figura 4.5.1: Resultados do trabalho de campo da turma A

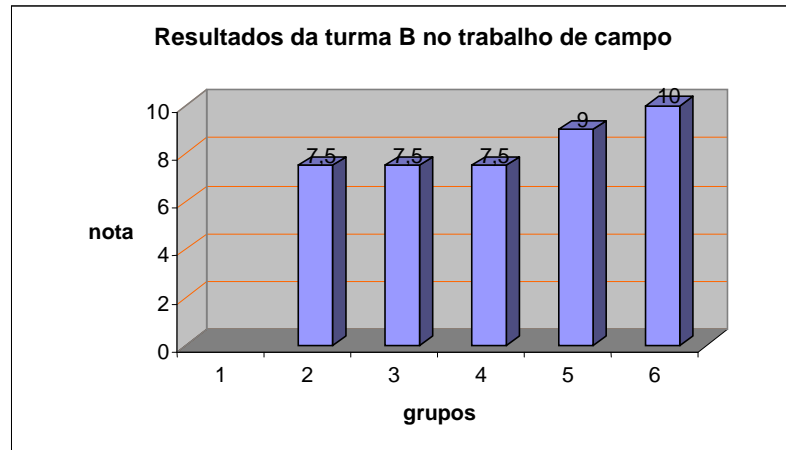


Figura 4.5.2: Resultados do trabalho de campo da turma B

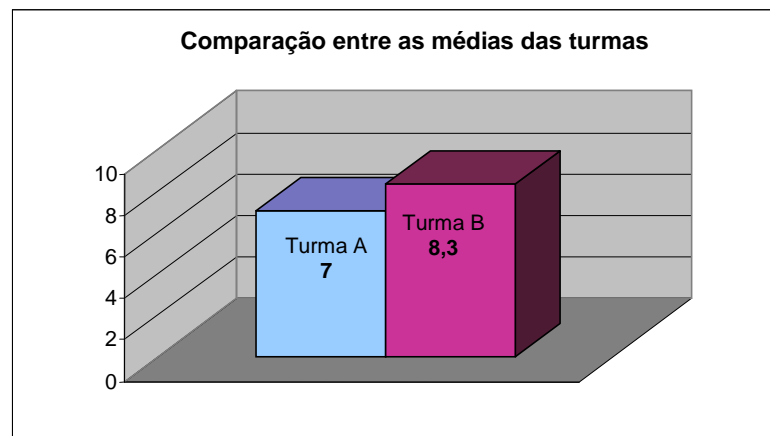


Figura 4.5.3: Comparação entre as médias das duas turmas

Analisamos com bastante rigor o relatório entregue pelos grupos, principalmente porque alertamos para a possibilidade de visitar mais de uma clínica, se julgassem muito sucintas ou inexpressivas as respostas às suas perguntas na clínica originalmente escolhida. Como mencionado anteriormente, este trabalho de campo exigiu muitas responsabilidades do grupo, uma das quais foi a própria crítica ao seu trabalho.

Destacamos que as diferenças entre os relatórios do trabalho de campo para os grupos que apresentaram a maior e a menor nota foi expressiva. O primeiro apresentou introdução com objetivos, identificação da clínica e do profissional que os atendera, fotos do aparelho de ultra-sonografia (inclusive com a presença de um dos componentes do grupo). Além disso, o grupo apresentou respostas a todas as questões propostas, apontando considerações relevantes, principalmente nas questões 8 e 16.

Já no relatório de menor nota não houve identificação da clínica, nem através do nome, nem da finalidade do ultra-som (diagnose ou terapia) e não foram respondidas sequer as questões mínimas propostas no roteiro. Muitas das respostas apresentadas não correspondiam em nada com a pergunta formulada e, de uma forma geral, suas respostas às questões foram de difícil leitura e

compreensão devido ao uso de termos técnicos médicos. Concluímos que, muito provavelmente, esse grupo não visitara nenhuma clínica e que suas respostas eram resultado de uma pesquisa na rede mundial de computadores.

#### 4.6 PROVA FORMAL

Os resultados da aplicação da prova formal, cujas questões constituem o apêndice G, estão apresentados nas figuras 4.6.1 e 4.6.2, respectivamente, para as turmas A e B. Na figura 4.6.3 está a comparação entre as médias das notas dessas duas turmas.

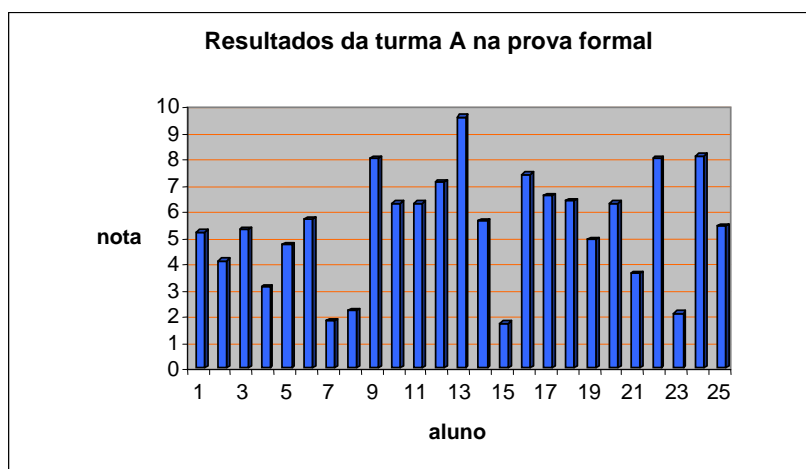


Figura 4.6.1: Resultados da turma A na prova formal

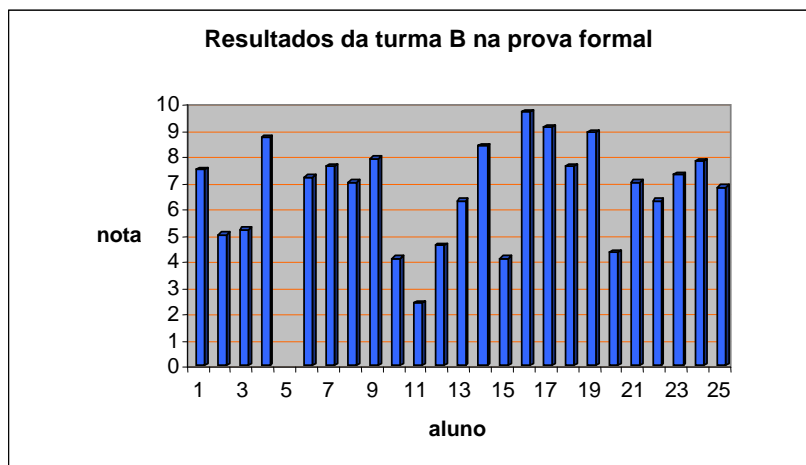


Figura 4.6.2: Resultados da turma B na prova formal

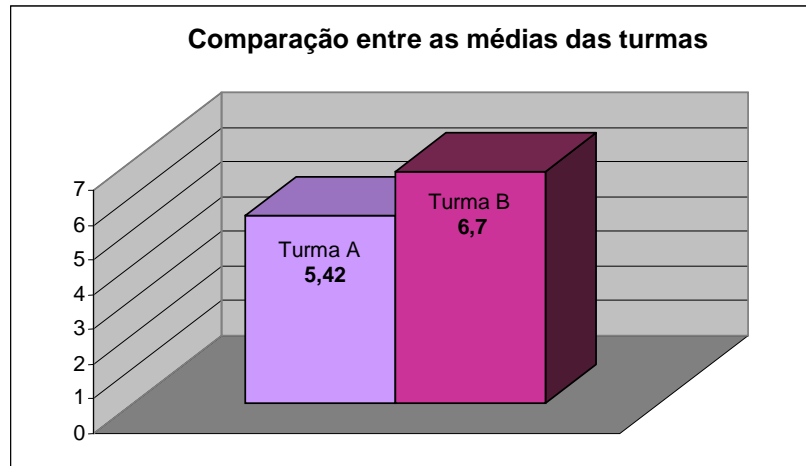


Figura 4.6.3: Comparação entre as médias das duas turmas

Consideramos baixas as notas dos alunos das duas turmas, principalmente a média da turma A. Como já citado no início deste capítulo, acreditamos que uma das causas desse resultado foi delegarmos aos estudantes a responsabilidade de adquirir e ler os textos de apoio dos assuntos tratados em aula e, apesar de tirarmos as dúvidas em sala de aula e via *TeIEduc*, não elaboramos nenhuma lista de exercícios de fixação. Além disso, os estudantes alegaram pouco tempo (50 minutos) para a realização da prova.

Mesmo com os resultados apresentados, acreditamos ter proporcionado aos nossos alunos um momento de aprendizagem através da prova formal.

#### 4.7 TRABALHO INTERATIVO COM A DISCIPLINA LÍNGUA PORTUGUESA – DISSERTAÇÃO

O último encontro trimestral com as oitavas séries foi marcado por um trabalho em forma de dissertação, cujo roteiro para os alunos fora elaborado em conjunto com a professora de Língua Portuguesa do Colégio La Salle Dores (apêndice H). Essa dissertação, um exercício de aula para a disciplina de Língua Portuguesa, foi mais um dos instrumentos de avaliação do curso em relação à disciplina de Física.

As tabelas 4.7.1 e 4.7.2 apresentam, respectivamente, para as turmas A e B, as quatro principais questões que envolviam a proposta da dissertação e os registros mais relevantes a respeito de cada uma delas.

Acreditamos que a elaboração dessa dissertação proporcionou aos estudantes um momento de reflexão que os remeteu às nossas primeiras aulas, quando tentamos definir o que é Física e onde ela atua. Além disso, os seus registros nos levaram a crer que ficou neles a impressão da Física não ser uma disciplina isolada das outras disciplinas, sem aplicações no dia-a-dia e, o que consideramos mais importante, muitos estudantes registraram seu desejo de continuar estudando Física.

Tabela 4.7.1: Registros relevantes nas dissertações da turma A.

Questões propostas na dissertação	Registros relevantes na turma A
De que forma as aulas de Física contribuíram para o seu conhecimento? Você acha que compreende um pouco melhor alguns fenômenos que acontecem no dia-a-dia?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A Física tirou muitas dúvidas, aquelas que se tem quando pequeno e ninguém sabe responder direito.</i></li> <li>• <i>As aulas de Física serviram para eu ver as coisas com outros olhos, prestar mais atenção nelas.</i></li> <li>• <i>Descobri muitas coisas, por exemplo, quando estou ouvindo música com o volume muito alto posso observar que o chão vibra, antes de aprender Física eu não poderia entender que com a vibração o som se propaga, e com isso meu vizinho também pode perceber que estou ouvindo música.</i></li> <li>• <i>As aulas de Física contribuíram para o meu conhecimento porque esclareceram algumas das dúvidas mais banais, mas que todos temos, como a história do raio e o trovão.</i></li> </ul>
De que forma a Física contribuiu para melhorar a qualidade de vida do homem?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Todos deveriam se interessar mais pela Física, pois explica muitas coisas e ajuda a desenvolver a humanidade... a tecnologia depende da Física: os remédios, a comunicação, o transporte, tudo depende da Física.</i></li> <li>• <i>Graças à Física, o ser humano se tornou capaz de entender o mundo – e por que não dizer? – o universo ao seu redor, utilizando-se apenas de seu intelecto.</i></li> <li>• <i>Na minha opinião, a Física não contribui para a melhor qualidade de vida do homem, ela apenas ajudou a ficar mais claras dúvidas que tínhamos.</i></li> <li>• <i>O homem possuindo conhecimentos científicos, pode aproximar-se de curas, descobrir fenômenos e até criar coisas, e assim chegar num mundo de soluções.</i></li> </ul>
As contribuições de cada um dos professores que participou das nossas aulas provam que a Física engloba todas as áreas de conhecimento? Dê exemplos de outras disciplinas que poderiam ter participado das nossas aulas e que contribuições poderiam ter trazido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A participação de outros professores não me surpreendeu muito, pois eu já sabia que a Física tem a ver com tudo... Acho que Matemática poderia ter ajudado nos cálculos de velocidade e História poderia ter participado contando a história do desenvolvimento da Física.</i></li> <li>• <i>Tendo começado a estudar Física este ano, eu me surpreendi ao descobrir que todas essas matérias possuem algo em comum com a Física. Afinal, foi incrível descobrir que até mesmo para descobrir as separações das notas musicais no violão, é necessária uma série de cálculos físicos.</i></li> </ul>
Após esse trimestre, que foi o seu primeiro contato com a Física, quais são as suas expectativas (impressões) sobre a disciplina? O que você tem a dizer sobre a Física?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Física é uma matéria muito legal, mas complicada... Eu ainda gostaria de aprender mais sobre o porquê das coisas. Ou melhor, o “porquê do porquê” das coisas, como: a eletricidade...por que os elétrons são cargas negativas, como descobriram a eletricidade e coisas do tipo.</i></li> <li>• <i>É uma matéria complicada, irritante várias vezes, mas muito mesmo interessante e eu estou gostando cada vez mais de saber um pouco sobre a Física.</i></li> <li>• <i>As minhas expectativas sobre a disciplina são que possamos aprender mais sobre o que ocorre no nosso corpo e o porquê de vários acontecimentos naturais.</i></li> <li>• <i>A Física é a disciplina que estuda os principais fenômenos que ocorrem em nosso planeta e fora dele, o que ocorre no espaço sideral. Eu espero que nos próximos trimestres estudemos outras áreas interessantes da Física.</i></li> <li>• <i>A Física é legal é bastante divertida, porém achei complicada na primeira impressão. Mas depois se tornou fácil e gostosa de trabalhar.</i></li> <li>• <i>Ao final deste trimestre, eu percebi o quanto a Física é importante e que o mundo atualmente não seria do jeito que é porque, afinal, Física é tudo e tudo é Física.</i></li> </ul>



Tabela 4.7.2: Registros relevantes nas dissertações da turma B.

Questões propostas na dissertação	Registros relevantes na turma B
De que forma as aulas de Física contribuíram para o seu conhecimento? Você acha que compreende um pouco melhor alguns fenômenos que acontecem no dia-a-dia?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pensava que a luz e o som fossem fenômenos naturais que não havia explicação, mas após o estudo das ondas, compreendi que não é bem assim.</i></li> <li>• <i>Física não é nada mais do que uma das chaves para compreender a vida, o cotidiano.</i></li> <li>• <i>Sem Física nós não iríamos entender muitas coisas que acontecem conosco como o sentido de escutar.</i></li> </ul>
De que forma a Física contribuiu para melhorar a qualidade de vida do homem?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A Física também contribui na segurança do trânsito: o cinto e o airbag só foram desenvolvidos através dos estudos da Física.</i></li> <li>• <i>O homem tem melhorado sua qualidade de vida através da Física, que abriu caminhos para muitas áreas, como na Medicina, que utiliza diversos aparelhos e métodos.</i></li> <li>• <i>Entendo que o homem e sua inteligência ainda estão em desenvolvimento, muitas coisas ainda estão para serem descobertas.</i></li> <li>• <i>A Física criou uma coisa indispensável para a nossa vida: a máquina.</i></li> </ul>
As contribuições de cada um dos professores que participou das nossas aulas provam que a Física engloba todas as áreas de conhecimento? Dê exemplos de outras disciplinas que poderiam ter participado das nossas aulas e que contribuições poderiam ter trazido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Acho que a Física engloba a maioria das áreas de nosso conhecimento, pois a Física está presente no nosso dia-a-dia; e existem matérias que se pode ligar a ela, alguma dessas matérias podem ser Educação Física, Química, Matemática entre outras.</i></li> <li>• <i>Disciplinas como História e Matemática poderiam ter dado contribuições excelentes. A História se encarregaria de nos informar sobre os primórdios da Física e a Matemática nos ajudaria a resolver cálculos relacionados com a Física, como o cálculo da velocidade.</i></li> <li>• <i>Todos professores ajudaram pelo menos um pouco, botando a matéria da Física junto com suas matérias, e nos ensinando um pouco mais. Isso demonstra que a Física engloba todas matérias, enquanto desenvolvemos a Física, desenvolvemos outras áreas de conhecimento ao mesmo tempo. Acho que poderíamos ter desenvolvido a Educação Física, para entendermos melhor a força que temos.</i></li> </ul>
Após esse trimestre, que foi o seu primeiro contato com a Física, quais são as suas expectativas (impressões) sobre a disciplina? O que você tem a dizer sobre a Física?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Consegui perceber que a Física é importante saber, pois está em nosso cotidiano. A maioria de nossos atos estão ligados a ela: quando caminhamos, andamos de carro, fazemos algum esporte, etc.</i></li> <li>• <i>Este foi o primeiro ano que tive contato com a Física, e a impressão que fica é muito boa. É uma matéria interessante, tem uma forte ligação com outras disciplinas. Este ano é o Ano Mundial da Física e por ser meu primeiro contato com ela, isso se torna um privilégio.</i></li> <li>• <i>O que concluí neste trimestre em um primeiro contato com a Física, foi que ela é muito importante nas nossas vidas e se formos reparar tudo ou quase tudo é Física. E sem Física quem sabe não estaríamos aqui ou quem sabe as coisas que temos hoje não estaríamos aqui.</i></li> <li>• <i>Aprendemos Física nesse trimestre de forma interessante, criativa e divertida. As aulas foram diversificadas, usando datashow, software e até instrumentos musicais.</i></li> <li>• <i>Acho que a Física é muito importante para a nossa "ficha" de conhecimento.</i></li> <li>• <i>Posso concluir, então, que a Física sempre fez parte da nossa vida, mas só agora consegui percebê-la. Espero poder descobrir e aprender, cada vez mais, coisas diferentes.</i></li> <li>• <i>Como esse é o primeiro ano que estudo a Física, foi muito mais interessante que outras matérias.</i></li> <li>• <i>Penso que a Física é uma das matérias mais interessantes a serem estudadas e acho que ainda tenho muito a aprender.</i></li> <li>• <i>Pelo que eu observei, a Física não é aquele "bicho de sete cabeças" como todo mundo fala. Na Física se estuda tudo que é necessário para a nossa vida.</i></li> </ul>

## 5 APLICAÇÕES DO PROJETO EM ENCONTROS E EVENTOS

O trabalho de pesquisa e produção de materiais para o projeto de mestrado oportunizou-nos, no período de Outubro de 2004 à Novembro de 2005, a participação em diversos encontros de ensino de Física, tanto para estudantes dos níveis fundamental e médio quanto para professores de Ciências e Física desses níveis.

Através dessas aplicações, tivemos oportunidade de apresentar o assunto – som e, conseqüentemente, ondas mecânicas – de maneiras variadas (ora priorizando a física experimental, ora priorizando a física teórica) e com enfoques diferentes (produção de sons em instrumentos musicais, produção e percepção de sons dos animais e a audição humana). Além disso, tivemos oportunidade de trabalhar com pessoas dos mais variados níveis (estudantes do Ensino Fundamental e Médio; professores de Biologia, Física e Música, e pessoas simplesmente interessadas em ciência de uma forma geral).

Comentamos a seguir, brevemente, os eventos nos quais participamos durante o período de produção desse trabalho de mestrado.

### 5.1 I SEMANA NACIONAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA UFRGS -18 A 23/10/2004.

Durante a I Semana Nacional de Divulgação Científica na UFRGS, promovida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, foi ministrado um curso sobre Som, para crianças moradoras de uma vila instalada ao lado do Planetário da UFRGS, a Vila Planetário.

Esse curso diferenciou-se muito do projeto aplicado, em relação ao ambiente de aplicação e ao público participante:

- o curso foi oferecido nas instalações e com os recursos do Planetário – as crianças eram acostumadas a usar o pátio do Planetário para seu lazer e a participar de observações astronômicas, mas não conheciam seu espaço interno e nunca tinham participado de um curso nesse local;
- a faixa etária dessas crianças foi de 9 a 13 anos, todas estudantes de escolas municipais de segunda à quarta séries.

Na verdade, além de oferecermos um primeiro contato com a Física para crianças “normalmente” abaixo da idade e série de estudar Física, nosso objetivo também era social: através da inclusão dessas crianças no interior do Planetário, procuramos mostrar a importância do espaço público e a necessidade de preservação das instalações, tanto do pátio quanto internas.

O trabalho realizado nesta I Semana Nacional de Divulgação Científica da UFRGS foi apresentado no **XVI SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física - de 24 a 28/01/2005** no Rio de Janeiro, em forma de painel intitulado *Ciência e Convivência Social: Planetário da UFRGS e Vila Planetário*.

O apêndice I contém cópia do trabalho aceito para publicação nas Atas do XVI SNEF e do painel exposto no evento.

## 5.2 I MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFRGS - 11 A 14/05/2005.

A participação na I Mostra de Pós Graduação da UFRGS ocorreu na forma de painel intitulado *Ensino de Física: Novos Paradigmas*, ainda durante a aplicação do projeto de mestrado nas turmas de oitava série do Colégio La Salle Dores.

Paradigma significa modelo, padrão. Através do painel, mostramos a nossa proposta de ensino de Física para a oitava série:

- um novo modelo de ensino de Física, não preocupado em introduzir os conteúdos formais de Ensino Médio (principalmente a Cinemática), mas sim, um modelo que busca resgatar os conhecimentos dos alunos em Ciências (por exemplo, audição humana e dos animais);
- apresentar as novas tecnologias como recurso para o entendimento da Física (programa computacional *Construindo Sons* e simulações computacionais) e de comunicação para troca de conhecimento (ferramenta *TelEduc*);
- investigar as aplicações fundamentais da Física no dia-a-dia como, por exemplo, na Medicina com o uso de ultra-sons em diagnósticos e tratamentos;
- uma incursão pela Física Moderna e a importância de Einstein para a Ciência, especialmente no ano de 2005, que foi o Ano Mundial da Física, comemorativo do centenário da publicação dos cinco trabalhos mais importantes de Albert Einstein e da Física Moderna.

O apêndice J contém o resumo do trabalho apresentado na I Mostra de Pós-Graduação da UFRGS e cópia do painel exposto no evento.

O resumo também pode ser acessado pela rede mundial de computadores no endereço <http://seberi.propesq.ufrgs.br/inova/catalogo/sub10/25762.html> .

## 5.3 APRESENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA ALUNOS DA DISCIPLINA DO CURSO DE LICENCIATURA EM BIOLOGIA - 08/06/2005.

Com o objetivo de mostrar que é possível o trabalho interdisciplinar entre Biologia e Física para estudantes de oitava série, apresentamos e discutimos, com licenciandos em Biologia matriculados na disciplina *Campo Profissional: docência*, ministrada pelo professor César Valmor Lopes da FACED/UFRGS, parte do nosso material sobre a produção/percepção de sons dos animais (apêndice E) e o painel sobre a audição humana (capítulo VI). Para a apresentação, usamos os recursos do auditório do prédio H (prédio 43.125 (1)) do Instituto de Física da UFRGS.

Os estudantes do curso de Licenciatura em Biologia dessa disciplina são, potencialmente, os futuros professores de Ciências e de Física/Química na oitava série do Ensino Fundamental.

Acreditamos, como Schroeder (SCHROEDER, 2005), que a Física possa fazer parte do Ensino Fundamental desde as séries iniciais. Mas é necessário que os professores de Ciências/Biologia dessas séries sejam capazes de produzir materiais significativos e, principalmente, que consigam fazê-lo de maneira interdisciplinar, relacionando a Física com as demais áreas de ensino. Mas isso é justificadamente difícil, da mesma forma como é difícil um licenciado em Física

ministrar aulas de Biologia. O fato é que, ainda hoje, o ensino de Física, Química e Biologia são totalmente dissociados nas escolas.

A tabela 5.3.1 (ANDRADE, 2005, p.14) relaciona instituições e cursos na região da grande Porto Alegre que habilitam professores para o Ensino Fundamental em Ciências.

É interessante observar que, em diferentes instituições de Ensino Superior, a habilitação para o Ensino Fundamental se dá ora em curso de Biologia, ora em Química ou em Física. Uma das instituições (FAPA) habilita professores de Ciências ao Ensino Fundamental através de um curso de licenciatura plena - habilitação em Matemática.

Tabela 5.3.1: Levantamento de cursos oferecidos em estabelecimentos de Ensino Superior

UNIVERSIDADE	ÁREA DE FORMAÇÃO		
	NOME DO CURSO/HABILITAÇÃO		
	BIOLOGIA	FÍSICA	QUÍMICA
PUC	Ciências Biológicas: habilita ao Magistério do Ensino Médio	Licenciatura em Física: habilita aos Ensinos Fundamental e Médio	Licenciatura Plena em Química: habilita ao Ensino Médio
ULBRA	Ciências-Biologia: habilita aos Ensinos Fundamental e Médio	Física: habilita ao Ensino Médio	Ciências-Química: habilita aos Ensinos Fundamental e Médio
UNISINOS	Ciências Biológicas: licenciado em Ciências Biológicas	Licenciatura em Física: habilita a lecionar Física no Ensino Médio e Ciências Físicas no Ensino Fundamental	Não oferece o curso
FAPA	Ciências Licenciatura Plena- Habilitação em Matemática: habilita professores de Ciências ao Ensino Fundamental e Matemática aos Ensinos Fundamental e Médio		
UNILASALLE	Ciências Biológicas: habilita aos Ensinos Fundamental e Médio	Física: habilita ao Ensino Médio	Química: habilita aos Ensinos Fundamental e Médio
UFRGS	Ciências Biológicas: habilita aos Ensinos Fundamental e Médio	Física: habilita ao Ensino Médio	Química: habilita aos Ensinos Fundamental e Médio

#### 5.4 I JORNADA DE TRABALHOS DO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MPEF) - 08/07/2005.

Durante a apresentação oral feita neste evento, foram descritas, brevemente, as atividades desenvolvidas no Colégio La Salle Dores durante o projeto de mestrado. A Jornada de Trabalhos do MPEF oportunizou a interação entre os colegas e professores desse mestrado, dando-nos uma visão dos trabalhos em andamento, além de ouvir as críticas e opiniões em relação ao assunto,

metodologia e produto de mestrado de que trata esta dissertação. O apêndice K contém os *slides* apresentados na Jornada.

#### 5.5 OFICINA MPEF PARA PROFESSORES DE ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO - 14/07/2005.

Por ocasião do estudo das escalas e instrumentos musicais com o auxílio da professora Maria Teresinha Xavier Silva, coordenadora dos Laboratórios de Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS, surgiu a oportunidade de socializarmos tais estudos na forma de uma oficina intitulada *A Física em Instrumentos Musicais*, com carga horária de 4 horas, voltada à produção de sons a partir de instrumentos musicais nada convencionais, mas de baixo custo e apropriados para a discussão da Física que envolve as ondas sonoras e suas propriedades. A maior parte dos equipamentos apresentados nessa oficina foram construídos após extensa pesquisa em revistas internacionais de ensino de Física e na rede mundial de computadores, onde a professora Maria Teresinha Xavier Silva buscou referência para a construção da maior parte dos equipamentos utilizados na oficina, construídos no próprio Laboratório de Ensino de Física, pelo técnico Renato Divam Silveira de Souza, sob sua orientação.

A oficina objetivou, principalmente, sugerir para professores de Física e de Música uma aula prática com materiais fáceis de construir e de baixo custo. Entretanto, o público foi bem variado: professores de Física, um dos quais músico; uma coordenadora pedagógica e estudantes do Ensino Médio, que tocavam algum instrumento e/ou buscavam formação complementar para o vestibular.

Uma variedade de equipamentos (sopro, corda, elástico, barras de alumínio, pêndulo, tubos e programas computacionais para simulações) permitiu-nos a produção de uma gama significativa de sons e, conseqüentemente, a discussão sobre vários conceitos físicos associados às ondas sonoras (propagação, frequência, amplitude, comprimento de onda, ressonância, timbre e velocidade do som).

Na preparação dessa atividade, fizemos leituras em diversos volumes da revista *The Physics Teacher*. Cópias dos artigos selecionados foram distribuídas aos participantes. As referências bibliográficas de tais artigos seguem ao título das demonstrações, além de outras referências consultadas.

Relacionamos, a seguir, os aparatos usados na oficina, acompanhados de uma breve discussão sobre cada um deles.

##### 5.5.1 **A Sereia de Seebeck** (PAULI, 1980)

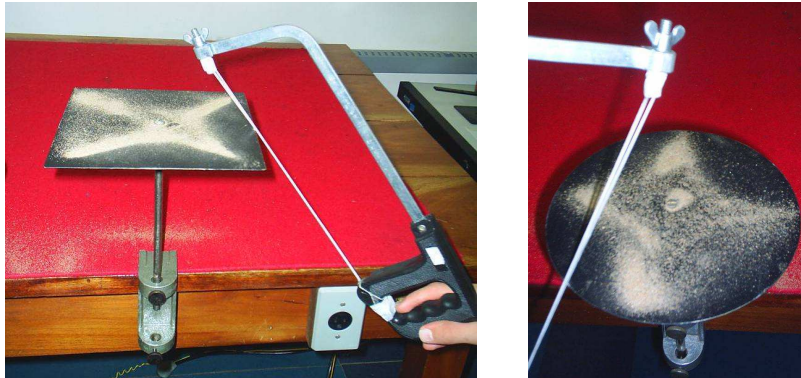


É constituída de um disco regularmente perfurado em circunferências concêntricas em relação ao centro do disco. Uma manivela permite girar o disco e, soprando com um canudinho perpendicularmente a esses furos, é possível produzir som.

Esse aparato foi o primeiro a ser discutido, pois com ele torna-se fácil verificar que o som tem origem em perturbações que se propagam no ar. Neste caso estas perturbações são diferenças de pressão geradas pela passagem/interrupção de fluxo de ar através dos furos.

Girando o disco a uma dada velocidade e soprando a diferentes distâncias do centro do disco, nota-se que o som fica mais agudo ou mais grave, dependendo do número de furos por circunferência. Isso nos permite facilmente introduzir o conceito de frequência de uma onda sonora.

### 5.5.2 As placas de Chladni (PITRE, 1996; GASPAR, 2000)



Esse aparato constitui-se de placas metálicas (alumínio ou aço), nas formas circular e quadrada, sustentadas pelos seus centros, que são postas a vibrar através de um arco de instrumentos de corda. Uma leve camada de areia é colocada sobre a placa. No nosso experimento, utilizamos, como arco de corda um arco de serra (onde a serra propriamente dita foi substituída por cordas de náilon fortemente esticadas).

Atritando o arco de náilon em algum ponto da borda da placa com areia, toda a placa passa a vibrar em um dos seus modos característicos de vibração, agitando a areia sobre ela. Na placa, existem pontos de maior e menor vibração, como se fossem, respectivamente, os ventres e os nós de uma onda estacionária. Portanto, a areia vibra acompanhando o modo de vibração da placa, sendo “expulsa” das regiões de maior vibração e se acumulando nos pontos de menor vibração. O resultado é a visualização de figuras geométricas de areia sobre a placa.

Podemos mudar a posição dos pontos de maior e menor pressão se segurarmos firmemente em algum ponto da borda da placa, impondo que um nó (nesse caso linha nodal) exista naquele ponto. Dessa forma observaremos figuras geométricas diferentes da anterior.

### 5.5.3 As hastes cantantes (LAPP, 1997)

Hastes metálicas de diferentes materiais, comprimentos e diâmetros, quando são atritadas longitudinalmente com os dedos resinados (sujos com pó de breu), emitem sons de frequências diferentes.

O breu serve para aumentar o atrito entre os dedos e a haste, o que possibilita gerar uma considerável vibração no sentido longitudinal da barra. Também podemos fazê-las vibrar segurando-as na vertical e batendo-as no chão.

Nas hastes, geramos ondas longitudinais estacionárias que possuem ventres em suas extremidades e que obedecem à relação  $v = \lambda \times f$ , onde  $v$  é a velocidade de propagação do som no metal (por exemplo,  $v = 5000 \frac{m}{s}$  no alumínio),  $\lambda$  é o comprimento de onda e  $f$  é a frequência do som produzido.

Devemos observar que se  $L$  é o comprimento de uma haste que admite comprimentos de onda  $\lambda$  com ventres nas duas extremidades,  $L = n \frac{\lambda}{2}$ , onde  $n = 1, 2, 3, \dots$  é o possível número de nós da onda sonora na haste.

Se a haste é atritada segurando-a pelo meio, apenas ondas que possuem um nó nesse ponto podem ser geradas. Portanto, fica fácil concluir que o som gerado na haste é composto por um conjunto de frequências dadas por  $f = n \frac{v}{2L}$ , sendo  $n = 1, 3, 5, \dots$

### 5.5.4 “Pianinhos” de hastes cantantes



Os “pianinhos” são conjuntos de hastes cantantes de alumínio de diferentes comprimentos e fixas nos seus centros.

Ao serem esfregadas com os dedos resinados, uma após a outra, escutamos a escala musical dó, ré, mi, fá, sol, lá, si, dó.

Para conseguirmos gerar uma determinada nota musical (frequência) em uma haste de comprimento  $L$ , segura por seu centro, o comprimento necessário é calculado pela equação  $L = \frac{v}{2f}$ .

Na construção do pianinho menor, foto acima à esquerda, usamos  $v = 5000 \frac{m}{s}$  para a velocidade de propagação do som no alumínio e  $f = 4186 Hz$ , correspondente à frequência do último dó do piano (BLACKWOOD et al, 1956), como sendo a primeira nota musical (a mais grave) do pianinho. Logo, o comprimento da haste, para que tal nota seja produzida, é dado por:

$$L = \frac{5000}{2 \times 4186} \cong 0,60m$$

A última nota musical (a mais aguda) do pianinho, tem o dobro da freqüência da primeira, ou seja,  $f = 8372Hz$ . Pela relação matemática, o comprimento de haste necessário para que tal freqüência seja emitida deve ser a metade do comprimento de haste da primeira nota do pianinho.

#### 5.5.5 Segure a onda (PINKSTON, 1981)

A análise de ondas transversais em hastes não é simples. A relação entre a freqüência e o comprimento  $L$  da haste é  $f = A \frac{v}{L^2}$ , onde o fator  $A$  depende da forma e da dimensão do perfil da haste e também dos pontos por onde a haste é apoiada e  $v$  é a velocidade de propagação de ondas transversais. No caso de ondas longitudinais, como vimos anteriormente, a relação é do tipo  $f = \frac{v}{2L}$ . Agora, como o objetivo é visualizar uma onda transversal estacionária em uma haste, é necessário que esta seja fina e bem comprida – usamos uma haste de alumínio de meia polegada de diâmetro (1,27 cm) e 2,2 m de comprimento.

Outra observação considerável para produzir ondas transversais em hastes é que os nós da onda transversal, que possui um ventre na região central, não estão a  $0,25L$  da extremidade da haste, e sim a  $0,224L$ .



Então, para produzir uma onda estacionária transversal em uma haste, basta segurá-la verticalmente em um ponto a  $0,224L$  de uma de suas extremidades e fazê-la vibrar (usamos um martelo de borracha). A seguir, com a outra mão, se segura a haste também a  $0,224L$  de sua outra extremidade. Finalmente, posicionando-se a haste na horizontal, a onda transversal é visualizada com ventres nas extremidades e no meio, e nós a  $0,224L$  de cada uma das extremidades.

O som produzido não é audível, pois a freqüência da onda transversal produzida na haste de alumínio utilizada é de aproximadamente 15 Hz, ou seja, é um infra-som.



### 5.5.6 A onda pendurada (CAVALCANTE, 2005)

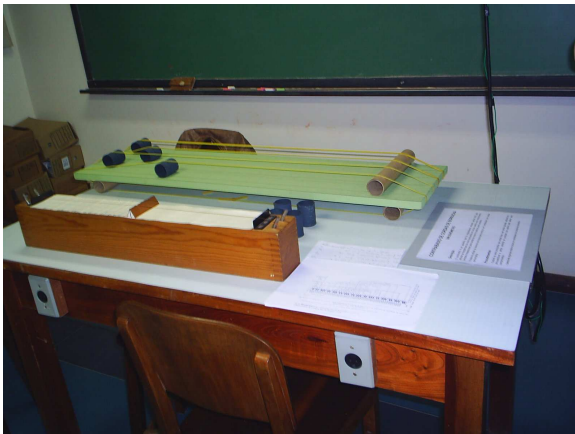
Este procedimento experimental foi sugerido pela professora Marisa Almeida Cavalcante, do Grupo de Pesquisa em Ensino de Física (GoPEF) da PUC/SP, na oficina *Novas Tecnologias no Ensino de Acústica* realizada no XVI SNEF, disponível em <http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa>.

Prende-se uma das extremidades de um barbante, de aproximadamente 1,5 m de comprimento, a um massagedor à pilha. À outra extremidade do barbante, amarra-se uma massa, cujo peso tensionará o barbante.

O massagedor vibra em sua frequência, transmitindo-a ao barbante preso a sua estrutura. Enrolando-se o barbante em torno do massagedor, pode-se variar seu comprimento. A tensão no barbante também pode ser alterada, variando-se a massa suspensa na sua outra extremidade.

Assim, é possível obter a formação de ondas estacionárias no barbante, variando o seu comprimento e/ou a sua tensão, e discutir a relação dessas variáveis com os números de ventres e de nós observados no barbante.

### 5.5.7 O sonômetro (<http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/acu20.htm> e PAULI, 1980)



O sonômetro (em primeiro plano na foto) consiste numa caixa de ressonância à qual está presa, sobre dois cavaletes fixos, uma corda metálica (de violino ou de violão) e um cavalete móvel, sobre o qual a corda fica apoiada entre os cavaletes fixos.

Podemos variar as frequências produzidas na corda apertando ou afrouxando os parafusos que a mantêm esticada (tensão), ou através da variação do seu comprimento em vibração, mudando a posição do cavalete móvel que está em contato com a corda.

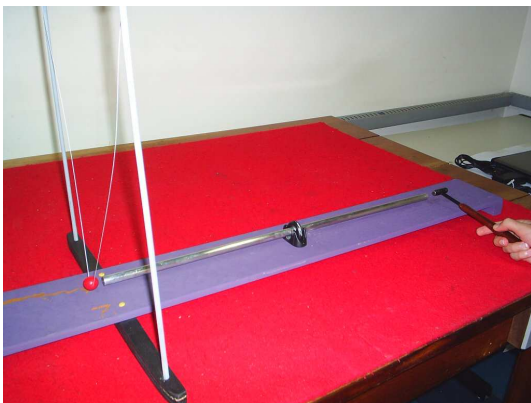
O sonômetro permite-nos identificar, em uma corda, o som fundamental ou primeiro harmônico, o segundo harmônico, o terceiro harmônico, etc, e ainda discutir as escalas musicais, facilitando a compreensão da relação entre as frequências das notas com os comprimentos de corda que são postos em vibração. Também discutimos a escala pitagórica e a escala atualmente usada, comparando as diferenças entre essas duas escalas através de marcações feitas, no sonômetro, para representar a escala pitagórica e as marcas existentes no braço de um violão (escala atual).

### 5.5.8 O baixo de borracha

A idéia da construção desse aparato (em segundo plano na foto do item anterior) surgiu através do vídeo intitulado *Física em Instrumentos Musicais*, do Projeto aulas de Física em vídeo-cassete com patrocínio do Conselho de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Esse vídeo foi realizado pela Oficina Instrumental UAKTI, que apresenta e toca uma variedade de instrumentos musicais alternativos, dentre os quais o baixo de borracha, comentando as propriedades físicas do som produzido por tais materiais.

O baixo de borracha é constituído por quatro argolas de borracha (garrote) de diferentes diâmetros (que fazem o papel de cordas do instrumento) colocadas, sob tensão, em torno de uma tábua de madeira (que serve como base). Quatro pequenos pedaços de cano PVC funcionam como cavaletes móveis e um único cano de PVC, colocado junto a uma das extremidades da tábua, representa um cavalete fixo. As frequências dos sons produzidos ao percutir as “cordas” mudam de acordo com o lugar em que colocamos os cavaletes móveis e conforme mudamos as tensões das “cordas”, procedimento que consiste em afrouxá-las ou esticá-las (o atrito das borrachas com as bordas da tábua garante a manutenção da tensão). O baixo de borracha assemelha-se ao sonômetro, em relação às possíveis mudanças de variáveis.

### 5.5.9 Quem empurra a bolinha?... O som (GREENSLADE Jr., 1979)



Uma bolinha pendurada por uma corda de náilon, como um pêndulo, é colocada encostada em uma das extremidades de uma barra metálica fixada horizontalmente, por seu centro, a uma base.

Com um martelinho, batemos na outra extremidade livre da barra e observamos que a barra soa e a bolinha “salta” e passa a fazer oscilações com amplitudes, às vezes, crescentes em relação à oscilação anterior. Isto demonstra que a onda estacionária responsável pela produção do som na barra é longitudinal e, com um ventre na extremidade da barra, é capaz de transferir energia para a bolinha quando ela bate na barra. O efeito fica mais visível se, depois da bolinha começar a oscilar, mantivermos a intensidade da onda sonora batendo periodicamente na barra em momentos em que a bolinha estiver no ar, afastada da outra extremidade.

### 5.5.10 Há música no ar (PIZZO, 1986; GASPAR, 2000)



Tubos de PVC de certos comprimentos e com as duas extremidades abertas reforçam, dentre as inúmeras freqüências que compõem o ruído do ambiente, apenas as freqüências que entram em ressonância no seu interior, que são as freqüências naturais das configurações de ondas estacionárias que o tubo admite. Podemos perceber o som da principal freqüência reforçada por um determinado tubo aproximando o ouvido de uma de suas extremidades.

Quanto maior o tubo, maior o comprimento de onda da onda fundamental que ele admitirá e, conseqüentemente, menor a freqüência da onda estacionária reforçada no tubo (mais grave será o som percebido).

Podemos determinar, por exemplo, qual comprimento de tubo possibilita que escutemos uma nota lá da nossa escala musical, ou seja, qual o comprimento de tubo que possibilita que freqüências de 440 Hz ( $n = 1$ ), 880 Hz ( $n = 2$ ), 1320 Hz ( $n = 3$ ), etc, entrem em ressonância no interior do tubo.

Sabe-se que, em um tubo de comprimento  $L$  com as duas extremidades abertas, há formação de ondas estacionárias com ventres nas extremidades e, portanto, tais ondas têm comprimentos de ondas dados por  $\lambda_n = \frac{L}{2n}$ , onde  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Note-se que para  $n = 1$ , tem-se o modo fundamental ou 1º harmônico, que é o de maior intensidade no tubo.

Assim, substituindo essa relação na equação  $v = \lambda \times f$  e considerando a velocidade de propagação do som no ar igual a  $340 \frac{m}{s}$ , pode-se facilmente determinar o comprimento do tubo para

o modo fundamental ( $n = 1$ ) de cada nota musical que se quer selecionar, ou seja,  $L = 2 \frac{v}{f}$ .

Então, para escutarmos uma nota lá da nossa escala musical, usando-se  $f = 440$  Hz, por exemplo, o tubo de PVC deve ter comprimento:

$$L = 2 \times 1 \times \frac{340}{440} \cong 1,545m$$

5.5.11 **Programas *Construindo Sons*** (<http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/sons/index.html> ) e **Spectrogram versão 6** (<http://www.visualizationsoftware.com/gram/> esse endereço disponibiliza atualmente a versão 11)

Com o intuito de inserir novas tecnologias no ensino de Física e, também, para nos auxiliar nas discussões, usamos dois programas computacionais.

O programa *Construindo Sons* foi usado para o estudo de algumas propriedades das ondas sonoras. Por ser um recurso audiovisual (podemos “ver” a onda sonora e escutar o seu som), torna fácil entender o “efeito” da mudança da amplitude e frequência no som. Mas também é possível utilizar o programa para combinar sons simples de modo a produzir sons complexos como, por exemplo, fazer um acorde somando as notas dó, mi e sol.

O *Spectrogram* que é um recurso audiovisual para análise de espectros sonoros (intensidade x frequência). Esses espectros sonoros, captados com o auxílio de um microfone, determinam a frequência predominante no som produzido ou ruído ambiental. Usamos esse recurso para a análise do espectro sonoro das barras de alumínio, exercitando o cálculo da velocidade de propagação do som na mesma.

O programa possui também um programa gerador de sinais, que permite aumentar a vibração de uma corda (ligada ao auto-falante do microcomputador e tensionada por um peso suspenso numa roldana), gerando ondas estacionárias conforme a frequência ajustada.

## 5.6 6º SALÃO DE EXTENSÃO DA UFRGS - 31/08/2005.

A oficina *Música e Física em “hastes cantantes”, sonômetro e outros instrumentos musicais* foi apresentada no 6º Salão de Extensão da UFRGS onde exploramos, com um público de nove pessoas (estudantes do Ensino Médio e professores de Física e de Música), as mesmas práticas realizadas na oficina MPEF para professores de Ensinos Fundamental e Médio.

## 5.7 SEMINÁRIO DE FÍSICA PARA PROFESSORES E ALUNOS DE ENSINO MÉDIO - 17/11/2005.

Por ser 2005 o Ano Mundial da Física, a Câmara Municipal de Porto Alegre organizou uma série de palestras para professores e alunos de ensino básico, na tarde de 17/11/2005.

Neste evento, apresentamos parte da oficina *A Física em Instrumentos Musicais* (seção 5.5), discutindo a Física na produção, propagação e percepção dos sons, conforme o interesse do público. Estavam presentes uma turma de oitava série e sua professora, uma turma de Ensino Médio e seu professor e um músico interessado em Física.

## 5.8 I ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA (I EEEFIS) - 24/11/2005.

Participamos do I Encontro Estadual de Ensino de Física, ocorrido no Instituto de Física da UFRGS, com a apresentação oral do trabalho intitulado *Um recurso didático para o ensino de Física, Biologia e Música*. Na ocasião, apresentamos uma versão preliminar do painel sobre a audição humana, justificando sua produção e objetivos a serem alcançados.

A apresentação no I EEEFis representou uma oportunidade de ouvir as críticas e as opiniões do público presente – professores e colegas do MPEF e professores de Física de Porto Alegre e de

outras regiões. Dessa forma, pudemos fazer uma avaliação da aceitação e necessidade desse produto de mestrado para a melhoria das aulas de Física nos ensinos Fundamental e Médio.

O apêndice M contém uma cópia dos slides da apresentação oral no I EEEFis. O painel sobre a audição humana é o mais importante dos produtos deste projeto de mestrado, juntamente com o texto produzido para melhor entendimento e exploração do recurso, tanto para professores das áreas de Ciências, Biologia, Física e Música, quanto para estudantes. O painel e o texto são apresentados integralmente no capítulo seguinte.

## **6 PAINEL A FÍSICA NA AUDIÇÃO HUMANA E TEXTO COMPLEMENTAR**

Dentro da proposta do projeto deste mestrado de inserir o estudo do som na oitava série a partir da vivência diária dos estudantes, resgatando também os conhecimentos já adquiridos em Ciências nas séries anteriores, o estudo da percepção dos sons por pessoas e animais, principalmente através do sistema auditivo, surgiu naturalmente em todas as discussões.

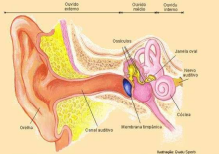
Durante a aplicação do projeto, observamos também que o estudo do processo da audição humana, apresentado em forma de painel através do projetor multimídia, continha todos os fenômenos físicos discutidos nas atividades que havíamos programado para o projeto e, por isso, nossas discussões seguidamente nos remetiam a ele. Assim, concluímos que a produção de um painel que explorasse conceitos físicos através do processo da audição humana, poderia ser um recurso didático facilmente utilizado em sala de aula por professores de Física e de outras disciplinas. Entretanto, pela complexidade do assunto produzimos também um texto de estudo sobre o sistema auditivo, que complementa as informações contidas no painel. Embora este texto ainda esteja longe de dar conta de toda a complexidade do assunto, certamente contém bem mais informações do que as encontradas nos livros didáticos de Física e de Biologia para o ensino básico. Além disso, dificilmente as escolas de ensinos fundamental e médio, principalmente as públicas, têm no seu acervo bibliográfico livros que tratem desse assunto com a profundidade que o fizemos. Esse texto, na sua forma final, traz mais conteúdos do que o apresentado durante as atividades do projeto, pois avaliamos ser importante produzir um material visando não somente as necessidades deste projeto de mestrado, mas que pudesse ser usado por professores de Ensino Médio e para o seu próprio aperfeiçoamento.

A seguir apresentamos o painel, em tamanho A4, e o texto complementar, na seção 6.1. Finalizando este capítulo, estão os comentários finais a respeito dos produtos deste projeto de mestrado.



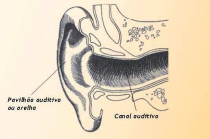
# A FÍSICA NA AUDIÇÃO HUMANA

O sistema auditivo ocupa aproximadamente 17 cm e está bem protegido no fundo do osso temporal, que é o mais duro do corpo. Esse minúsculo órgão acumula as funções da audição e manutenção do equilíbrio do corpo.



## O Ouvido Externo

Pavilhão auditivo e Canal auditivo



O pavilhão auditivo é constituído de cartilagem revestido de pele. Sua função - coleta de ondas, alças e vibrações, desenvolve a força de captar sons e encaminhá-los ao canal auditivo mediante reflexos - como se fosse um funil.

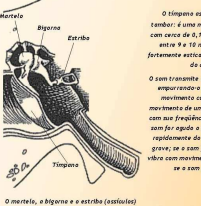
O canal auditivo, que estende-se por aproximadamente 2,5 cm, tem pele e cerne que agem como tímpano, protegendo o ouvido de entrada de água e de areia. É através do canal auditivo que as ondas sonoras são concentradas, também por reflexões, e invadem o tímpano.



O tímpano aproxima-se a um tambor: é uma membrana elástica com cerca de 1 mm de espessura e entre 9 e 10 mm de diâmetro - fortemente esticada e presa aos ossos do crânio.

## O Ouvido Médio

Tímpano, Martelo, Bigorna e Estribo



O martelo, o bigorna e o estribo (ossoídeo) estão confinados numa pequena câmara de ar, pressionados menos de 55 mg e nenhum chega a medir 1 cm de comprimento.

O estribo é a menor peça do corpo humano, e a sua função é aproximadamente a metade da largura do arca.

O martelo está apoiado sobre o tímpano e o estribo está ligado à cóclea através da janela oval.

Mesmo que as ondas sonoras que pressionam o tímpano sejam fracas, o tímpano sofre apenas oscilações microscópicas, insuficientes para transmitir o energia de onda sonora ao ouvido interno, onde ocorre efetivamente o processo da audição.

Os ossinhos agem como alavancas e amplificam a pressão de onda sonora e tímpano em torno de 25 vezes.

A pressão - força dividida pela área - na janela oval pode tornar-se maior do que a pressão no tímpano, em (1) a força sobre a janela oval for maior do que a força no tímpano, ou (2) se a área da janela oval for menor que a área do tímpano.

Os ossículos do ouvido médio: as estruturas chamam-se alavancas e aumentam o deslocamento no nível da janela oval e do tímpano. Observe, no filme vídeo, e observe como as ondas de membrana transmitidas.

Na janela oval e no tímpano existem dois músculos que evitam que as batidas muito fortes sejam transmitidas ao ouvido interno, dependendo do nível e do tempo de tempo. Este é chamado de reflexo do tímpano, que evita o excesso de movimento e o excesso de alavancas e o excesso de janela oval.

A tuba de Eustáquio, que liga o faringe ao ouvido médio, permite o equilíbrio na pressão do ar existente à pressão do ouvido médio e evita o aumento da pressão atmosférica. Isso resolve o problema de desconforto causado pela mudança de altitude nas viagens.

## O Ouvido Interno

Cóclea e Labirinto



O ouvido interno é formado pela cóclea - que é o ponto do sistema auditivo responsável pela transformação do som em estímulos elétricos, e pelo labirinto - que mantém o equilíbrio do corpo.

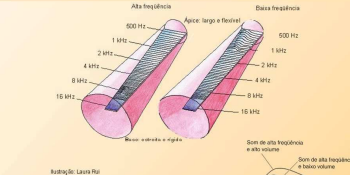
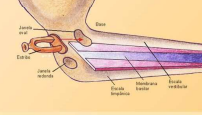
A cóclea, ao lado em corte transversal, é aproximadamente da forma de uma espiral e consiste de um canal (base espiral), dividido (incompletamente) por duas membranas que se encontram separadas, formando duas escalas vestibular, que é mais alta e mais profunda.

A janela média contém um líquido chamado perilympo, se as escalas vestibular e timpânica são preenchidas com este líquido.

Esses líquidos são formados por H<sup>2</sup>O em diferentes concentrações: a endolímpo tem altas concentrações de K<sup>+</sup> e baixas de Na<sup>+</sup> e o perilympo tem altas concentrações de Na<sup>+</sup> e baixas de K<sup>+</sup>.

Na cóclea, a pressão que o estribo faz sobre a janela oval, é imediatamente transmitida à janela oval e provoca as ondas vestibular e timpânica, atuando a janela oval, que se abala e para fora em repouso e em pressão. Essas escalas se comportam como um único sistema hidrodinâmico, pelo fato de estarem conectadas na janela da cóclea por um líquido chamado helicospira (Observe a figura detalhada de cóclea descompressiva). A transmissão integral da pressão do perilympo, que é um líquido incompressível, através das escalas é explicada pelo Princípio de Pascal.

As escalas média e timpânica são separadas pela membrana basilar. Esta é particularmente importante por dois motivos: é sobre ela que estão os órgãos sensoriais de audição - os órgãos de Corti, e é na membrana basilar que os sons agudos e graves são distinguidos.



As diferenças de pressão resultantes, através da divisão coclear entre as duas escalas vestibular e timpânica, são responsáveis pela transformação do som em estímulos elétricos, e pelo labirinto - que mantém o equilíbrio do corpo.

De toda a estrutura auditiva, os órgãos de Corti são os mais desenvolvidos e sensíveis, além de ser mais longos.

Esses possuem milhares de células ciliadas e desdobramentos. Essas células ciliadas e desdobramentos das células ciliadas são responsáveis pela transmissão das vibrações mecânicas da janela da janela interna em impulsos elétricos e enviam estes impulsos aos neurônios auditivos no galânglio espiral.

Quando ocorre parte parcial de células ciliadas, o aparelho auditivo pode ser utilizado para amplificar o som. Um caso de parte parcial de células ciliadas pode ser recomendado o implante coclear. Qual é a diferença entre um aparelho auditivo e o implante coclear?



A membrana basilar transmite os movimentos aos estereocílios das células ciliadas internas e externas de maneira diferenciada: os estereocílios das células ciliadas externas movem-se de acordo com o deslocamento da membrana basilar (dentado à esquerda da membrana basilar) e as estereocílios das células ciliadas internas movem-se de acordo com a velocidade da endolímpo.

O processo de geração do sinal elétrico inicia-se justamente quando os estereocílios se curvam devido ao movimento da membrana basilar e da endolímpo, dentro e fora da cóclea, e o movimento do sistema nervoso auditivo para dentro da cóclea ciliada.

Na janela oval há cerca de 30 milhões de células ciliadas, estimadas em número de 25.000 a 50.000. Elas são unidas mecanicamente, processando e transmitindo as informações sobre frequência, intensidade e timbre do som, ao cérebro. É através da análise que os sons ficam sentidos para nós.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Núcleo Profissional em Física  
Lauri Rêis Bui (lauri@ufrgs.br)  
Dr. Maria Helena Steffan (maria.steffan@ufrgs.br)

Instituto de Física





## 6.1 TEXTO COMPLEMENTAR A FÍSICA NA AUDIÇÃO HUMANA

### 6.1.1 Introdução

A Física explica boa parte do funcionamento do nosso corpo através da Biofísica que, segundo Durán,

*... como área de conhecimento interdisciplinar, tem estado em constante evolução nas últimas décadas, porque pesquisas e estudos mais recentes na ciência da vida levam a novos questionamentos. Na biofísica são estudados em escala macroscópica e microscópica os fenômenos físico-biológicos que envolvem organismos vivos e, em nível molecular, os comportamentos resultantes dos vários processos da vida, além da interação e da cooperação entre os sistemas altamente organizados de macromoléculas, organelas e células. Os pré-requisitos para seu estudo são conhecimentos fundamentais de física, biologia, química... (DURÁN, 2003)*

Ouvir é um dos cinco sentidos humanos e para que uma pessoa escute, uma gama considerável de eventos precisa acontecer: um som audível deve ser produzido, deve haver um meio para que esse som se propague e atinja o seu aparelho auditivo, este deve funcionar e transmitir as informações do som (frequência, amplitude, timbre) para o nervo auditivo. Este último, por sua vez, deve conduzir tais informações, via células auditivas, para o encéfalo que interpretará o som. É um longo caminho que perpassa muitos fenômenos físicos.

O pianista clássico e compositor, J. M. Wisnik apresenta sua definição de som no seu livro *O som e o sentido – uma outra história das músicas*:

“Sabemos que som é onda, que os corpos vibram, que essa vibração se transmite para a atmosfera sob a forma de uma propagação ondulatória, que o nosso ouvido é capaz de captá-la e que o cérebro a interpreta, dando-lhe configurações e sentidos”.(WISNIK, 1999)

Para haver som, é necessário fazer vibrar um meio. Muitas vezes podemos sentir ou até mesmo ver essas vibrações: coloque os dedos sobre a garganta e sinta as suas cordas vocais vibrarem enquanto você fala ou perceba a vibração de um diapasão que, depois de perturbado, é mergulhado em água.

A vibração se propaga pelo ar através das partículas que o formam, gerando zonas de maior e menor pressão, respectivamente zonas de compressão e rarefação, num movimento de vaivém, pois o meio é elástico. Logo, as partículas do meio não se transmitem junto com o som pelo ambiente, o que se propaga é a energia de vibração que deu origem ao som.

Mas atenção: todo som gera uma vibração no meio pelo qual se propaga, mas nem toda vibração produz som audível para nós. Ou seja, existem sons que não podemos ouvir.

Por experiência diária, sabemos que quando a intensidade do som (popularmente conhecida como volume) é baixa, ou seja, o som é fraco, temos dificuldade de ouvir. Essa dificuldade de ouvir sons fracos (ou de volume baixo) depende de pessoa para pessoa, aumentando muito na velhice.

Mas também os nossos ouvidos não têm capacidade de perceber sons com frequências muito baixas - abaixo de 20 Hz (os infra-sons), ou frequências muito altas - acima de 20.000 Hz (os ultra-sons). Por isso dizemos que a faixa de frequências de sons audíveis para o homem está entre 20 e 20.000 Hz. Mas isso também pode variar de pessoa para pessoa, pois o limite superior da

audição humana declina com o envelhecimento. Esse processo é chamado presbiacusia (JOURDAIN, 1997).

O ouvido humano é dividido em três partes – os ouvidos externo, médio e interno, sendo que ocorrem processos mecânicos no ouvido externo e médio, e processos mecânicos e elétricos no ouvido interno. Isso explica também porque o ouvido interno é o mais complexo de todos, ligado diretamente ao encéfalo pelo nervo auditivo. É importante ressaltar que o encéfalo faz parte do sistema auditivo, já que é ele que decodifica os impulsos elétricos gerados no ouvido interno. Sem o encéfalo os sons não teriam sentido para nós.

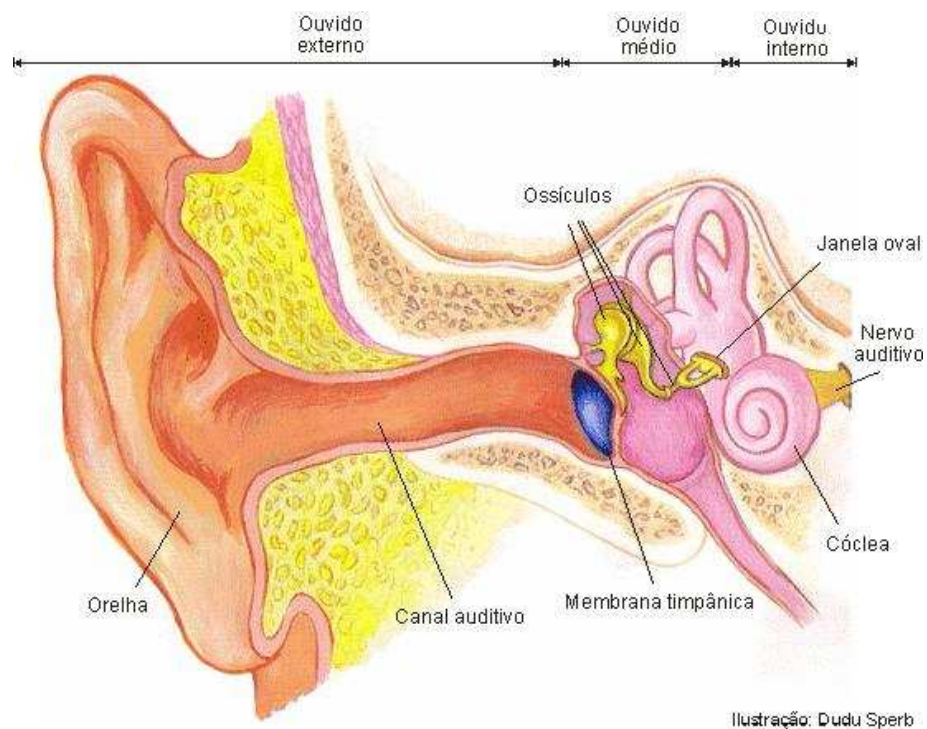


Figura 1: O ouvido humano e suas estruturas divididas em três partes: ouvidos externo, médio e interno.

### 6.1.2 O ouvido externo

O ouvido externo é formado pelo pavilhão auditivo ou orelha, e pelo canal auditivo.

O pavilhão auditivo é constituído de cartilagem revestida de pele. Seu formato (cheio de curvas, sulcos e elevações) age como um funil, ajudando as ondas sonoras a se concentrarem no canal auditivo mediante reflexões.

O canal auditivo - que se estende por aproximadamente 2,5 cm, tem pêlos e cera que agem como filtros, protegendo o ouvido da entrada de sujeira do exterior. É através do canal auditivo que as ondas sonoras são concentradas por reflexões e levadas até o tímpano, já no ouvido médio.

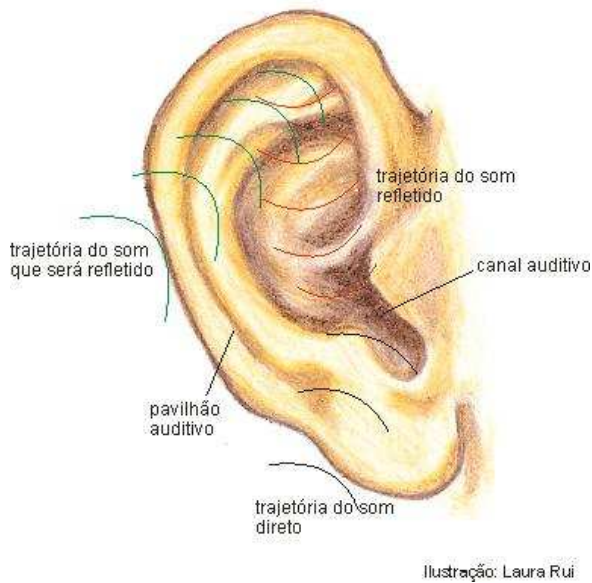


Figura 2: O som pode entrar pelo canal auditivo de maneira direta, ou ser refletido pelo pavilhão auditivo, cujo formato é essencial para que ocorram essas reflexões.

As diferenças entre o tempo do som que chega diretamente e o som refletido pelo pavilhão auditivo é percebido sutilmente e muda conforme a posição ou o movimento da fonte de som. Isso faz com que localizemos as fontes de som.

Para entender melhor a importância do pavilhão auditivo na captura dos sons, faça a seguinte experiência:

- corte um papelão em forma de um quadrado, grande o suficiente para cobrir toda a sua orelha;
- faça um orifício pequeno (um pouco maior que o tamanho de uma ervilha) no centro do quadrado de papelão;
- encoste o quadrado de papelão na sua orelha e perceba a diferença de escutar um som com o quadrado de papelão e sem ele.

O pavilhão auditivo pode variar muito nas diversas classes de animais, dependendo dos hábitos e necessidades de sobrevivência. Na verdade, apenas os mamíferos possuem pavilhão auditivo e, em algumas espécies, ele é realmente fundamental.



Figura 3: O feneco, de hábitos noturnos, tem os pavilhões auditivos gigantes devido a duas razões importantíssimas para sua sobrevivência: captar os sons menos intensos de suas presas na escuridão do deserto e ajudar na dissipação do calor corporal - função vital para animais que vivem em climas muito quentes. STEVENS et al, 1969.

Sem dúvida, os morcegos têm o mais eficiente sistema para captar sons de todos os animais. Apesar de existirem muitas famílias de morcegos, todos dependem da localização de sons para a sobrevivência. Os morcegos orientam-se e localizam a caça funcionando como o sonar de um navio.

Eles emitem ultra-sons que são refletidos pelos objetos, ou seja, eles se localizam por ecos: a **ecolocalização**.

Vôo visando alimentação	Duração aproximada do estalido	Frequência do estalido emitido
Durante a procura do alimento	até 2,5 ms	100 a 25 kHz
Durante a aproximação	até 1,5 ms	70 a 25 kHz
Durante a captura	até 0,5 ms	90 a 7 kHz

Tabela 1: Os morcegos emitem o som em forma de pulsos ultra-sônicos ou estalidos, que podem variar de 7.000 Hz a 100.000 Hz e durar de 1 ms a 5 ms, dependendo se o animal estiver voando para se alimentar ou para desviar de obstáculos pequenos ou perto do solo. Observe os valores aproximados dos sons emitidos pelos morcegos nas três etapas da caçada ao alimento. DURÁN, 2003.

Na verdade, animais como os golfinhos e as baleias emitem e percebem ultra-sons e infra-sons também. Os elefantes emitem sons de chamamento para os indivíduos de seu grupo que chegam a aproximadamente 15 Hz. As baleias emitem infra-sons entre 6 e 16 Hz. Os infra-sons são ondas mecânicas de grande alcance, ao contrário dos ultra-sons.

“Como o som se propaga na água a  $1\,500 \frac{m}{s}$ , pelo sistema de ecolocalização, em 2 s, uma baleia pode “ver” objetos situados a 1 500 m de distância”. (DURÁN, 2003) Costuma-se dizer que as baleias criaram a primeira rede mundial de comunicação à distância, sem precisar de computadores!

### 6.1.3 O ouvido médio

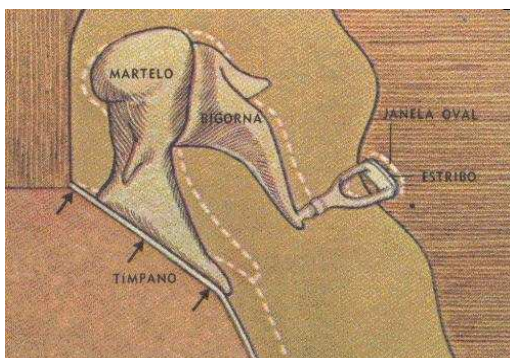


Figura 4: A participação do ouvido médio começa quando as ondas sonoras atingem o tímpano fazendo-o vibrar, e termina quando o estribo pressiona a janela oval, já no ouvido interno. STEVENS et al, 1969.

O tímpano assemelha-se a um tambor: é uma membrana elástica, com cerca de 0,1 mm de espessura e entre 9 e 10 mm de diâmetro, e fortemente esticada. Quando o som atinge o tímpano, a energia associada à perturbação do ar (meio em que o som se propagava) é transmitida à membrana timpânica, fazendo-a vibrar de acordo com a frequência e amplitude do som que a atingiu. Se o som for agudo, o tímpano vibra mais rapidamente do que se o som fosse grave; se o som for forte (alta

amplitude), o tímpano vibra com movimentos maiores do que se o som fosse fraco (baixa amplitude). Na verdade, o som empurra e puxa o tímpano, num movimento contínuo, já que as ondas sonoras são formadas por regiões de compressão e rarefação das partículas do ar. Essas perturbações do tímpano são transmitidas, via ossículos, à janela oval num movimento de pistão.

Mesmo que os sons que pressionam o tímpano sejam fortes, o tímpano sofre apenas movimentos microscópicos. Esses movimentos não são suficientes para estimular o órgão de Corti (parte mais importante em todo o processo da audição, já no caracol do ouvido interno, que é preenchido completamente por líquidos). Para que as vibrações das ondas sonoras atinjam eficientemente o ouvido interno, estimulando o órgão de Corti, o som é amplificado ainda no ouvido médio por um conjunto de ossículos: o martelo, a bigorna e o estribo.

Mas por que o nosso ouvido não é feito de modo que o som pressione diretamente a janela oval?

O fato é que o ouvido interno está preenchido completamente por líquidos (a perilinfa e a endolinfa) e não por ar. É necessária uma pressão maior para fazer vibrar um líquido do que para fazer vibrar o ar e são os ossículos os responsáveis por tal amplificação.

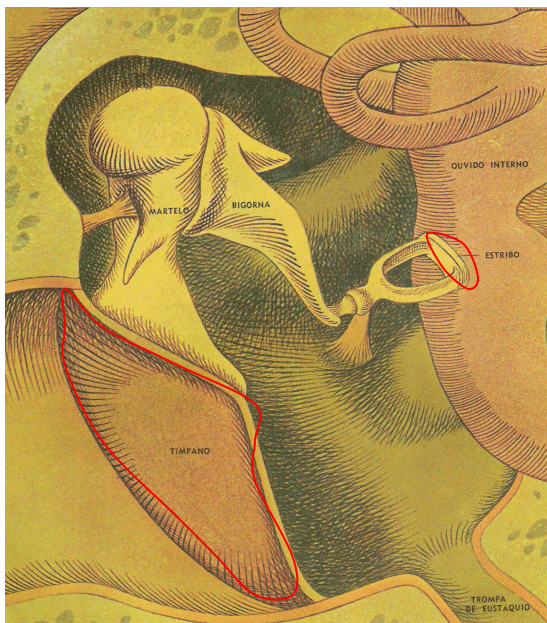


Figura 5: A pressão - força dividida pela área - na janela oval pode tornar-se maior do que a pressão no tímpano se:

- (1) a força sobre a janela oval for maior do que a força no tímpano, ou
- (2) se a área da janela oval for menor que a área do tímpano.

Mas acontecem as duas coisas: os ossículos atuam como alavancas e aumentam a força na janela oval e a área da janela oval é muito menor que a área do tímpano. (Observe, na figura ao lado, as diferenças entre as áreas demarcadas em vermelho). STEVENS et al, 1969.

Considerando que o estribo tem aproximadamente o diâmetro de um grão de arroz, 2 mm, e lembrando que o tímpano tem cerca de 10 mm de diâmetro, podemos estimar suas áreas:

$$\text{Área de um círculo: } 2 \times \pi \times \left(\frac{\text{diâmetro}}{2}\right)^2$$

$$\text{Área do tímpano: } 2 \times 3.14 \times \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 2 \times 3.14 \times 5^2 = 2 \times 3.14 \times 25 = 157 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área do estribo: } 2 \times 3.14 \times \left(\frac{2}{2}\right)^2 = 2 \times 3.14 \times 1^2 = 2 \times 3.14 \times 1 = 6.28 \text{ mm}^2$$

Concluimos que a área do estribo é, aproximadamente, 25 vezes menor do que a área do tímpano ( $\frac{157}{6.28} = 25$ ), por isso a pressão que o estribo faz sobre a janela oval é aproximadamente 25 vezes maior que a pressão que o tímpano faz sobre o martelo! É por isso que dizemos que os ossículos amplificam os sons.

Mas o que acontece com os ruídos que já chegam ao tímpano muito intensos e não podem ser ainda mais amplificados, sob pena de danificar o sistema auditivo?

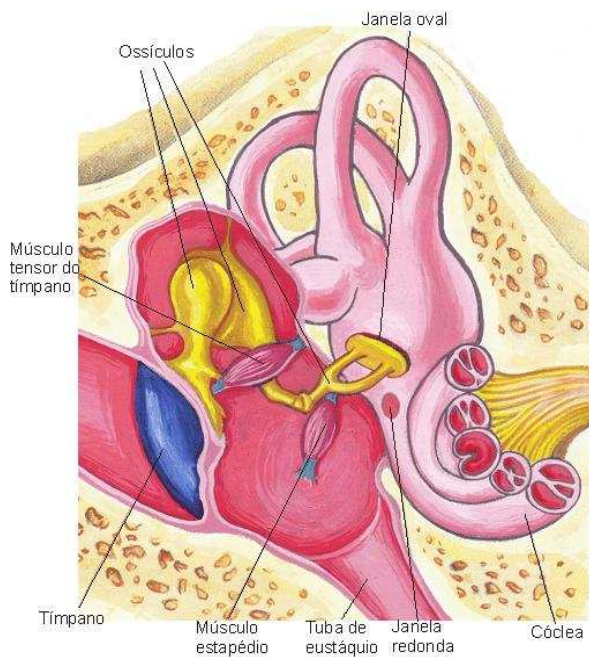


Ilustração: Dudu Sperb

Figura 6: Dois músculos, que estão juntos ao crânio, enrijecem e diminuem o movimento dos ossículos à medida que a intensidade do som aumenta (observe-os na figura 6). Um deles, o músculo tensor do tímpano, liga o osso da cavidade do ouvido médio ao martelo e retém o tímpano, reduzindo sua capacidade de vibração. O outro, o músculo estapédio, afasta o estribo da janela oval, que é o ponto de contato com o ouvido interno.

Quando esses músculos se contraem, acionados por um som muito forte como em festas ou shows, ocorre o chamado reflexo de atenuação. Após um tempo de exposição, esse reflexo fica “saturado” e quando saímos para longe do som, ouvimos um zumbido constante (tinido). Mas o reflexo de atenuação ocorre entre 50 e 100 milissegundos após o som ter alcançado o ouvido; esse retardo de tempo possibilita que haja prejuízo ao ouvido interno, principalmente se o som for repentino e muito intenso, como por exemplo, uma explosão. *A atenuação do som é muito maior em baixas do que em altas frequências* (BEAR et al, 2002).

A intensidade ( $I$ ) é uma propriedade física do som e está associada à energia de vibração da fonte sonora. A onda sonora transporta essa energia, distribuindo-a em todas as direções do espaço. A uma dada distância da fonte sonora, quanto maior for a potência  $P$  (energia por unidade de tempo) da fonte, maior será a intensidade do som. Para obter a intensidade  $I$  é preciso levar em conta também a área  $S$  perpendicular à direção de propagação da onda sonora. Matematicamente  $I = \frac{P}{S}$ ,

cujas unidades no Sistema Internacional de unidades é watt por metro quadrado  $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ .

A menor intensidade de som que o ouvido humano pode ouvir é da ordem de  $10^{-12} \frac{W}{m^2}$ . Já a maior intensidade suportável situa-se em torno  $1 \frac{W}{m^2}$ .

Usa-se uma unidade especial para expressar essa grande variação de intensidades percebidas pelo ouvido humano: o bel (B). O significado dessa unidade é o seguinte: dois sons diferem de 1B quando a intensidade de um deles é 10 vezes maior (ou menor) que a do outro, diferem de 2B quando essa intensidade é 100 vezes maior (ou menor) que a do outro, de 3B quando ela é 1 000 vezes maior (ou menor) que a do outro, e assim por diante. Na prática, usa-se o decibel (dB), que corresponde a 1/10 do bel (UFRGS, Concurso Vestibular 2002).

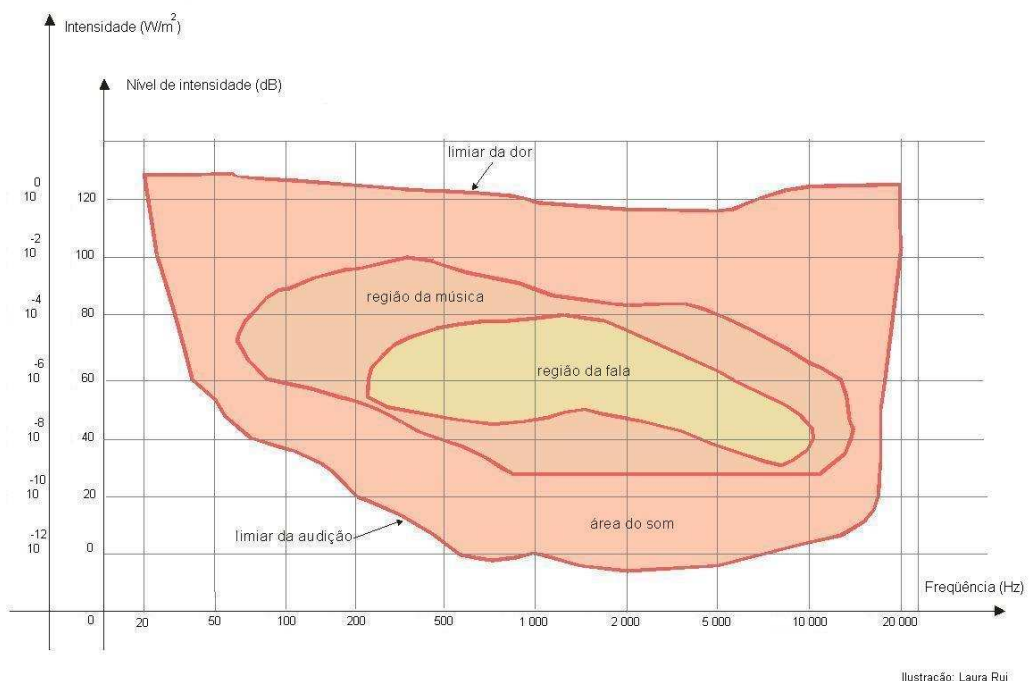


Gráfico 1: Para o intervalo de freqüências de 20 a 20.000 hertz, os limites da audição humana: sons com intensidade em torno de 1dB mal podem ser ouvidos; uma conversação normal gira em torno de 60 a 70 dB; acima de 100 dB causam desconforto e intensidades em torno de 120 dB causam dor.

O gráfico mostra que a sensibilidade auditiva não é a mesma para todas as freqüências: quanto mais grave for o som, maior a intensidade necessária para percebê-lo. Por outro lado, a sensibilidade aumenta muito para os sons com freqüências em torno de 1 800 hertz. Mesmo sons com nível intensidade cerca de 0dB  $\left(10^{-12} \frac{W}{m^2}\right)$  podem ser percebidos nessa faixa de freqüências.

Devemos levar em conta que o gráfico apresenta os valores relativos e não absolutos da intensidade, nível de intensidade e freqüências de sensibilidade da audição humana. Conforme citado anteriormente, a sensibilidade varia de pessoa para pessoa, e um dos fatores pode ser a idade:



quanto maior a idade menor a sensibilidade para ouvir os sons de maior frequência, e o nível de intensidade sonora deve aumentar para que um som seja percebido pelo ouvido.

“Em média, a frequência máxima que uma pessoa de 45 anos pode ouvir é da ordem de 12 kHz. O nível mínimo de intensidade sonora de uma nota, por exemplo, de 4.000 Hz, deve ser, em média cerca de 10 dB mais intenso para uma pessoa de 45 anos do que para uma de 20”. (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982)

A contínua exposição a sons muito intensos por um determinado tempo – acima de 80 dB, pode causar danos irreversíveis ao sensível órgão de Corti, causando doenças graves tais como neurose, insônia e, conseqüentemente, queda de produtividade física e mental.

A Legislação Brasileira, na Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho Portaria 3214/78, estabelece os limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes (com equipamento de proteção): 85 dB para uma exposição máxima de 8 horas por dia e 115 dB para uma exposição máxima de 7 minutos por dia. A legislação também prevê que uma exposição contínua a ruídos superiores a 85 dB pode causar perdas permanentes de audição e, apenas 5 dB acima disso (90 dB), exige que o tempo de exposição seja reduzido à metade (4 horas). Esses limites nos fazem perceber que os danos à audição não dependem somente da intensidade do ruído, mas também do tempo de exposição.

Em geral, sons agudos e intensos causam lesão no ouvido interno e podem causar lesões no ouvido médio (ossículos) e sons graves e intensos podem não causar lesão, mas há perda de discriminação de frequências graves necessárias para entender a fala humana.

Quando ocorrem grandes variações na pressão atmosférica, a tuba de eustáquio (figura 6) que liga o ouvido médio à faringe através de uma válvula, que normalmente está fechada, se abre permitindo entrada ou saída de ar.

Durante a descida dos aviões, ou viagens com subida ou descida de serras, muitos passageiros sentem desconforto no ouvido justamente pela mudança na pressão atmosférica: quando nos dirigimos a regiões de maior altitude, a pressão atmosférica diminui. Durante viagens com mudança de altitude, é possível que a pressão atmosférica exterior fique diferente da pressão interna no ouvido médio, causando desconforto. Uma leve tosse pode igualar essa diferença de pressão, fazendo com que uma quantidade de ar entre ou saia do ouvido médio através da tuba de eustáquio, aumentando ou diminuindo a pressão neste e igualando-a assim à pressão atmosférica.

### 6.1.4 O ouvido interno

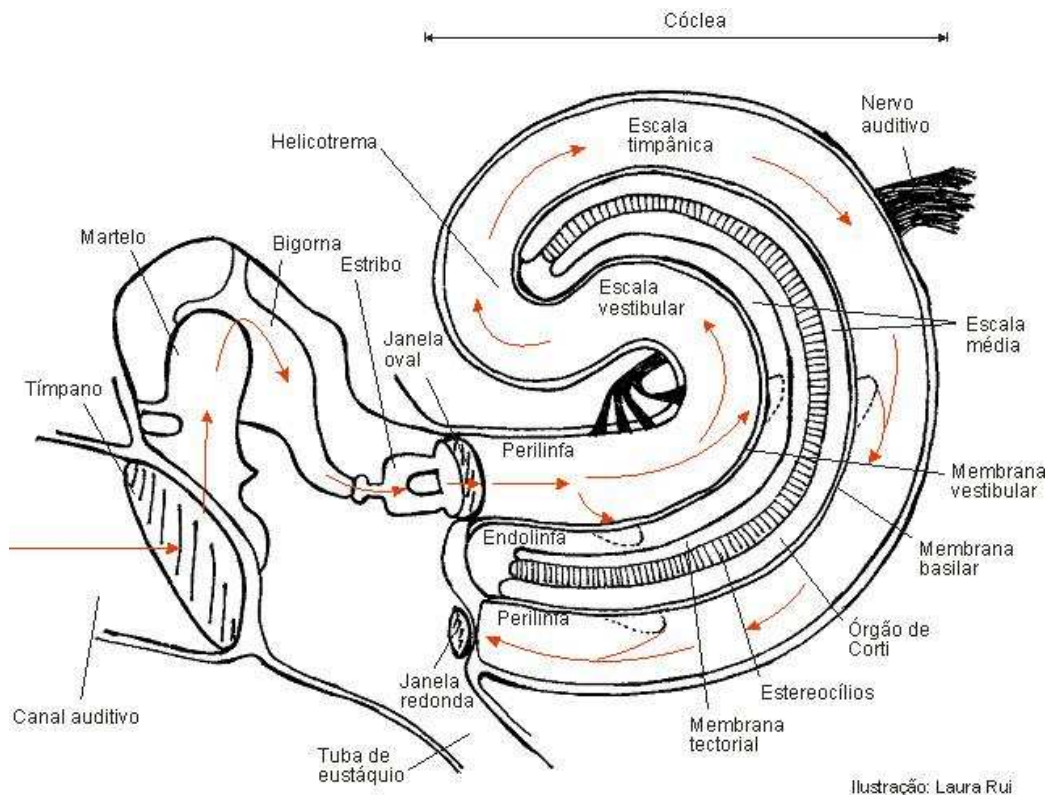


Figura 7: As estruturas que formam o ouvido interno.

O ouvido interno é formado pela cóclea - que é parte do sistema auditivo responsável pela transformação do som em sinal neural, e pelo labirinto - que nada tem a ver com a audição, apenas com a manutenção do equilíbrio do corpo.

A cóclea é aproximadamente do tamanho de uma ervilha e consiste de um canal ósseo espiralado, dividido (incompletamente) por finas lâminas ósseas em três canais separados, chamados de escala vestibular, escala média e escala timpânica, totalmente preenchidas por líquidos.

As escalas vestibular e timpânica se comportam como um único sistema hidrodinâmico pelo fato de estarem conectadas no ápice da cóclea por um orifício chamado helicotrema (figuras 7 e 9). A transmissão integral da pressão da perilinfa, que é um líquido incompressível, através dessas escalas é explicada pelo Princípio de Pascal.

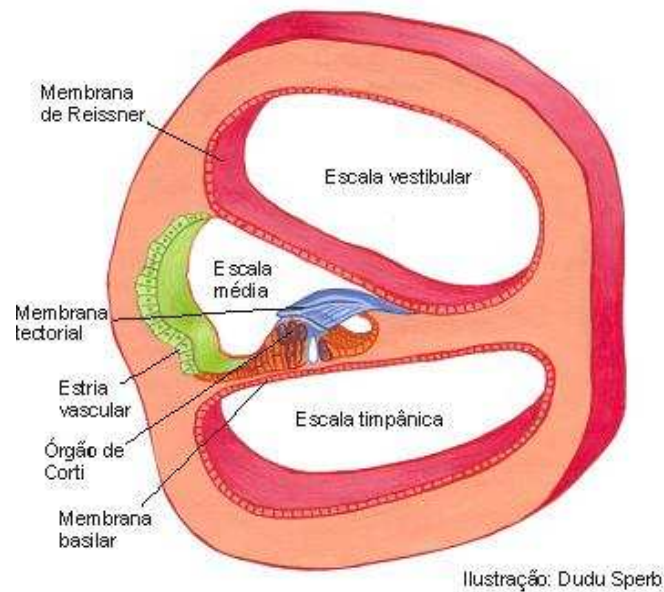


Figura 8: A cóclea em corte transversal mostrando a divisão coclear em escalas vestibular e timpânica, e no centro a escala média. A perilinfa percorre as escalas vestibular e timpânica, em sentidos contrários, transmitindo os movimentos à membrana de Reissner e à membrana basilar - que são as “paredes” da escala média, e conseqüentemente à endolinfa.

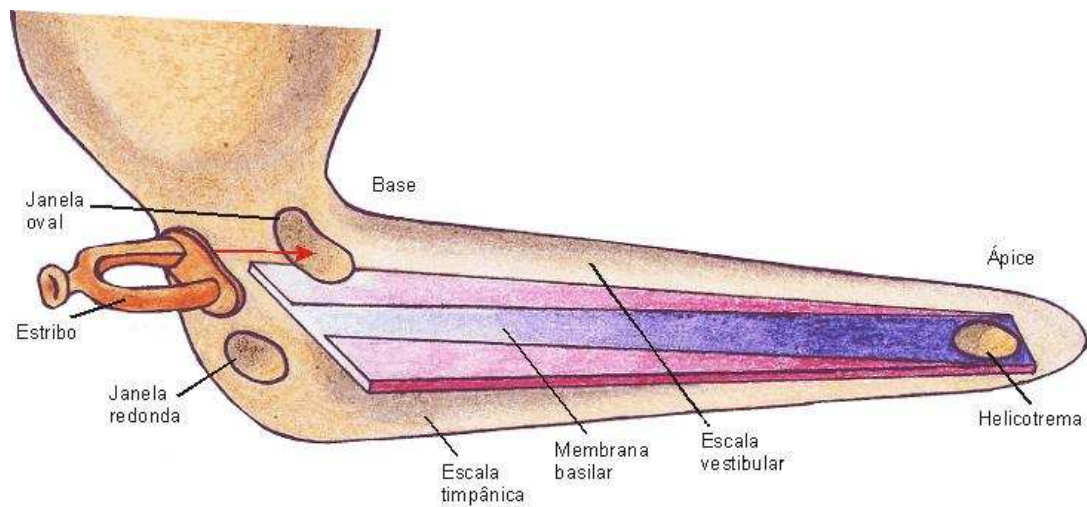


Figura 9: Ao lado, a representação da cóclea desenrolada para visualizarmos a localização e diferença morfológica da membrana basilar dentro da cóclea, ao longo dos seus aproximados 34 mm. A membrana basilar é particularmente importante, por dois motivos: é sobre ela que está o órgão sensorial da audição – o órgão de Corti, e é nessa membrana que os sons agudos e graves são distinguidos. “As diferenças de pressão resultantes, através da divisão coclear, entre as duas escalas flexibilizam (deslocam) a membrana basilar para cima e para baixo, colocando-a em movimento como uma bandeira tremulante”. (ROEDERER, 1998)

Mas a membrana basilar não se comporta da mesma maneira para sons de frequências diferentes. Isso se deve a duas propriedades estruturais que ela possui: é cerca de cinco vezes mais larga no ápice do que na base e, conseqüentemente, a rigidez do ápice é muito menor do que na base - fator 100 ou 10.000, conforme Bear et al e Roederer, respectivamente.

A energia de uma onda sonora está diretamente associada à frequência da onda.

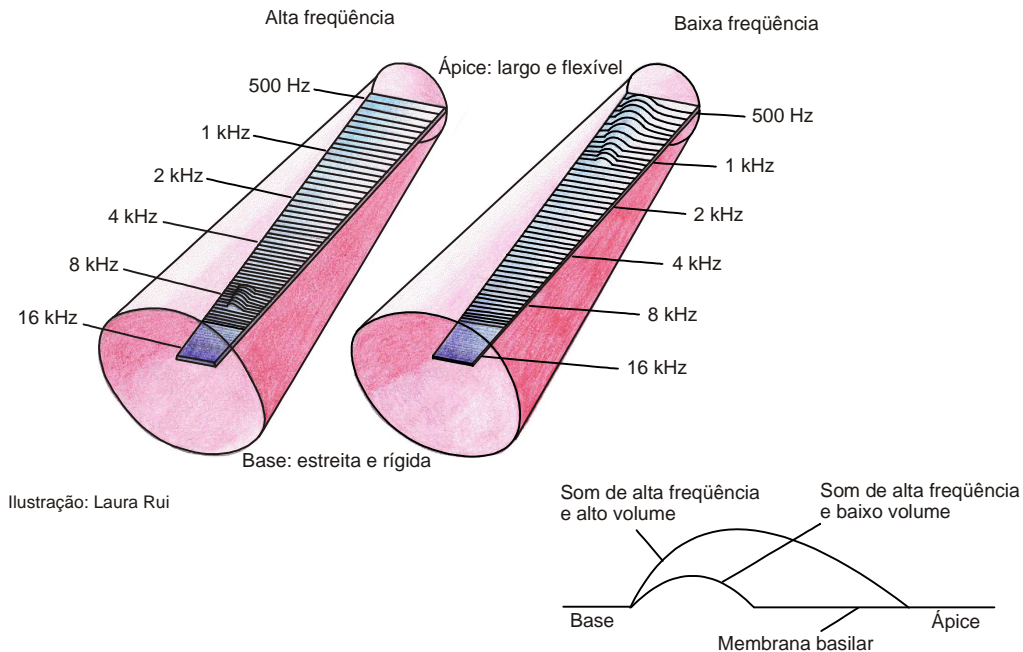


Figura 10: Representação dos pontos de vibração da membrana basilar, conforme a frequência do som percebido. Se a frequência for alta, a base mais rígida da membrana vibrará muito, dissipando a maior parte da energia e a onda não propagará para muito longe. Sons de baixa frequência, contudo, geram ondas que se propagarão até o ápice flexível da membrana antes que a maior parte da energia tenha se dissipado.

Podemos simular esse fenômeno fixando uma das extremidades de uma régua numa mesa e colocando-a vibrar na outra extremidade (como um trampolim). Fixando-a em diferentes pontos de seu comprimento, obteremos diferentes frequências de vibração, gerando sons mais graves ou mais agudos. Repita o experimento com régua diferentes. “Em outras palavras, para cada frequência existe uma região de estimulação máxima, ou “região de ressonância”, na membrana basilar”. (ROEDERER, 1998).

Os movimentos da membrana basilar estimulam o sensível órgão de Corti, que se estendem sobre a membrana, por todo o seu comprimento. A posição da ondulação de maior amplitude na membrana basilar determinará qual parte do órgão de Corti será ativada, transformando as informações em impulsos elétricos para serem enviados ao encéfalo, via nervo auditivo.

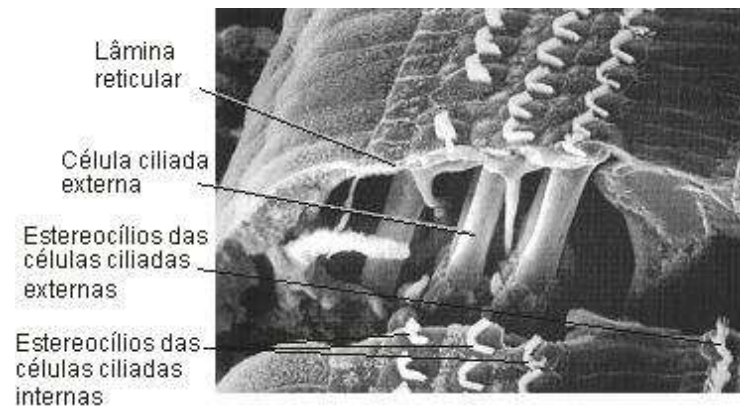


Figura 11: Uma região da membrana basilar em corte. A membrana propriamente não aparece, pois fica localizada abaixo da estrutura que é o órgão de Corti. Estes são formados por células ciliadas externas, células ciliadas internas e seus estereocílios. (Fonte: Cortesia de I. Hunter-Duvar e R. Harrison, *The Hospital for Sick Children*, Toronto, Ontário, Canadá).

As células ciliadas internas estão dispostas em uma única fileira e somam aproximadamente 3.500 células. As células ciliadas externas estão dispostas em três fileiras que, juntas, têm entre 15.000 e 20.000 células.

As células ciliadas são assim chamadas, pois cada uma possui aproximadamente 100 estereocílios (em média com 5  $\mu\text{m}$  de comprimento) que se projetam para fora da membrana reticular.

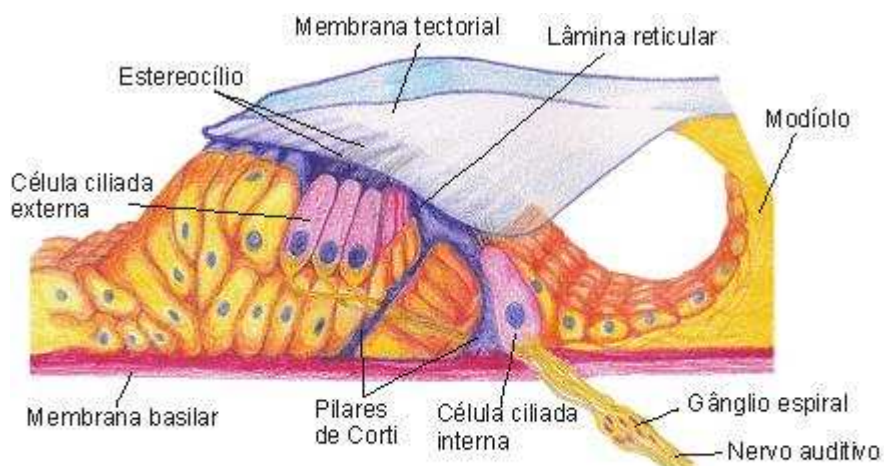


Ilustração: Laura Rui

Figura 12: A estrutura do órgão de Corti, em corte transversal.

Analisando a estrutura de Corti:

- 1) Os pilares de Corti estendem-se entre a lâmina reticular e as membranas basilares, dando sustentação estrutural ao órgão;
- 2) as células ciliadas externas e internas – que são os receptores auditivos - estão rigidamente conectadas entre a lâmina reticular e a membrana basilar e aos pilares de Corti. Essas estruturas movem-se como uma unidade, devido aos movimentos transmitidos pela membrana basilar;
- 3) os cílios dessas células são os chamados estereocílios;
- 4) a membrana tectorial é um tecido gelatinoso, suspenso na endolinfa que estende-se do modíolo – parte central da cóclea – e fica em contato com as pontas dos estereocílios das células ciliadas externas;
- 5) o gânglio espiral contém os neurônios ou células nervosas - que são as unidades fundamentais de processamento e transmissão dos sinais gerados.

Observe a figura 13:

*Quando a membrana basilar move-se para cima, a lâmina reticular move-se para cima e em direção ao modíolo. Inversamente, o movimento para baixo da membrana basilar faz com que a lâmina reticular mova-se para baixo, afastando-se do modíolo. Quando a membrana reticular se move, aproximando-se ou se afastando do modíolo, também o faz igualmente com relação à membrana tectorial. Pelo fato de a membrana tectorial firmar as extremidades dos estereocílios das células ciliadas externas, a movimentação lateral da lâmina reticular em relação à membrana tectorial desloca os estereocílios dessas células para um lado ou para o outro (BEAR et al, 2002).*

Os estereocílios das células ciliadas internas estão suspensos na endolinfa.

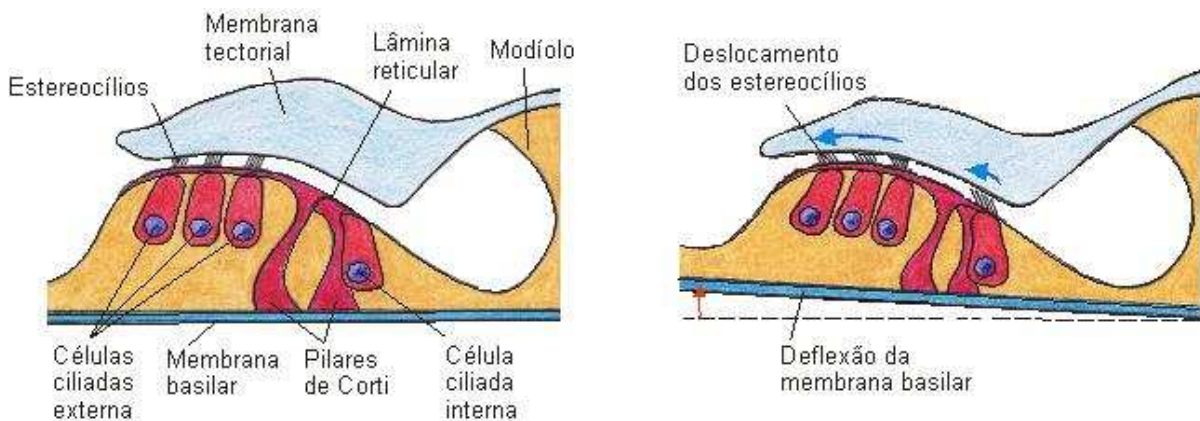


Ilustração: Laura Rui

Figura 13: Representação do movimento da membrana basilar.

Então, a membrana basilar transmite os movimentos aos estereocílios das células ciliadas internas e externas de maneira diferenciada:

- as extremidades dos estereocílios das células ciliadas externas em contato com a membrana tectorial movem-se de acordo com o deslocamento desta;

- as extremidades livres dos estereocílios das células ciliadas internas movem-se de acordo com a velocidade da endolinfa.

O movimento, em sentidos contrários, da membrana basilar e da membrana tectorial é chamado ação de corte.

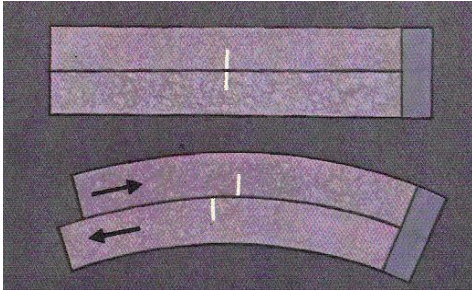


Figura 14: Se duas membranas flexíveis são unidas numa extremidade e então encurvadas, movem-se em sentido contrário uma à outra.

No caso da estrutura em questão, o modíolo é a extremidade que une a membrana basilar e a membrana tectorial. STEVENS et al, 1969.

Como o órgão de Corti gera sinais elétricos e os envia ao encéfalo para que, finalmente, este interprete os sons?

O movimento dos estereocílios das células ciliadas dá início a uma série de processos eletroquímicos nessas células. Para entender como esses processos eletroquímicos ocorrem, vamos discutir a composição química da perilinfa e da endolinfa, líquidos que preenchem a cóclea.

A perilinfa (líquido na escala vestibular e timpânica), semelhantemente ao líquido extracelular, tem baixas concentrações de  $K^+$  (0,007 mol) e altas concentrações de  $Na^+$  (0,14 mol). A endolinfa (líquido na escala média), semelhantemente ao líquido intracelular, tem altas concentrações de  $K^+$  (0,15 mol) e baixas concentrações de  $Na^+$  (0,001 mol). A membrana de Reissner separa os dois líquidos, mas por ser muito delgada - tem a espessura de duas células - permite que  $Na^+$  da perilinfa seja absorvido pela estria vascular (figura 10) que secreta  $K^+$  na endolinfa. Esse processo deixa a endolinfa com um potencial elétrico cerca de 0,08 volts (80 mV) mais positivo que a perilinfa.

O processo de geração do sinal elétrico, que será enviado ao encéfalo através dos neurônios auditivos, inicia quando os estereocílios se curvam devido ao movimento da membrana basilar e da endolinfa, abrindo e fechando o escoamento de  $K^+$  - altamente concentrado na endolinfa - para dentro da célula ciliada.

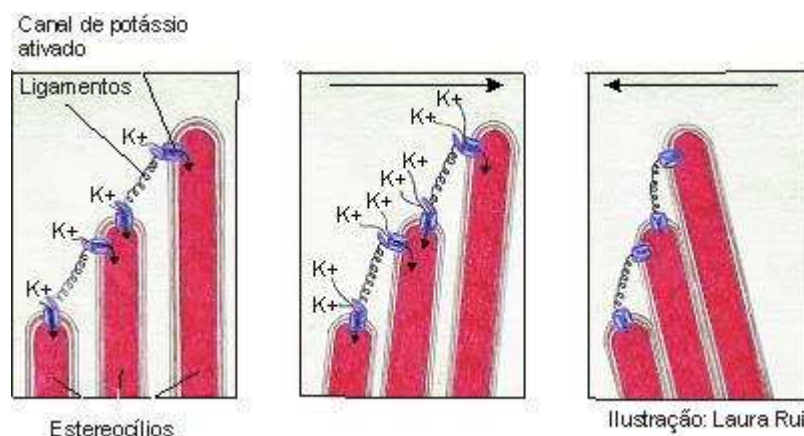


Figura 15: O início do processo de geração do sinal elétrico.

Cada estereocílio está ligado por um filamento elástico, à parede do cílio adjacente. Quando os cílios estão aprumados, a tensão sobre esse filamento mantém o canal em um estado parcialmente aberto, permitindo um pequeno escoamento de  $K^+$  da endolinfa para dentro da célula ciliada. O deslocamento dos cílios em uma direção aumenta a tensão sobre o filamento de ligação, aumentando a corrente de entrada de  $K^+$ . O deslocamento dos cílios na direção oposta libera a tensão sobre o filamento de ligação, permitindo, assim que o canal se feche completamente, prevenindo o influxo de  $K^+$ . BEAR et al, 2002.

Um som extremamente forte provoca o maior deslocamento da membrana basilar e conseqüentemente dos estereocílios: aproximadamente 20 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Um som extremamente fraco desloca os estereocílios apenas 0,3 nm – diâmetro aproximado de um átomo grande!

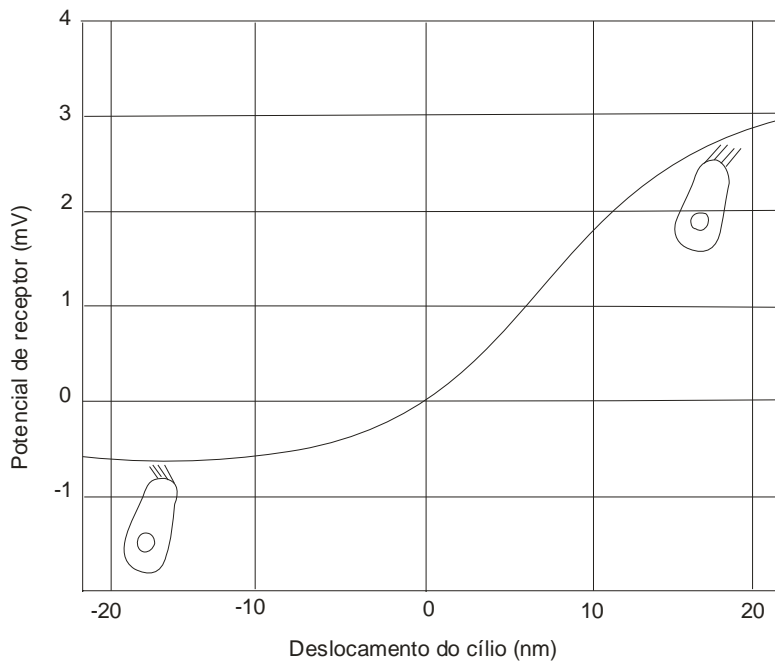


Gráfico 2: Quando os estereocílios deslocam-se em uma direção, a célula ciliada despolariza e quando se deslocam na outra, a célula hiperpolariza, com isso as células ciliadas geram um potencial de receptor que despolariza e hiperpolariza alternadamente a partir do potencial de repouso de 70 mV .

Ilustração: Laura Rui

A mudança de potencial na célula ciliada gera o sinal elétrico que é enviado ao encéfalo através dos neurônios auditivos (células do gânglio espiral). Esses neurônios, estimados na ordem de 35.000 a 50.000, são a unidade fundamental de processamento e transmissão dos sinais gerados nas células ciliadas ao encéfalo.



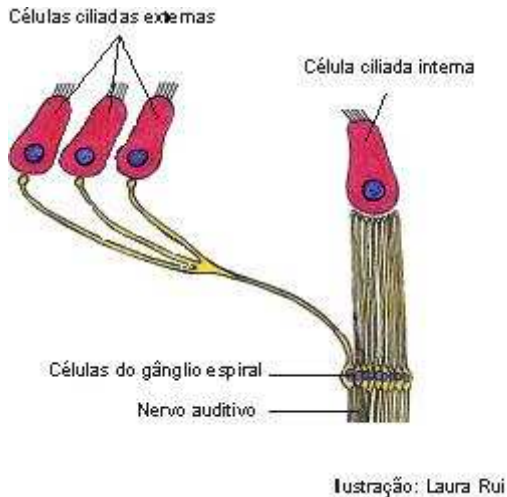


Figura 16 Os sinais elétricos gerados nas células ciliadas chegam ao encéfalo através do nervo auditivo.

Os sinais elétricos contêm informações sobre a frequência, intensidade e timbre do som.

Na figura 19 nota-se que há diferença no número de fibras do nervo auditivo para as células ciliadas internas e externas: cerca de 95% das fibras do nervo auditivo estão ligadas à célula ciliada interna, com 10 a 50 fibras individuais fazendo contato com cada célula. Isso faz com que as células ciliadas internas sejam, de fato, as receptoras sensoriais primárias.

Esse fato nos leva a concluir que a maior parte da informação auditiva provém das células ciliadas internas. Desse modo, qual é o papel das células ciliadas externas?

As células ciliadas externas agem como pequenos motores que amplificam o movimento da membrana basilar durante a percepção de um som de baixa intensidade, sendo conhecidas como amplificadores cocleares. Devido a essa amplificação, as células ciliadas internas deslocam-se mais e os processos eletroquímicos que ocorrem nelas produzem uma maior resposta no nervo auditivo.

Desse modo, as células ciliadas externas são receptores auxiliares e causadoras de processos eletroquímicos responsáveis pela amplificação do impulso elétrico. Concluímos que qualquer dano às células ciliadas externas deve reduzir severamente a audição, ainda mais para os sons menos intensos.

Por outro lado, a alta sensibilidade desses chamados “amplificadores cocleares” faz com que a maioria das pessoas com audição normal percebam sons (conhecidos como tinidos), mesmo em ambiente excepcionalmente silencioso. Alguns ouvidos - geralmente com cócleas danificadas - podem chegar a gerar sons pelo deslocamento súbito da musculatura do ouvido médio. Estes podem ser tão intensos, que são percebidos por outra pessoa que esteja próxima. Quando um som é emitido espontaneamente pelo ouvido (na ausência de qualquer estímulo exterior), é chamado de emissão otoacústica.

Assim como as funções desempenhadas nos demais órgãos do corpo humano, o encéfalo tem uma participação fundamental no processo da audição: é ele que interpreta e seleciona os sinais sonoros recebidos pelo ouvido. Diferentes regiões dele processam, analisam e interpretam diferentes propriedades do som.

É através do encéfalo que os sons fazem sentido para nós – mesmo que escutemos muito bem, quando ouvimos alguém falar uma língua que não conhecemos, os sons não são interpretados

significativamente pelo encéfalo, e não entendemos nosso interlocutor. Mesmo durante o sono o encéfalo atua sobre os sons que ouvimos: uma pessoa pode dormir com o barulho de uma televisão e, apesar disso, acorda prontamente ao chamado de um despertador ou telefone.

## 6.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

DURÁN, J. E. R. **Biofísica**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

JOURDAIN, R. **Música, cérebro e êxtase**: como a música captura nossa imaginação. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

ROEDERER, J. G. **Introdução à física e psicofísica da música**. São Paulo: USP, 1998.

STEVENS, S. S.; WARSHOFSKY, F. **Som e audição**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1969.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. COPERSE. **Concurso vestibular 2002**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. v. 2 Física e geografia.

WISNIK, J. M. **O som e o sentido**: uma outra história das músicas. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

### 6.3 COMENTÁRIOS FINAIS A RESPEITO DO TEXTO COMPLEMENTAR

O estudo do sistema auditivo e o processo da audição humana favorecem a exploração de uma quantidade significativa de fenômenos físicos associados a esse sentido. Os conceitos físicos apresentam-se de forma indissociada de conceitos de outras áreas, como Biologia e Química. Assim, este estudo permite, através da aplicação de conceitos multidisciplinares, a compreensão do funcionamento do próprio corpo humano e favorece uma aprendizagem significativa para os estudantes.

Também é possível sugerir uma gama considerável de temas para pesquisa e aprofundamento que os professores poderão desenvolver ou propor aos seus alunos, envolvendo conceitos físicos, biológicos e químicos associados ao som e ao processo da audição. Seguem alguns exemplos:

- os neurônios: estrutura e funcionamento;
- sistema vestibular: órgão do equilíbrio que se encontra no ouvido interno;
- ultra e infra-sons na audição de animais;
- ultra-sonografia na prevenção e em tratamentos médicos;
- área de atuação do médico especialista em otorrinolaringologia;
- audiometria e avaliação da percepção individual auditiva;
- doenças do sistema auditivo: causas, tipos e tratamentos;
- surdez “natural” e provocada: o uso de medicamentos perigosos e drogas, agressão por *walkmans* ou ambientes barulhentos;
- emissões otoacústicas: porque e em quais situações o ouvido pode gerar barulhos?
- influência da educação musical na percepção de sons em pessoas de diferentes faixas etárias;
- educação musical para surdos: percepção da música através das vibrações.

O material apresentado foi produzido a partir de bibliografias disponíveis apenas em meios universitários especializados e, como mencionado anteriormente, excede em muito o que se encontra em livros didáticos de nível básico. Devido à complexidade do assunto faz-se necessário que o professor estude o texto antes de apresentar o painel e selecione, de acordo com o nível escolar e interesse de seus alunos, a profundidade de abordagem. O objetivo deste texto é o de facilitar o acesso do professor a informações mais amplas sobre assunto de tal complexidade, servindo de apoio na exploração do painel como recurso didático em sala de aula.

## 7 COMENTÁRIOS FINAIS

A realização deste projeto de mestrado no Colégio La Salle Dores e a participação nos mais diversos eventos envolvendo ensino de Física, fez-nos refletir o quanto nós, professores de Física, ainda precisamos trabalhar para a melhoria do ensino dessa ciência em todos os níveis. Além de produzir materiais potencialmente significativos, como acreditamos ser o painel *A Física na Audição Humana* e o texto complementar a esse painel, precisamos que esses materiais sejam amplamente divulgados, facilmente adquiridos pelas escolas e que os professores interessados em mudar suas práticas tenham suporte para aplicá-los, por meio de oficinas ou palestras. Tão importante quanto um projeto para a produção de material didático inovador, é um projeto para divulgá-lo entre os professores das mais distantes escolas. Portanto, entendemos que o nosso trabalho ainda não acabou, pois a divulgação do material produzido permitirá inúmeras abordagens enriquecidas pelos saberes e experiências dos professores que o utilizarem.

Logo após a aplicação do projeto desse mestrado no Colégio La Salle Dores, os estudantes da segunda série do Ensino Médio do colégio, para nossa satisfação, usaram o nosso material numa pesquisa sobre Acústica, com o objetivo de apresentarem seminários sobre o assunto.

A oficina *A Física em Instrumentos Musicais*, já apresentada em três eventos, representa para nós o veículo de divulgação de todo o trabalho realizado durante este mestrado. Além de ser um momento de aprendizagem e aperfeiçoamento profissional em cada oportunidade que a apresentamos, a oficina também possibilita a nossa interação com professores de Física de outras escolas e até de outras cidades, e também com professores de diversas áreas de ensino (Biologia, Ciências e Música). Pretendemos continuar divulgando a oficina *A Física em Instrumentos Musicais* e, agora, implementá-la na parte da percepção dos sons com o auxílio do painel *A Física na Audição Humana*.

Durante as pesquisas para a produção didática do projeto deste mestrado, nos deparamos com uma série de possibilidades de produção de outros materiais que podem ajudar a compor projetos interdisciplinares de ensino de Física. Acreditamos que o ensino de Física, nos níveis fundamental e médio, pode ser mais significativo aos estudantes quando fenômenos físicos também forem explorados na investigação de fenômenos naturais. Tal proposta de ensino pode ser desenvolvida através de projetos interdisciplinares envolvendo as disciplinas de Física, Biologia, Química e Matemática, explorando o funcionamento de sistemas naturais como, por exemplo, as funções vitais do corpo humano, dos animais e plantas.

O ensino de Física também pode ser inserido em projetos sociais e de cidadania, como o que realizamos a respeito da conscientização no trânsito através das leis da Física ou através de questões essenciais à sobrevivência do homem no planeta (sistemas de aproveitamento da água da chuva e reaproveitamento da água tratada em casas e prédios; métodos de reciclagem de materiais orgânicos e inorgânicos; poluição da atmosfera e mudanças climáticas conseqüentes; geração, distribuição, custos e relação produção/consumo de energia elétrica, etc).

Esperamos que a nossa satisfação em concluir este mestrado, acreditando ter produzido materiais importantes para o ensino de Física, alcance muitos professores nas suas práticas em sala de aula e, principalmente, desperte o interesse e gosto dos estudantes em aprender Física.



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. T. J. de. **Luz e cores**: uma proposta interdisciplinar no ensino fundamental. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2005. (Hiperfídmias de apoio ao professor de física, n. 6).
- AUDIO SPECTRUM ANALYSIS. Spectrogram version 11. Disponível em: <<http://www.visualizationsoftware.com/gram/>>. Acesso em: 6 abr. 2006.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BLACKWOOD, O. H. et al. **Física na escola secundária**. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1956. v. 1.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**: ciências naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998. v. 4.
- CAVALCANTE, M. A. **Novas tecnologias no ensino de acústica**. Disponível em: <<http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa>>. Acesso em: 6 abr. 2006.
- CIÊNCIA & AMBIENTE. Santa Maria: UFSM, Curso de Engenharia Florestal, v. 30, jan./jun. 2005.
- CLASSIC TWO-SLIT EXPERIMENT. Disponível em: <<http://www.colorado.edu/physics/2000/schroedinger/two-slit.html>>. Acesso em: 6 abr. 2006.
- CRUZ, D. **Ciências e educação ambiental: química e física**. São Paulo: Ática, 2005.
- DICIONÁRIOS de física. Tradução e revisão: Antonio de Souza Teixeira Junior. São Paulo: Melhoramentos, 1980.
- DUARTE, V. **As ciências e o mundo**. São Paulo: Editora do Brasil, 1979.
- DURÁN, J. E. R. **Biofísica**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- EXPERIMENTS ON WAVE INTERFERENCE. Disponível em: <[http://www.colorado.edu/physics/2000/schroedinger/big\\_interference.html](http://www.colorado.edu/physics/2000/schroedinger/big_interference.html)>. Acesso em: 6 abr. 2006.
- FARIA, W. de. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo: Ática, 1989.
- GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2000. v. 2.
- GREENSLADE Jr., T. B. The ringing bar. **The Physics Teacher**, Stony Brook, v. 17, n. 1, p. 44, Jan. 1979.
- JOGOS: o mundo material. Disponível em: <<http://www.pavconhecimento.pt/explorador/>>. Acesso em: 6 abr. 2006.
- JOURDAIN, R. **Música, cérebro e êxtase**: como a música captura nossa imaginação. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.
- LAPP, D. R. Harmonics in an aluminum rod: a golden oldie. **The Physics Teacher**, Stony Brook, v. 35, n. 5, p. 314-315, May 1997.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MORETZSOHN, R. S. T.; NOBRE, E. F.; DIEB, V. Introdução ao ensino da física: uma abordagem fenomenológica ou matemática? In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. **Atas**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2003. p. 904-909. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xv/trabalhos/trabupload/R438311.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

MOTO PERPÉTUO. Disponível em:

<[http://voceapita.locaweb.com.br/moto\\_perpetuo.asp#](http://voceapita.locaweb.com.br/moto_perpetuo.asp#)>. Acesso em: 6 abr. 2006.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

OUVIDO: som e equilíbrio. Discovery channel. [São Paulo]: Abril, 1995. (Superinteressante coleções. O corpo humano, v. 7). 1 videocassete (25 min).

PAULI, R. U.; MAUAD, F. C.; HEILMANN, H. P. **Física**. São Paulo: EPU, 1980. v. 3.

Perfil de Philippe Perrenoud. Disponível em:

<<http://www.centrorefeducacional.com.br/perrenoud.htm>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

PERRENOUD, F. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PINKSTON, E. R. The use of demonstrations in teaching introductory physics. **The Physics Teacher**, Stony Brook, v. 19, n. 6, p. 387-388, Sept. 1981.

PITRE, J. M. Chladni plates: how big can they be? **The Physics Teacher**, Stony Brook, v. 34, n.8, p. 508-509, Nov. 1996.

PIZZO, J. Ambient noise resonators (there's music in the air). **The Physics Teacher**, Stony Brook, v. 24, n. 5, p. 312-313, May 1986.

ROEDERER, J. G. **Introdução à física e psicofísica da música**. São Paulo: USP, 1998.

RUI, L. R.; STEFFANI, M. H. **Física no ensino fundamental: novos paradigmas**. Disponível em: <<http://seberi.propesq.ufrgs.br/inova/catalogo/sub10/25762.html>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

SCHROEDER, C. **Atividades experimentais de física para crianças de 07 a 10 anos**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2005. (Textos de apoio ao professor de física, v. 16).

SECRET WORLDS: THE UNIVERSE WITHIN. Disponível em:

<<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

SOFTWARE PARA ENSINO DE FÍSICA: Construindo Sons. Disponível em:

<<http://www.fsc.ufsc.br/~canzian/sons/index.html>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

SONOMETRO DIFFERENZIALE DI MARLOYE. Disponível em:

<<http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/acu20.htm>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

STEVENS, S. S.; WARSHOFKY, F. **Som e audição**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1969.

TECNOCENCIA: museo virtual de la ciência. Disponível em:

<<http://museovirtual.csic.es/salas/acustica/sonido1/ini.htm>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

TELEDUC: ambiente de ensino à distância. Disponível em:

<<http://teleduc.nied.unicamp.br/teleduc/>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

TRÂNSITO SEGURO. Projeto FIAT para a escola, promovido pelo Ministério da Educação e do Desporto. 1 videocassete (12 min.).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. COPERSE. **Concurso vestibular 2002**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. v. 2 Física e geografia.

WAVES. Disponível em: <<http://physics.nad.ru/Physics/English/waves.html>>. Acesso em: 6 abr. 2006.

WISNIK, J. M. **O som e o sentido:** uma outra história das músicas. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.





## APÊNDICES

### Apêndice A

#### O que é Física?

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
Laura Rita Rui (laurarui@cpovo.net)  
Drª. Maria Helena Steffani (helena.steffani@ufrgs.br)

### O que é Física?



## O que é Física?

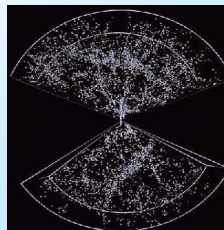
Seria mais fácil responder:  
do que ela trata?

Ocorreria mais facilmente resposta se  
questionássemos: onde ela ocorre?

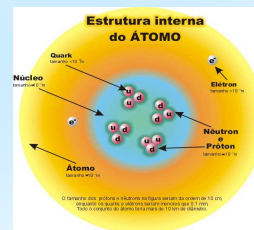
Para ter uma idéia da extensa  
atuação da Física, preste atenção na  
animação...

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>

Isso mesmo, a Física atua em toda a  
natureza, do macrocosmo (universo e seus  
limites) até o microcosmo (átomo e  
partículas subatômicas).



[www.scienciapovoa.com.br/darkmatter/dark\\_2\\_](http://www.scienciapovoa.com.br/darkmatter/dark_2_)



[www.fsc.ufscar.br/~campian/particulas/atomos.html](http://www.fsc.ufscar.br/~campian/particulas/atomos.html)

O homem, ao procurar explicações para os fenômenos da  
natureza, desenvolveu o conhecimento científico e, particularmente,  
a Física.

Na verdade, faz parte do pensamento humano desde  
tempos bem remotos, que podemos controlar tudo que  
compreendemos.

E tem sido assim ao longo da história da ciência: estudar,  
compreender, controlar e usar em benefício.

Apesar de nem sempre ter sido  
(e ser)  
usado para o bem...



... todo o aparato tecnológico que nos rodeia é fruto do desenvolvimento científico e consequência do estudo da Física e da aplicação de suas leis no nosso dia-a-dia.

Quando Santos Dumond fez voar o primeiro avião em Julho de 1906, jamais desejou que ele fosse usado como arma de guerra.



Pai da aviação: Alberto Santos Dumond nasceu em Julho de 1873 em Cabangu, MG.

Mas a sua criação foi rapidamente aprimorada e usada para lançar bombas em 1914, durante a I Guerra Mundial.

Por esse motivo, Santos Dumond deprimiu-se profundamente e acabou com a própria vida em 23 de Julho de 1932.



Ilustrações: <http://www.spaceairships.com.br/pages/historia.asp>

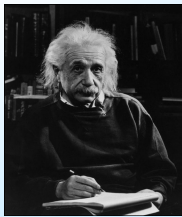
Em 1905, Einstein formulou a Teoria da Relatividade Especial, da qual ele deduziu a famosa equação

$$E = mc^2$$

Ela foi a base teórica para a bomba atômica.

O uso da ciência para a guerra era desprezível para Einstein, que afirmou:

"Se eu soubesse que iam fazer a bomba, teria virado sapateiro".



Albert Einstein (03/1879-04/1955)  
Foto: [www.istockphoto.com/22083582/Albert\\_Einstein\\_FR.html](http://www.istockphoto.com/22083582/Albert_Einstein_FR.html)



[http://www.istockphoto.com/22083582/Albert\\_Einstein\\_FR.html](http://www.istockphoto.com/22083582/Albert_Einstein_FR.html)

Nesse mesmo ano, Einstein publicou 5 trabalhos fundamentais para o desenvolvimento da física moderna.

Um deles, a explicação do efeito fotoelétrico, mereceu que ganhasse o Prêmio Nobel de Física em 1921.

### *Por que o entendimento do efeito fotoelétrico foi tão importante?*

No final do século XVII iniciou-se uma das mais importantes controvérsias da história da ciência:

a luz é *onda* ou *partícula*?

Para *Isaac Newton*, já em 1672, a luz era um feixe de partículas pois a propagação retilínea da luz era evidência que a mesma não poderia ser uma onda.

Na mesma época, *Christiaan Huygens* e *Robert Hooke*, afirmavam que a luz era uma onda devido a sua reflexão e refração na água e no vidro, (onde a teoria ondulatória prevê que a velocidade da luz é menor que no ar, ao contrário de Newton).

Em 1850, o físico *Jean Foucault* mediu a velocidade da luz na água, comprovando que era menor que a velocidade da luz no ar, *fato que negou a teoria de Newton*.

Em 1860, o físico *James Clerk Maxwell* previu matematicamente a existência de ondas eletromagnéticas que se propagavam com a velocidade da luz, *o que indicava que a luz era uma onda eletromagnética*.

Em 1900, observou-se um fato curioso que a teoria ondulatória da luz não conseguia explicar: elétrons são arrancados de uma placa metálica devido à incidência de luz, e a intensidade dessa luz não influencia na energia dos elétrons arrancados.

Em 1905, Einstein explica esse fenômeno, conhecido como efeito fotoelétrico, *que comprova o comportamento corpuscular da luz*.

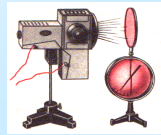


### O comportamento corpuscular da luz

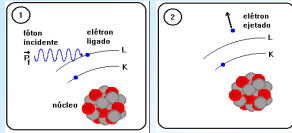
A luz tem comportamento de partícula, com energia associada bem definida (fóton).

Um elétron arrancado da superfície metálica recebe a energia de um único fóton.

O que acontecerá se aumentarmos a intensidade da luz incidente na superfície metálica?



[fisica.net.terra.com.br/quantica/efeito\\_fotoel](http://fisica.net.terra.com.br/quantica/efeito_fotoel)

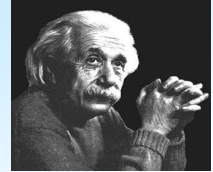


[server.fsc.ufsc.br/~ccarvalho/radiacao/real1.htm](http://server.fsc.ufsc.br/~ccarvalho/radiacao/real1.htm)

Com seus trabalhos, Einstein contribuiu para o desenvolvimento da Física até os dias de hoje.

Mas ele ainda é mais conhecido pela equação que deu origem à bomba atômica, uma ironia.

Einstein era genial ... e pacifista.



[www.geoolpha.com.br/antenasdas\\_biografias.htm](http://www.geoolpha.com.br/antenasdas_biografias.htm)

Mas a história da luz ser onda ou partícula ainda gerava muita discussão no meio científico!

A partir da década de 1920, o comportamento da luz, dos elétrons e das outras partículas subatômicas passou a ser descrito pela teoria da mecânica quântica.

Essa teoria admite que a luz possui dupla natureza: **é onda e é partícula!**

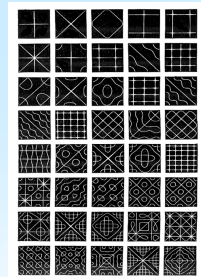
Ondas mecânicas também foram estudadas no final do século XVII, sendo o som o seu representante mais interessante.

No século XIX, houve necessidade de um formalismo das idéias sobre ondas mecânicas e alguns aparatos foram construídos para visualização, registro e análise dessas ondas.



Figuras: [www.ghrc.utoronto.ca/DirWeb/musico/apparat1.htm](http://www.ghrc.utoronto.ca/DirWeb/musico/apparat1.htm)

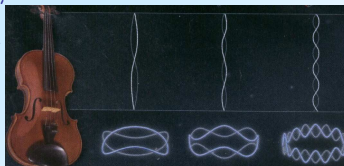
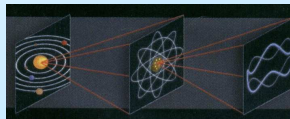
*A beleza do som foi revelada!*



Hoje essa beleza inspira uma nova concepção da física atômica, semelhante à vibração de uma corda.

" Os elétrons oscilariam como cordas de um violino.

Conforme sua vibração, geram partículas de massa e carga elétrica específica."



Texto e figuras: Revista Época, 08/10/2001

Apesar de todo conhecimento acumulado

ao longo dos séculos, ainda sabemos muito

pouco, pois comparado à Terra,

**o Universo é infinito!**



## Bibliografia

### *Páginas da internet:*

sites abaixo das ilustrações, e ainda

<http://ctjovem.mct.gov.br/>

<http://www.ecientificocultural.com/ECC2/artigos/>

<http://www.fab.mil.br/conheca/personalidades/sdumont/>

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/amf/einstein/choje1905Final.pdf>

### *Revistas*

Vida Simples, Fevereiro de 2005, edição 25

Ciência&Ambiente nº 30, Universidade Federal de Santa Maria

Época, 08/10/2001

### *Livros*

Física Volume 2, Paul Tipler. Editora Guanabara Dois

Física Quântica, Eisberg e Resnick. Editora Campus





## Apêndice B

Produção, propagação e percepção do som no dia-a-dia: pré e pós-teste.

- 1) De que maneira besouros e mosquitos produzem os seus sons característicos?
- 2) Além de escutarmos o som (sentido da audição), podemos percebê-lo de alguma outra maneira?
- 3) Por que, para uma mesma nota musical, podem existir sons diferentes?
- 4) No oceano aberto, uma baleia pode comunicar-se com outra baleia, a centenas de quilômetros?
- 5) Uma pessoa, numa estação ferroviária, deseja saber se o trem se aproxima. Ela ficará sabendo mais rapidamente se ficar de pé, em silêncio, ou se encostar o ouvido nos trilhos?
- 6) Se estivermos submersos numa piscina, podemos escutar o grito de alguém fora dela?
- 7) O raio e o trovão são produzidos no mesmo instante. Então, por que é costume dizer que depois do raio vem o trovão?
- 8) Pode o som do disparo avisar que a bala se aproxima?
- 9) Agora, formule você uma ou mais questões que lhe intrigam, ainda sobre o som.



## Apêndice C

Roteiro para uso do programa *Construindo Sons*

Versão 0.9 – Copyright 1996 Lucas A. Meyer e Nelson Canzian da Silva

**IMPORTANTE!**

Antes de estudarmos as propriedades das ondas sonoras através do software *Construindo Sons*, devemos lembrar que o som é uma onda mecânica, longitudinal e se propaga transmitindo energia ao meio através da compressão e rarefação das partículas que o formam. Por conveniência, o som é representado por uma onda transversal. Veja:

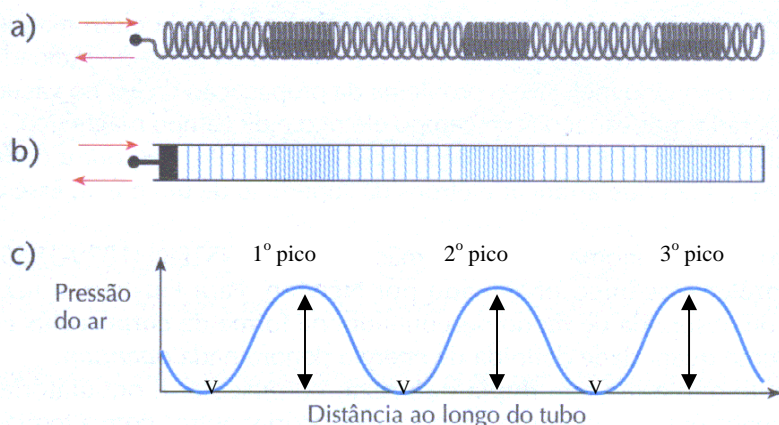


Figura 1: a) onda longitudinal em uma mola;

b) onda longitudinal no ar, dentro de um tubo;

c) onda transversal representando as regiões de compressão (pico) e rarefação (vale V) de uma onda longitudinal. As setas duplas representam a amplitude da onda. Adaptada de RAMALHO et al, 1994.

Perceba que as regiões de compressão são locais de maior pressão nas partículas que formam a mola ou o ar, e as regiões de rarefação são os locais de menor pressão.

Quanto mais **freqüentes** (próximas) as regiões de compressão, maior o número de picos existentes na onda representada transversalmente.

Quanto maior a concentração de partículas nas regiões de compressão (e menor nas regiões de rarefação), maior será a **amplitude** da onda representada transversalmente.

Assim, as principais características das ondas, de um modo geral, são **a amplitude e a freqüência**.

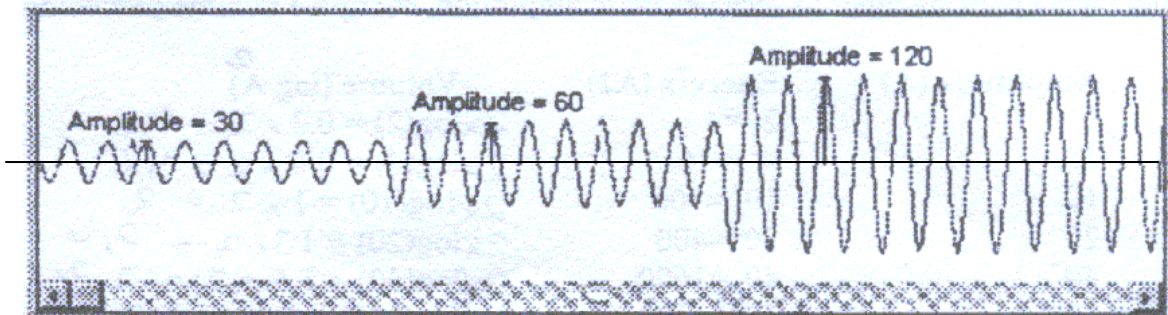
Para entendermos melhor o *efeito* da mudança da amplitude e freqüência no *som*, vamos finalmente trabalhar com o software.

Mãos à obra!

The screenshot shows the 'Construindo Sons' software interface. It features a central window titled 'Onda Atual' displaying a blue sine wave. Below the window are controls for musical notes (Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si), Duration (0.5 s), Amplitude (50.00), and Frequency (392 Hz). Below these are 'Tempo' (0.013 s) and 'Amplitude' (-9.38) fields, along with 'Escala Vertical' (200) and 'Escala Horizontal' (50) settings. At the bottom are buttons for 'Abrir...', 'Salvar...', 'Ajuda', and 'Fim'. Callouts provide the following explanations:

- Seleção de notas:** 'Selecione uma das notas musicais. A onda transversal que a representa aparecerá na tela de cima.'
- Duração:** 'É a duração do som que você escutará, após pressionar Tocar. Ajuste-o para 0,5s na sua tela.'
- Amplitude:** 'Especifica a amplitude da onda representada. Também é possível escolher qualquer outro valor até 128.'
- Escutar som:** 'Sempre que quiser escutar o som da onda sonora representada na tela, pressione aqui.'
- Tempo:** 'Mostra o tempo decorrido desde a formação da onda até o ponto selecionado pelo cursor.'
- Amplitude (campo):** 'Mostra a leitura do deslocamento da onda quando o cursor é colocado sobre um ponto da onda.'
- Frequência:** 'Especifica a frequência da nota musical escolhida. Também é possível escolher qualquer outro valor para a frequência.'

### Amplitude



1) No quadro Onda Atual selecione uma das notas musicais, sem mexer nas escalas, e em seguida selecione Tocar. Faça isso para cada uma das notas musicais. Responda:

**a) A amplitude das ondas mudou para cada nota musical? (certifique-se colocando o cursor sobre um dos picos da onda, ou sobre um dos vales, e veja a medida da amplitude no quadro Amplitude).**

**b) O que você percebeu de diferente em cada um dos sons?**

**c) Então, será que a amplitude é a responsável pela percepção diferenciada de cada nota musical?**

2) Agora escolha a nota dó e mude a amplitude no botão Amp.. Use, por exemplo, os valores 25, 75, 100 e 125 (embora uma onda possa ter qualquer amplitude, o valor

máximo aceito pelo software é 128). Ouça o som da nota dó para cada uma das amplitudes sugeridas acima. Responda:

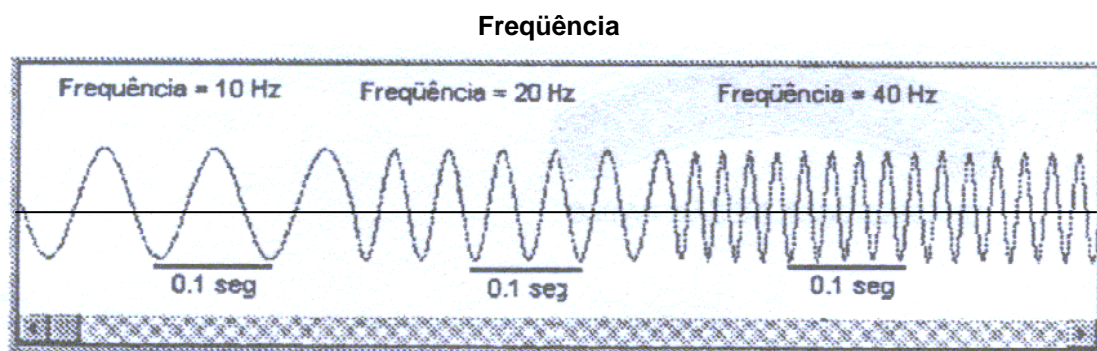
**a) Qual a mudança que você percebeu no desenho da onda?**

**E no som devido ao aumento da amplitude?**

3) Conclua:

**a) O que é a amplitude de uma onda?**

**b) A mudança na amplitude de uma onda é responsável por qual fator sonoro?**



1) No quadro Onda Atual, fixe o valor da amplitude, Amp., em 50.00 e selecione uma das notas musicais, sem mexer nas escalas, e em seguida selecione Tocar. Faça isso para cada uma das notas musicais. Responda:

**a) A freqüência das ondas mudou para cada nota musical?**

**b) O que você percebeu de diferente em cada um dos sons?**

**c) Então, será que a freqüência é a responsável pela percepção diferenciada de cada nota musical?**

2) Agora mude a freqüência, no botão Freq. (comece com 100, 200, 400,...lembre de testar a freqüência de 2000Hz). Agora ouça novamente cada uma das notas musicais. Responda:

**a) Qual a mudança que você percebeu no desenho da onda?**

**E no som devido ao aumento da freqüência?**

3) Agora volte a mudar as freqüências com os valores da tabela abaixo. Para cada freqüência posicione o cursor sobre a extremidade esquerda e sobre a extremidade direita.

Registre os valores indicados no quadro Tempo nas colunas indicadas.

Conte o número de picos que aparecem, anotando os resultados na coluna correspondente.

Freq.	Tempo à esquerda	Tempo à direita	Número de picos
400 Hz			
600 Hz			
1000 Hz			
1500 Hz			
2000 Hz			

Responda:

- a) *O que significa existir um número maior de picos num mesmo intervalo de tempo para frequências diferentes?*
- b) *Então, o que é a frequência de uma onda?*
- c) *A frequência é responsável por qual fator sonoro?*
- d) *O que significa a diferença entre os valores para o tempo registrados na tabela (tempo à direita – tempo à esquerda)?*

*“Ninguém ignora tudo, ninguém sabe tudo. Por isso, aprendemos sempre”.*

**Paulo Freire**

## Apêndice D

### Algumas questões sobre o estudo dos sons produzidos por instrumentos musicais

Responda as questões abaixo, relacionando as propriedades das ondas sonoras já estudadas (frequência e amplitude) e a experiência de produzir sons com os instrumentos musicais.

- 1) Qual a principal diferença física (externa) dos instrumentos musicais?
- 2) Como o som é produzido em cada um deles?
- 3) Qual o meio de transporte usado pelo som?
- 4) Então, o que é necessário para que o som exista?
- 5) Os instrumentos musicais produzem sons iguais?
- 6) Quais instrumentos produzem sons graves?
- 7) Quais instrumentos produzem sons agudos?
- 8) O que é necessário para que um som seja mais forte?
- 9) O que é necessário para que um som seja mais fraco?
- 10) Por que, mesmo sem olhar qual instrumento musical está produzindo som, conseguimos identificá-lo?
- 11) Por que não enxergamos o som?





Apêndice E

Apresentação sobre a audição dos animais

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
 Laura Rita Rul ([laurarul@cpovo.net](mailto:laurarul@cpovo.net))  
 Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Steffani ([helena.steffani@ufrgs.br](mailto:helena.steffani@ufrgs.br))

**A audição dos animais**

Essa simpática raposinha, conhecida como *feneco*, vive no deserto norte-africano e tem hábitos noturnos. As gigantescas orelhas têm duas funções importantíssimas para sua sobrevivência: captam os sons menos intensos de suas presas na escuridão e ajudam a dissipar o calor corporal - função vital para animais que vivem em desertos.

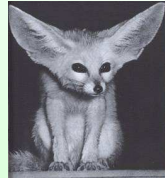


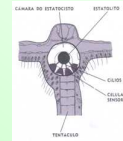
Figura e texto: STEVENS et al, 1969.

**A evolução do ouvido nos animais**



O ouvido evoluiu de um mecanismo primitivo de equilíbrio, ainda encontrado em águas-vivas. A evolução das estruturas auditivas começou com o *estatocisto* = bolsa que mantém o equilíbrio

O estatocisto desempenha o mesmo papel do labirinto no ouvido interno dos mamíferos.

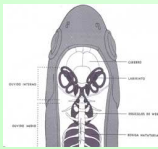


Figuras e texto: STEVENS et al, 1969.

**Uma bexiga para os sons**

Embora todos os peixes tenham uma linha lateral para ajudá-los a perceber movimentos na água, certas espécies vão além: percebem a ondas sonoras

Os contornos da bexiga natatória de um peixe-de-vidro, a qual serve tanto para a flutuação quanto para a audição, são perfeitamente visíveis no corpo transparente do peixe.



Nos peixes que ouvem, as vibrações na água são captadas pela bexiga natatória - cuja principal função é servir de flutuador para manter o peixe na profundidade habitual, mas vibra quando tocada pelas ondas sonoras, como um tímpano. Os ossos chamados *ossículos de weber* correspondem ao martelo, à bigorna e ao estribo humano. O ouvido interno do peixe, como o do homem, não só percebe os sons, mas funciona também como órgão de equilíbrio.

Figuras e texto: STEVENS et al, 1969.

**O senhor da metamorfose**

O girino tem, como o peixe, uma estrutura auditiva interna que recolhe as vibrações sonoras dentro da água. Tem também uma linha lateral. Mas quando o girino se transforma em rã, todas as características de peixe se transformam ou desaparecem.



Com esse grande e exposto tímpano, a rã deixa de ouvir as vibrações dentro da água para receber os sons do mundo seco. Mas mesmo assim ele continua tão ligado à água, que o seu sensível tímpano secaria se não fosse molhado com frequência.



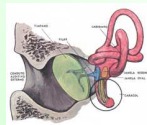
Figuras e texto: STEVENS et al, 1969.

**A audição avançada dos pássaros**



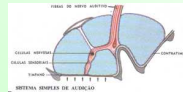
A cabeça nua de um abutre mostra claramente a abertura auditiva do animal. O funcionamento do ouvido médio e interno das aves é igual ao de um mamífero, mas lhe falta o carnudo pavilhão da orelha para melhorar a sua aerodinâmica.

A ave ouve melhor que uma rã, porque possui o caracol. O caracol dos pássaros, ao invés de ser enrolado em espiral, é apenas ligeiramente encurvado. Mas em algumas situações supera a audição humana: ouvem as flutuações de um canto e reagem às mesmas 10 vezes mais depressa do que o homem.



Figuras e texto: STEVENS et al, 1969.

**O estranho ouvido dos insetos**



Os ouvidos dos insetos, ao contrário dos das outras criaturas, são localizados em muitos e variados pontos do corpo (abdômem, articulação da pata ou lateral do corpo). Esses ouvidos constituem-se basicamente do tímpano e nervos que captam diretamente as vibrações sonoras.

Muitos gafanhotos têm o ouvido no tórax. É necessário afastar a asa para visualizarmos o tímpano.



Neste gafanhoto prateado, que vive na África Ocidental, o tímpano está na lateral do corpo e é exposto.

Figuras e texto: STEVENS et al, 1969.



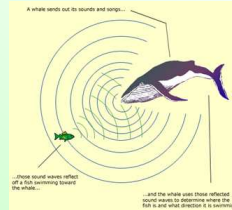
### Ouvindo o eco

O sistema no qual um mesmo animal possui um órgão para emitir som e outro para receber o eco do som emitido, é chamado de **ecolocalizador**.

As características principais dos animais com a capacidade de ecolocalização são:

- ✓ eles possuem um mecanismo evoluído para gerar sons (morcegos, cetáceos e pássaros);
- ✓ eles possuem uma grande extensão espacial para suas atividades (nadadores e voadores);
- ✓ eles consomem sua atividade diária em mais ou menos completa escuridão.

(DURÁN, 2003)

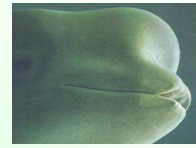


<http://www.exploratorium.edu/the-world/sonar/sonar.html>

Em geral, os odontocetáceos (cetáceos dentados), como baleias e golfinhos, possuem um alto grau de desenvolvimento de ecolocalização.

Como o som se propaga na água a 1500 m/s, pelo sistema de ecolocalização, em 2 s, uma baleia pode ver objetos situados a 1500 m de distância. Você poderia explicar por quê?

(DURÁN, 2003)



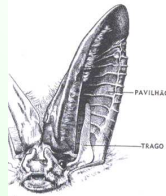
Deslizando rapidamente por dentro da água, uma beluga (espécie de golfinho), emite pulsações de som e escuta os ecos enquanto prossegue. A saliência na cabeça e a indentação logo acima da boca são evidências externas da complexa ação muscular pela qual o cetáceo concentra o som. O ouvido, invisível nesta foto, é um pequeno orifício alguns centímetros atrás do olho.

Figura e texto: STEVENS et al, 1969.

O mecanismo de localização pelos ecos ocupa grande parte do reduzido corpo do morcego. Em algumas espécies, os ouvidos externos (receptores) são tão grandes que parecem asas. Uma estrutura chamada **trage** habilita os morcegos a recolher os ecos que vêm dos lados.

Os ouvidos médio e interno também são adaptados para que o morcego ouça por ecos.

Figura: STEVENS et al, 1969.



Os sons emitidos pelos morcegos são em forma de pulsos ultra-sônicos ou estalidos, de duração variável (em algumas espécies, de 1 ms a 5 ms).

O número de estalidos por segundo e a frequência desses estalidos também varia, dependendo se o morcego estiver voando para se alimentar ou se ele estiver passando perto de obstáculos pequenos ou perto do solo. A tabela ao lado mostra a duração e o frequência do estalido quando o morcego procura, se aproxima e captura o alimento.

Texto e tabela: DURÁN, 2003

Vão visando alimentação	Duração aproximada do estalido	Frequência do estalido emitido
Durante a procura do alimento	até 2,5 ms	100 a 25 kHz
Durante a aproximação	até 1 ms	70 a 25 kHz
Durante a captura	até 0,5 ms	90 a 7 kHz

### Algumas espécies que possuem ecolocalização



✓ O pássaro *Steatornis caripensis* emite estalidos de 6,1 kHz a 8,75 kHz. Essa espécie de pássaro se orienta utilizando também a visão, à semelhança da espécie de morcego *Rousettus*;

✓ o porco da Guiné (*Cavia cobaya*) emite pulsos de até 54 kHz;

✓ o *Rattus norvegicus* emite pulsos de 19 kHz até 29 kHz, e seu bufar chega até os 80 kHz. (DURÁN, 2003)



### Bibliografia

DURÁN, J. E. R. **Biofísica**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Pretince Hall, 2003.

STEVENS et al. **Som e audição**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1969.



## Apêndice F

### Roteiro do trabalho de campo sobre a aplicação do ultra-som na Medicina

Vimos que uma das aplicações dos sons de alta frequência – os ultra-sons, são os exames de diagnósticos médicos. Esses exames são importantes porque ajudam os médicos a visualizar o interior do corpo por um método chamado não intrusivo (sem corte ou penetração de câmeras). Os ultra-sons também são muito utilizados em tratamentos fisioterápicos.

A proposta do trabalho é a seguinte:

Reúnam-se nos grupos determinados pelos professores e escolham uma clínica que possua essa técnica de exame ou de terapia. Mas lembre-se de telefonar e perguntar se é possível a entrada de um grupo de alunos e se existe uma pessoa com disponibilidade e que conheça a rotina do aparelho de ultra-som para responder suas perguntas.

Abaixo sugerimos algumas perguntas relevantes sobre o ultra-som na medicina. Se você quiser fazer ainda outras perguntas, faça-as, mas não esqueça de anotar tudo.

#### *Questões para investigação – clínica de fisioterapia*

- 1) Desde quando o ultra-som é usado nesta clínica?
- 2) Para que é usado o ultra-som?
- 3) O ultra-som substituiu alguma outra técnica de terapia?
- 4) Qual a vantagem do uso dos ultra-sons?
- 5) Qual a terapia mais comum feita pelo ultra-som?
- 6) Existe algum risco para o paciente? Existe tempo máximo de exposição?
- 7) Durante ou após o exame o paciente sente alguma coisa?
- 8) Quantos pacientes passam por dia, em média, pelo ultra-som?
- 9) O que alimenta o aparelho de ultra-som? (qual o combustível)
- 10) Quais as características físicas (intensidade, frequência, tempo de exposição) do ultra-som são possíveis variar no momento da terapia? Por quê?
- 11) Qual o período para a revisão do aparelho? E o custo?
- 12) A manutenção da máquina de ultra-som é feita por um Físico ou um técnico especializado?

*Questões para investigação – clínica de diagnose*

- 1) Desde quando o ultra-som é usado nesta clínica?
- 2) Para que é usado o ultra-som?
- 3) O ultra-som substituiu alguma outra técnica de diagnose?
- 4) Qual a vantagem do uso dos ultra-sons?
- 5) Qual o exame mais comum feito pelo ultra-som?
- 6) Existe algum risco para o paciente? Existe tempo máximo de exposição?
- 7) Que tipos de problemas são detectados no bebê, ainda na barriga da mãe, através do ultra-som?
- 8) Quando o bebê tem algum problema de formação física ou neurológica, fica sabendo durante o exame ou através do médico? A futura mãe pode sentir quando a criança tem algum problema? Que comportamento imediato é gerado na família a revelação de algum problema com o bebê?
- 9) Você saberia informar se as futuras mães fizeram planejamento familiar?
- 10) Geralmente as futuras mães vêm acompanhadas ou sozinhas ao exame? Se acompanhadas, por quem? (os futuros pais são a maioria dos acompanhantes ao exame?)
- 11) Que tipos de problemas, não natais, são detectados em pacientes?
- 12) Já é possível distinguir tecidos através do ultra-som?
- 13) Durante ou após o exame o paciente sente alguma coisa?
- 14) Quantos pacientes passam por dia, em média, pelo ultra-som?
- 15) O que alimenta o aparelho de ultra-som? (qual o combustível)
- 16) Quais as características físicas (intensidade, frequência, tempo de exposição) do ultra-som são possíveis variar no momento do exame? Por quê?
- 17) Qual o período para a revisão do aparelho? Custo?
- 18) A manutenção da máquina de ultra-som é feita por um Físico ou um técnico especializado?
- 19) Os exames através de ultra-sons são acessíveis a todos? O Sistema Único de Saúde (SUS) oferece essa técnica de exames?

Apêndice G

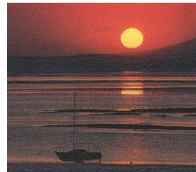
Prova Formal

- 1) Vimos que existem dois tipos de ondas, com características bem distintas: as *ondas eletromagnéticas* – por exemplo, a luz visível e as *ondas mecânicas* – por exemplo, o som. Associe as características às respectivas ondas:

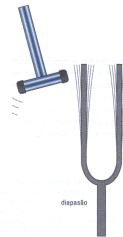
(a) ondas eletromagnéticas

(b) ondas mecânicas

- ( ) Propagam-se mais rapidamente no vácuo do que no ar.
- ( ) Necessitam da existência de um meio para propagar-se.
- ( ) Sua velocidade é absoluta no vácuo.
- ( ) Sua refração provoca mudança na posição aparente dos astros e objetos.



- 2) As figuras abaixo estão representando uma característica muito importante que ocorre na formação dos sons. Diga qual é essa característica e explique-a.



Dê outros dois exemplos que também comprovem este caráter vibratório do som.

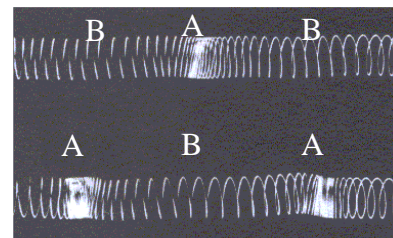
- 3) Na figura ao lado uma perturbação propaga-se ao longo de uma mola. Observe a figura e responda. Essa perturbação pode estar representando uma onda longitudinal ou uma onda transversal?

É mecânica ou eletromagnética?

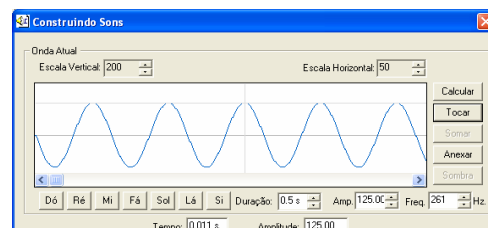
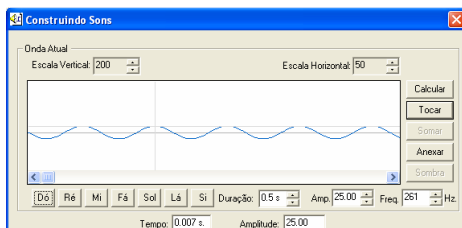
Ela transporta matéria ou energia?

Que pontos da figura podem representar regiões

Que pontos da figura podem representar regiões de compressão?



- 4) Abaixo estão duas telas do software Construindo Sons, utilizado em aula. Observe atentamente TODAS as informações destas duas telas e responda:



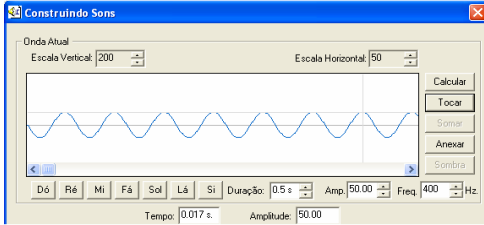
Se fosse possível clicar no botão TOCAR você ouviria a mesma nota musical? Justifique.



O som teria a mesma intensidade em ambas as telas?

Que grandeza física (amplitude, frequência, velocidade) está associada à intensidade do som?

5) Considere agora outras duas telas do programa Construindo Sons. Observe atentamente TODAS as informações destas duas telas e responda:



Se fosse possível clicar no botão TOCAR você ouviria a mesma nota musical?

O som teria a mesma intensidade em ambas as telas?

Qual destas telas produziria o som mais agudo?

6) Na tabela abaixo estão relacionados os tempos dos vencedores da corrida dos 100 metros, masculino e feminino, em algumas das Olimpíadas que já ocorreram na história desse evento esportivo, que reúne homens e mulheres do mundo todo. Sabendo que todos os participantes percorreram uma distância de 100 m e que a tabela fornece o tempo de cada um dos corredores, responda as questões abaixo:

	Ano	Local	Intervalo de tempo ( $\Delta t$ )	Velocidade média ( $\frac{m}{s}$ )
Masculino	1968	México	9,90s	
	2004	Atenas	9,85s	
Feminino	1988	Seul	10,54s	
	2004	Atenas	10,93s	

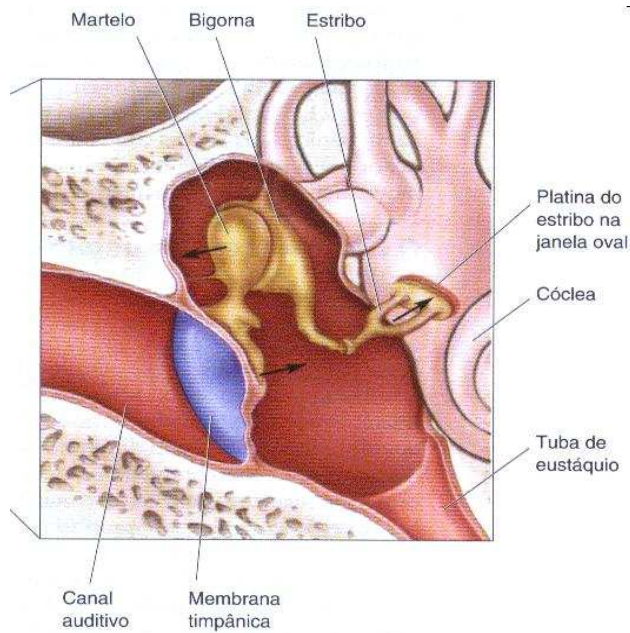
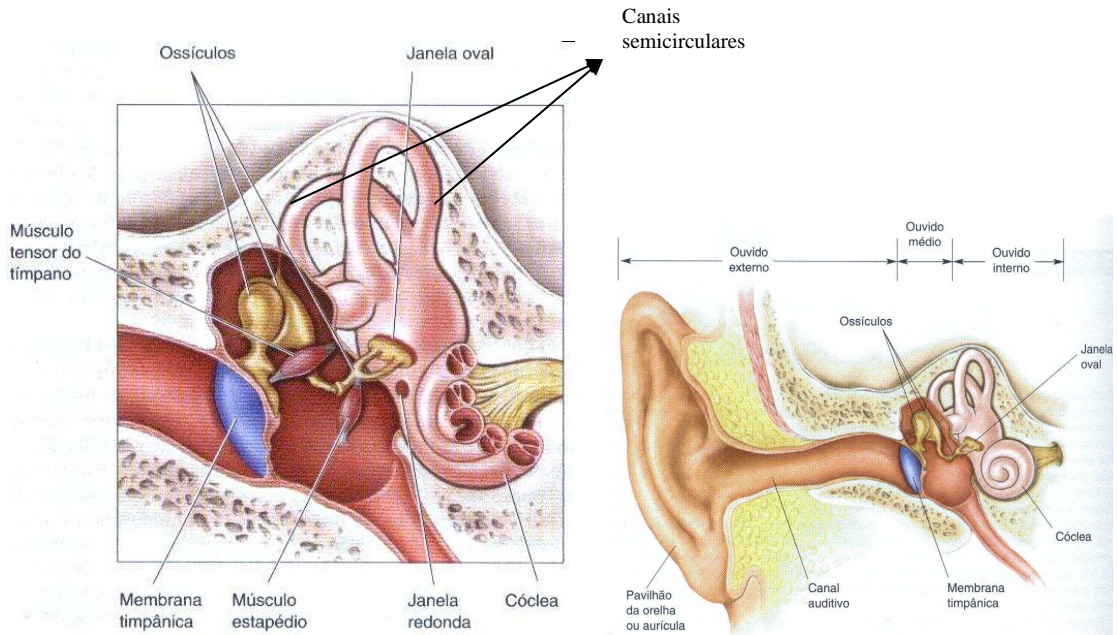
Calcule a velocidade do homem mais rápido do mundo e da mulher mais rápida do mundo, em cada Olimpíada. (Lembre-se:  $v = \frac{d}{\Delta t}$ )

Qual das duas categorias, masculino ou feminino, é mais veloz? Você saberia uma razão disso acontecer?

Com o passar dos anos, os atletas têm sido mais ou menos velozes? Explique por que isso vem acontecendo?

A previsão é que, com o passar dos anos, os atletas se tornem cada vez mais velozes. Para que isso aconteça, o atleta vencedor da próxima prova dos 100 m, na Olimpíada de 2008, deverá levar um intervalo de tempo maior ou menor do que 9,85 s?

7) A seguir estão três figuras do sistema auditivo humano. Associe a função com o órgão:



- a) Vibra microscopicamente quando atingido pela onda sonora: .....
- b) Os ..... são preenchidos de líquido e não participam da audição, mas são responsáveis pela manutenção do equilíbrio do corpo.
- c) O.....e o..... formam o ouvido externo.
- d) ..... são os três ossículos responsáveis pela amplificação do som do tímpano.
- e) O ..... está em contato com a janela oval e é o menor osso do corpo humano.
- f) Na ..... encontram-se as células ciliadas, responsáveis pela emissão de sinais elétricos ao cérebro, via nervo auditivo.

g) A função do músculo tensor do tímpano e do músculo estapédico é .....

8) A figura abaixo representa o efeito Doppler.



Escreva **verdadeira** ou **falsa** para cada uma das frases abaixo:

- a) A mudança na altura (frequência) do som devido ao movimento relativo (um em relação ao outro) entre a fonte sonora e o observador é denominada efeito Doppler. ( )
- b) O efeito Doppler ocorre porque o motorista aumenta o volume da sirene do caminhão. ( )
- c) O efeito Doppler tem aplicação na medicina, em diagnósticos de coração e fluxo sanguíneo. ( )
- d) Se o carro de bombeiro estivesse com a sirene ligada e estivesse parado diante do observador, da mesma forma o observador perceberia o efeito Doppler. ( )

## Apêndice H

### Roteiro da dissertação interdisciplinar com Língua Portuguesa

Ao iniciar a 8ª série do Ensino Fundamental o estudante é apresentado às novas disciplinas da área das ciências exatas: Física e Química.

É comum nestas disciplinas acontecerem aulas no laboratório, onde são realizadas algumas medidas de grandezas físicas ou investigadas algumas reações químicas. Desde o início deste trimestre as aulas de Física são, quase sempre, no laboratório, pois envolvem muitos procedimentos diferenciados, tais como: aulas com recursos áudio-visuais (retroprojeter, data-show), simulações computacionais (animações), demonstrações com equipamentos e experimentos diversos. Podemos chegar a conclusões importantes através dessas aulas experimentais ou, pelo menos, as aulas pareceram interessantes?

Outras áreas do conhecimento como a das artes (música, pintura, ...) e a das ciências humanas (história, filosofia, língua estrangeira, ...) parecem nada ter em comum com o desenvolvimento científico. Será verdade? Você diria que leitura e escrita não são importantes para a vida profissional de um cientista (ou de um futuro cientista)?

Os cientistas vivem isolados? Como os cientistas divulgam seus trabalhos? Para que serve o conhecimento científico que é produzido na atualidade? A ciência interfere na vida de cada um de nós? Como?

2005 é o Ano Mundial da Física! Ser apresentado à Física ao cursar a 8ª série neste ano é, no mínimo, um lance de sorte!

A Física tem muito prazer em conhecê-lo. E você, o que tem a dizer sobre a Física?

Você fará na dissertação um parágrafo de introdução, dois parágrafos de desenvolvimento (sobre dois tópicos) e o último parágrafo conclusivo. Para escrevê-los, siga as orientações abaixo. Não se esqueça de que você deverá argumentar suas idéias.

#### **Introdução**

De que forma as aulas de Física contribuíram para o seu conhecimento? Você acha que compreende um pouco melhor alguns fenômenos que acontecem no dia-a-dia? A Física contribui de alguma forma para a humanidade?

As participações de outros professores – Graziela de Música, Madelaine de Ciências, Maratia de Língua Portuguesa e Paulo de Religião - surpreenderam você pela contribuição destas disciplinas tão diferentes para a Física? (4 a 5 linhas)

**Desenvolvimento**1º parágrafo:

A respeito dos conhecimentos científicos, desenvolvidos pelos cientistas, que contribuições fundamentais houve para melhorar a qualidade de vida do homem? De que forma a Física contribuiu com isso? Dê um ou dois exemplos da contribuição da Física, que hoje são indispensáveis, e que melhoraram significativamente a qualidade de vida do homem. (4 a 5 linhas)

2º parágrafo:

Qual a contribuição de cada um dos professores que participaram das nossas aulas? Essas contribuições provam que a Física, na verdade, engloba todas as áreas de conhecimento? Dê exemplos de outras disciplinas que poderiam ter participado das nossas aulas e que contribuições poderiam ter trazido. (4 a 5 linhas)

**Conclusão**

Após esse trimestre, que foi o seu primeiro contato com a Física, quais são as suas expectativas (impressões) sobre a disciplina? O que você tem a dizer sobre a Física? (4 a 5 linhas).

## Apêndice I

CIÊNCIA E CONVIVÊNCIA SOCIAL: Planetário da UFRGS e Vila Planetário<sup>8</sup>

Maria Helena Steffani<sup>a</sup> ([steffani@if.ufrgs.br](mailto:steffani@if.ufrgs.br))  
 Laura Rita Rui<sup>b</sup> ([laurarui@cpovo.net](mailto:laurarui@cpovo.net))

<sup>a</sup>Departamento de Física - IF-UFRGS e Planetário/PROEXT - UFRGS

<sup>b</sup>Colégio Paula Soares (P. Alegre – RS) e Mestrado Profissional em Ensino de Física IF - UFRGS

### Resumo

*Crianças carentes de uma vila popular instalada ao lado do Planetário da UFRGS são convidadas a participar em uma das etapas de um projeto de dissertação de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física, que visa, a partir do estudo do SOM, motivar estudantes do ensino fundamental para a área das ciências exatas. Foi realizada uma série de atividades interdisciplinares com crianças de 9 a 13 anos, procurando desenvolver habilidades de utilização de diferentes linguagens (verbal, musical, matemática, gráfica, plástica e corporal) e de diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos. A aplicação dessa etapa do projeto, que consiste de um curso sobre SOM para este grupo em particular, ocorreu na Semana Nacional da Divulgação Científica (18 a 23 de Outubro de 2004) e teve como objetivo informar e formar essas crianças, cativando-as através da ciência e da observação da natureza.*

**Palavras-chave:** educação, som, inclusão social.

### Introdução

Diariamente o pátio do Planetário Prof. José Baptista Pereira da UFRGS é utilizado como área de lazer por crianças da Vila Planetário, uma vila popular instalada ao lado deste espaço universitário. Mensalmente parte dessa comunidade infantil participa das observações da Lua e de astros de destaque do céu noturno de Porto Alegre. Nas programações especiais do Planetário, em eventos astronômicos, as crianças da Vila também afluem expressivamente. Entretanto o convívio diário, por vezes, requer ajustes, pois a utilização do espaço externo do Planetário por parte desses usuários muitas vezes implica em destruição de parte do ajardinamento, depósito de materiais indevidos, deslocamento de pedras do calçamento ou destruição de sinalização. Como transformar essa realidade?

### Educação: a única saída

A educação é o agente transformador da sociedade e educadores somos todos nós - professores, alunos, pais e profissionais diversos, na escola ou fora dela. O Planetário da UFRGS tem se consolidado cada vez mais como um espaço de aprendizagem para alunos, professores e público em geral, através de suas múltiplas atividades: cursos, palestras, oficinas, exposições, observações orientadas, aulas especiais e programação de cúpula. Nosso objetivo é transformar as visitas ao Planetário, que muitas vezes representa um “passeio” para quebrar a rotina escolar, em um projeto interdisciplinar, agregando professores de áreas distintas como ciências exatas, humanas e artes.

Dentre os vários projetos em andamento no Planetário da UFRGS, estamos dando início ao projeto **Ciência e convivência social**, que visa ampliar a formação da comunidade da Vila Planetário, especialmente, das crianças e, ao mesmo tempo, construir coletivamente normas de convivência social baseadas no respeito à natureza.

Estabelecendo parcerias com departamentos e setores da UFRGS, pretendemos oferecer diversas atividades que busquem oportunizar a esses jovens um entendimento do mundo social e natural em que vivem, com as produções culturais e tecnológicas próprias de sua época. E, nesse contexto, a ciência tem papel de destaque e o Planetário surge, naturalmente, como espaço ideal.

### Explorando as diferentes linguagens através do SOM

Nessa perspectiva iniciamos o projeto **Ciência e convivência social**, propondo o primeiro curso interdisciplinar para crianças da Vila Planetário, que terá como tema central o SOM.

<sup>8</sup> Apoios: CAPES, PROEXT/UFRGS.

Foram realizadas diversas atividades tendo em vista estabelecer uma rede de conhecimento, procurando dar conta de alguns dos objetivos do Ensino Fundamental tais como formar cidadãos informados, críticos, capazes de expressar suas opiniões, seus sentimentos, suas discordâncias e também de ouvir seus parceiros e seus interlocutores.

Dentre as atividades previstas iniciamos com a apresentação do vídeo *Donald no país da Matemática* e posterior discussão dos assuntos abordados no filme. Jogos, natureza, matemática, instrumentos musicais e símbolos (triângulo, quadrado, retângulo, estrela) foram alguns dos itens citados pelas crianças para descrever o filme. Com elas, analisamos a presença constante da matemática nas diferentes áreas (música, formas na natureza, jogos, etc) e exploramos as proporções matemáticas entre os comprimentos de uma corda esticada em uma harpa e o som por ela produzido. As crianças foram estimuladas a relatarem suas vivências musicais e solicitamos que, para o próximo encontro, elas trouxessem seus instrumentos musicais, caso tivessem algum. Foi-lhes solicitado um registro de suas impressões sobre esse encontro em forma de texto ou desenho.

No segundo encontro, fez-se uma discussão sobre os instrumentos musicais trazidos pelas ministrantes e pelos alunos (violino, flauta doce, gaita de boca, pandeiro, acordeon, cavaquinho, teclado), procurando entender como o som era gerado neles e quais as características do som produzido. Os instrumentos musicais foram classificados como instrumentos de corda, de sopro, de percussão, etc. Foram introduzidos basicamente os conceitos de intensidade e altura dos sons e de timbre sonoro. O uso de um **monocórdio**, construído com uma corda de violino fixada em uma colher de madeira e com um arco feito com vários fios de nylon presos em uma espátula de madeira, permitiu reforçar as relações entre comprimento da corda e a altura dos sons emitidos. Para sistematizar e organizar as conclusões desse encontro, solicitamos aos alunos que respondessem algumas questões. Dadas as grandes diferenças de idade e de nível de escolaridade no grupo, essa atividade não foi completada pelos alunos nesse encontro e teve que ser retomada nos dois encontros seguintes. Como tarefa para o próximo encontro, os alunos deveriam construir um “telefone de lata” (ALVARENGA, 2004).

O terceiro encontro iniciou com o uso dos telefones construídos pelos alunos. A seguir foram realizadas experiências que permitiram explorar o caráter vibratório do som, sua propagação através do ar e o limite da percepção sonora humana: balão cheio em frente à “boca falante”; dedos na garganta enquanto falamos; observação de uma régua metálica presa por uma extremidade à beira da mesa, vibrando; observação de um diapasão vibrando; uso do aparato *Sereia de Seebeck* (sirene feita a partir do fluxo de ar que passa por uma roda toda perfurada, girando). Fazendo vibrar a extremidade livre da régua metálica fixada à mesa com um alicate, as crianças perceberam as vibrações; o som, entretanto, só se tornou audível quando, encurtando-se o comprimento da parte livre da régua, esta passou a oscilar bem mais rapidamente (FIGUEIREDO, 1986). Com o uso de uma mola maluca, demonstramos dois tipos de ondas: as transversais e as longitudinais. Exploramos também a forma da onda transversal, quando variávamos a frequência de oscilação da mola e as crianças conseguiram estabelecer, qualitativamente, a relação correta entre comprimento de onda e frequência da onda. Esse conteúdo foi reforçado com o uso de simulações em computador. Passou-se então a discutir a velocidade de propagação do som em diferentes meios. Os alunos concluíram que dois astronautas na superfície da Lua, onde não há atmosfera, não poderiam “conversar”. Para concluir a aula, parte dos alunos se organizaram de acordo com as características de suas vozes (eles mesmos fizeram a classificação em vozes agudas e graves) e improvisaram um coral, que se apresentou para os colegas.

O quarto encontro iniciou com uma discussão sobre o uso de espaços públicos e responsabilidade de preservação do mesmo, pois na aula anterior alguns alunos escreveram nas classes, deixaram pedaços de balão no chão e marcas de sapatos nas cadeiras estofadas. Discutiu-se brevemente também sobre a responsabilidade deles como usuários do pátio do Planetário. Em duplas, os alunos usaram os telefones construídos com os colegas e com as ministrantes. Discutiu-se então a intensidade sonora, o ouvido humano e como outros seres vivos captam os sons (OKUNO, 1982; FIGUEIREDO, 1987). Seguiu-se uma discussão sobre a capacidade auditiva dos seres vivos, explorando os softwares <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/ouvido.htm> (sobre ouvido humano) e [http://www.saudeanimal.com.br/animais\\_aurelio.htm](http://www.saudeanimal.com.br/animais_aurelio.htm), sendo que este último contém informações sobre animais e gravação de sons emitidos por muitos deles. Depois todos fizeram um passeio de investigação visual e sonora no pátio do Planetário. Verificaram que o conjunto de pedras pretas numa área calçada com pedras brancas representa uma “rosa dos ventos”. Noutro local, onde normalmente são colocados telescópios para observação do céu, também há indicações, no solo, da direção Norte-Sul. Por sua vez, conseguiram identificar a presença de algumas pedras em forma de números romanos e verificaram que a seqüência de números estava incompleta (tratava-se de um

“Relógio de Sol”, que hoje encontra-se parcialmente destruído). Quanto aos sons, identificaram o ruído do trânsito de veículos, buzinas, conversas, canto dos pássaros, carros com músicas de propaganda eleitoral, etc e avaliaram a influência do som externo nas atividades desenvolvidas no Planetário. Também observaram a flora no entorno do Planetário e a necessidade de preservá-la. Para encerrar o curso as crianças apresentaram um pequeno “show” de canto e dança.

### Considerações finais

A inclusão social através da educação é um dos objetivos que devem ser perseguidos por todos cidadãos conscientes dos problemas sócio-econômico-culturais do nosso país. Nesse contexto, a inclusão social de crianças menos amparadas é, potencialmente, um grande agente transformador da sociedade.

O Planetário da UFRGS se coloca como aliado nessa tarefa ao proporcionar às crianças carentes da Vila Planetário, além das atividades astronômicas de praxe (observações mensais dos astros de destaque no céu de Porto Alegre através de telescópios) também um curso sobre o SOM, valorizando as percepções musicais (JOURDAIN, 1997; WISNIK, 1999) delas e do meio em que vivem na construção dos saberes.

Na edição desse curso durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia de 2004 participaram do curso 12 crianças (10 meninas e 2 meninos) na faixa etária de 9 a 13 anos. O nível de escolaridade era bastante variado: 2ª série (1 aluno), 3ª série (3 alunos), 4ª série (7 alunos) e 5ª série (1 aluno). Um dos alunos que mais se destacou no grupo, tendo sido capaz de formular várias conclusões que refletiam uma aprendizagem significativa, aparentemente não apresenta o mesmo desempenho em sala de aula, pois apesar de contar com 13 anos de idade encontra-se ainda cursando a 4ª série do Ensino Fundamental.

Durante a edição do curso, as crianças tiveram oportunidade de participar de outras atividades no Planetário programadas para aquela semana de ciência e tecnologia. Uma delas foi uma oficina intitulada *Bandeira do Brasil: seus símbolos e seus significados*, realizada em cooperação com o Comando Militar do Sul. Em ocasiões anteriores as crianças teriam “propositadamente” buscado inviabilizar a realização dessas atividades, provavelmente como forma de chamar atenção sobre a presença delas. Dessa vez, entretanto, fizeram questão de trazer seus vizinhos e amigos da Vila Planetário, mas eles próprios repassavam aos seus convidados as “regras de convivência”. Foi com orgulho e brilho nos olhos que um dos nossos alunos hasteou a bandeira nacional no pátio do Planetário, ao som de uma banda militar.

Acreditamos que esse curso, que procurou alicerçar sua proposta pedagógica em Vygotsky, para o qual o *desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais, que ocorre mediada por instrumentos e signos* (Moreira, 1999, p.90), muito mais do que informar é capaz também de formar essas crianças, cativando-as através da ciência e da observação da natureza e despertando nelas o comprometimento com o mundo em que vivem.

### Referências

- ALVARENGA, J. P. et al; *Ciências naturais no dia-a-dia: 7ª série do Ensino Fundamental*, Curitiba: Nova Didática, 2004.
- FIGUEIREDO, A. F. e TERRAZZAN, E. A.; *O som*, Rev. Ens. Ciências, nº 16, setembro 1986.
- FIGUEIREDO, A. e TERRAZZAN, E.; *O ouvido e o som*, Rev. Ens. Ciências, nº 17, março 1987.
- JOURDAIN, Robert; *Música, Cérebro e Êxtase: como a música captura nossa imaginação*; Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 1997.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem Significativa*, Brasília: Editora Unb, 1999.
- OKUNO, E. et al; *Física para ciências biológicas e biomédicas*, São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.
- WISNIK, José Miguel. *O som e o sentido – uma outra história das músicas*. São Paulo, Cia. Das Letras, 1999.





**CIÊNCIA E CONVIVÊNCIA SOCIAL: Planetário da UFRGS e Vila Planetário**  
 Prof. Dr. Maria Helena Steffani e Prof. Laura Rita Rui

**Qual será o assunto?**

O filme *Donald no País da Matemática* estimulou a imaginação e, no final, a discussão em grande grupo finalmente revelou o assunto do curso: **O SOM**



**Uma grande orquestra musical !**



Reunimos e "tocamos" os mais variados instrumentos musicais.

Conclusões: Para que haja som, é necessário bater, soprar, distender cordas, atritar! A mesma nota musical é distinta em diferentes instrumentos musicais.



**"O som é como um vento !"**

Através do software *Construindo Sons*, observamos o modelo do som, além das suas variações para agudos ou graves e fortes ou fracos.'

As simulações são importantes, já que "o som é como um vento", ou seja, é invisível.

**Os sons da natureza**

Explorando os sons produzidos por vários animais no site <http://www.saudeanimal.com.br>, discutimos as características desses sons (mecanismo de produção), os sistemas auditivos (infra e ultrasons) e também a propagação do som em diferentes meios.

As crianças registraram, através de desenhos, os diversos sons percebidos no pátio do Planetário.



*Através da Física, mostramos às crianças da Vila Planetário um pouco da maravilha por trás de produzir e escutar sons.*

Apoio: Capes



## Apêndice J

## ENSINO DE FÍSICA: Novos Paradigmas

Laura Rita Rui [laurarui@cpovo.net](mailto:laurarui@cpovo.net)  
Maria Helena Steffani [helena.steffani@ufrgs.br](mailto:helena.steffani@ufrgs.br)

Geralmente a inserção da Física como disciplina se dá na 8ª série do Ensino Fundamental e freqüentemente tem como objetivo introduzir conceitos físicos que serão abordados na 1ª série do Ensino Médio. O ensino de Física que se pratica é, via de regra, de caráter acadêmico, com um currículo que não oportuniza incursões a outras áreas do conhecimento; é desarticulado do cotidiano e dos saberes do aluno e restringe-se a um ou dois períodos de aula semanais. A aprendizagem significativa é, muitas vezes, entendida como quantidade de informação; a linguagem científica é vista somente como uma aplicação da matemática; a ciência é ensinada e praticada de forma compartimentada.

Independente do conteúdo a ser abordado na 8ª série, é fundamental romper com esse modelo secular e planejar uma diversidade de atividades que envolvam os alunos na sala de aula e fora dela, os professores de ciências e de outras disciplinas e os recursos das novas tecnologias. Um projeto de dissertação de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física, aplicado em 2005 no Colégio La Salle Dores em Porto Alegre, propôs uma nova abordagem da Física para alunos da 8ª série. Esse projeto, que tem o Som como tema centralizador, envolveu aulas e professores de informática, biologia, português e música e explorou o uso de recursos tecnológicos, além de qualificar e ampliar o contato dos alunos com o professor através do uso da ferramenta Teleduc.

Depois de uma discussão inicial com pesquisadores, os alunos tiveram uma visão geral da construção do conhecimento científico explorando imagens e animações em computador e resgatando um pouco da história da ciência, especialmente a importância dos trabalhos de Albert Einstein para a Física atual – justificando ser 2005 o Ano Mundial da Física. Essa discussão inicial gerou incursões na Física Moderna (dualidade onda-partícula) e na extensa aplicação da Física (das partículas subatômicas aos limites do Universo) e oportunizou perguntas nas mais diversas áreas da Ciência. O uso da ferramenta Teleduc foi particularmente importante nesse aspecto por ser um ambiente de comunicação independente de dia e horário de aula, sanando em parte a falta de tempo de discussões prolongadas e de explicações mais detalhadas (por parte do professor), e também de questionamentos sobre o assunto da aula ou de outras áreas da Física (por parte dos alunos). Conceitos físicos como velocidade do som foram desdobrados para discutir temas importantes como velocidade e leis de trânsito (formação de cidadãos conscientes) e aplicações em outras áreas (tecnologia a serviço do homem).

Com esse trabalho, acreditamos ter motivado os alunos para a área das ciências exatas e ter propiciado o desenvolvimento de habilidades e competências próprias que auxiliarão os estudantes a se tornarem cidadãos informados, críticos, capazes de expressar suas opiniões.





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



## ENSINO DE FÍSICA: Novos Paradigmas

Laura Rita Rui [laurarui@cpovo.net](mailto:laurarui@cpovo.net)

Drª Maria Helena Steffani [helena.steffani@ufrgs.br](mailto:helena.steffani@ufrgs.br)



### VELOCIDADE

A velocidade foi definida e calculada para o som e para algumas modalidades esportivas. As consequências da alta velocidade no trânsito e conceitos como aceleração, tempo, energia cinética e tempo de reação foram discutidos.



### FÍSICA MODERNA

No Ano Mundial da Física, a importância de divulgar os trabalhos de Einstein e introduzir a Física Moderna.



O comportamento peculiar da luz  
A luz tem comportamento de partícula, não energia transmitida fora do fóton (E=hv).  
Um fóton transporta da quantidade variável de energia a depender de um dado fóton.  
O que aconteceu na interação a transmissão de luz incidente no espelho? Justifique!



### CONSTRUINDO SOMS

Através do programa Construído Soms, os alunos perceberam a diferença auditiva ao variar a frequência e a amplitude das ondas sonoras e visualizaram a representação das mesmas.

# Novos Paradigmas



### PRODUÇÃO DE SOMS EM INSTRUMENTOS MUSICAIS

Os instrumentos musicais revelaram as diferentes maneiras de produzir sons. A frequência, a amplitude e o timbre foram analisados para os diferentes instrumentos.



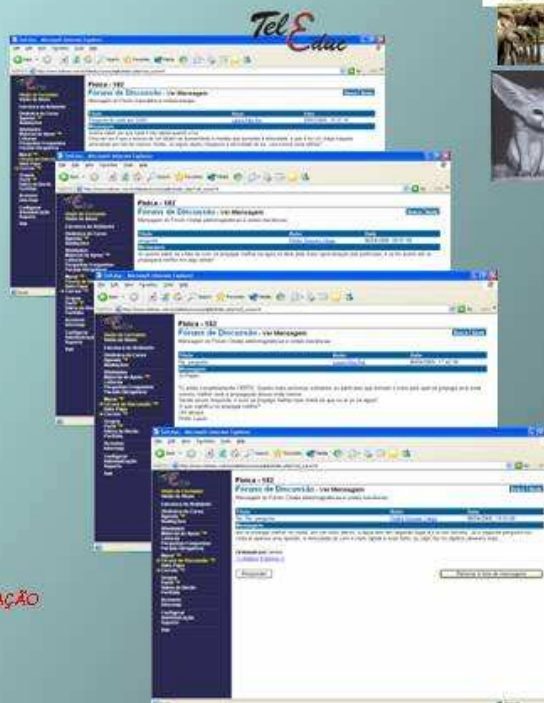
### A AUDIÇÃO

O estudo de vibração das ondas sonoras teve destaque na investigação dos sistemas auditivos do homem e dos animais.



### REPRESENTAÇÕES DE ONDAS MECÂNICAS

Utilização de uma mala para representar as ondas de vibração de ondas mecânicas.



### APLICAÇÃO

A teoria sobre ondas sonoras ganha aplicabilidade, por exemplo, com o ultra-som na Medicina.

Projeto interdisciplinar aplicado nas oitavas séries do Colégio La Salle Dores em 2005, com a colaboração das professoras Graziela Schaefer - Música, Madelaine Ostrek Webber - Ciências e Maria Marafra - Língua Portuguesa.



## Apêndice K

## Apresentação na I Jornada de Trabalhos do Mestrado Profissional em Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
 Laura Rita Rui (laurarui@povo.net)  
 Dr.ª Miria Helena Steffani (helena.steffani@frgs.br)

## I Jornada de Trabalhos do MPEF

Uma proposta de introdução de conceitos físicos na oitava série através do SOM e algumas importantes curiosidades e aplicações de ondas mecânicas

## OBJETIVOS

Através do estudo da onda sonora e de suas propriedades, ajudar o estudante de oitava série a construir conceitos físicos importantes, além de enriquecer sua visão de mundo.

## ASSUNTOS DESENVOLVIDOS

- \* Existência de ondas mecânicas e eletromagnéticas: propriedades e diferenças associadas;
- \* características da onda sonora e suas relações com o som audível;
  - \* os instrumentos musicais e o timbre;
- \* o sistema de audição humana e de algumas classes de animais;
- \* velocidade do som no ar e sua propagação em outros meios;
- \* velocidade de atletas em diversas modalidades esportivas e a consequência da alta velocidade no trânsito;
  - \* os infra e ultra-sons.

## METODOLOGIA DE TRABALHO

- \* As atividades foram desenvolvidas basicamente usando os laboratórios de Física e de Informática para atividades práticas, demonstrativas e expositivas e
- \* através do *Tel Educ*, que permitiu a participação dos alunos nos *Fóruns de Discussão* propostos e a possibilidade de lançar em suas próprias dúvidas e de participarem das dúvidas dos colegas e sugerirem soluções.

## AVALIAÇÃO

- \* Pré e pós-teste sobre questões que envolvem o som no seu dia-a-dia;
- \* atividade como software *Construindo Sons* (USP);
- \* cálculo das velocidades de atletas olímpicos de 2004 em algumas modalidades esportivas;
  - \* prova;
- \* entrevista com um profissional da área médica que faz uso do ultra-som;
  - \* dissertação avaliativa da Física e do curso.



## ANO MUNDIAL DA FÍSICA

Após a aula de apresentação dos professores de Física, os alunos assistiram *slides* que objetivaram mostrar o alcance da Física na natureza e também a razão pela qual 2005 é o Ano Mundial da Física.





### O caráter interdisciplinar

O SOM revelou-se um assunto com grande potencial de articulação com áreas usualmente difíceis de relacionar com a Física.

A participação de professores de outras disciplinas foi fundamental para enriquecer as aulas de Física e aproximar áreas distintas de ensino.

O projeto envolveu professores de Ciências, Artes, Língua Portuguesa e Religião.

### C IÊNCIAS

A professora de Ciências participou das aulas de Física quando estudamos os sistemas de audição humana e dos animais.

### LÍNGUA PORTUGUESA

A professora de Língua Portuguesa participou também por ocasião do estudo do ouvido humano através de:

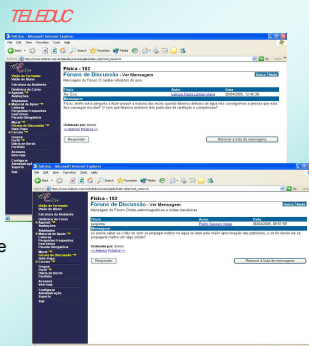
- \* uma pergunta lançada, via *Tel Educ*, a respeito da formação de ditongos nasais (aparelho fonador), que depois seria esclarecida em aula de Língua Portuguesa
- \* uma dissertação sobre a Física e as expectativas geradas nos alunos.

### ENSINO RELIGIOSO

Por ocasião da proposta de um trabalho relacionado à aplicação do ultra-som foram abordadas questões relacionadas ao uso do ultra-som na Medicina, em clínicas de diagnóstico e de terapia.

Sendo o ultra-som um importante exame para acompanhamento do processo de gestação, o professor de Religião integrou-se ao nosso projeto explorando a necessidade de cuidados com a criança, mesmo antes do seu nascimento.

Aliado ao único período semanal, a ferramenta *Tel Educ* foi usada para disponibilizar os registros dos assuntos discutidos em aula e também como meio de comunicação durante a semana para a discussão de dúvidas geradas sobre Física.



### TRABALHOS RELACIONADOS AO PROJETO

- \* Semana Nacional de Divulgação Científica UFRGS de 18 a 23/10/2004
- \* XI SNEF de 24 a 28/01/2005
- \* Mostra de Pós Graduação da UFRGS de 11 a 14/05/2005
- \* Apresentação para duas turmas da disciplina *Campo Profissional: docência* do curso de Licenciatura em Biologia como proposta interdisciplinar Física-Biologia, em 08/06/2005
- \* Oficina MPEF para professores de ensino fundamental e médio, em 14/07/2005



## Apêndice L

**Música e Física em “hastes cantantes”, sonômetro e outros instrumentos**

Maria Teresinha Xavier Silva<sup>a</sup> ([teka@if.ufrgs.br](mailto:teka@if.ufrgs.br))

Laura Rita Rui<sup>b</sup> ([laurarui@cpovo.net](mailto:laurarui@cpovo.net))

Maria Helena Steffani<sup>c</sup> ([helena.steffani@ufrgs.br](mailto:helena.steffani@ufrgs.br))

<sup>a</sup>Departamento de Física - IF-UFRGS

<sup>b</sup>Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física IF - UFRGS

<sup>c</sup>Departamento de Física - IF-UFRGS e Planetário/PROEXT – UFRGS

A música faz parte do dia-a-dia de todas as pessoas desde a mais tenra idade. É aliada importante especialmente na educação infantil, pois através da vivência musical procura-se desenvolver habilidades diversas nas crianças e, ao mesmo tempo, promover a sociabilidade no grupo. Entre os brinquedos infantis disponíveis no comércio há uma grande diversidade de instrumentos musicais - pianinhos, pequenos xilofones, cornetas plásticas, tambores – enfim coisas que mais produzem barulho do que propriamente “som” do ponto de vista, principalmente, de um adulto musicalmente alfabetizado. Já no ensino fundamental, muitas crianças e adolescentes passam a se interessar por algum instrumento musical, quer por influência das aulas de artes na escola, quer por sugestão da família. Ao longo de sua formação fundamental os estudantes deste nível de ensino têm aulas de ciências e, particularmente na 8ª série, aulas de Física. Esta disciplina apresenta-se geralmente como uma matéria que exige muita matemática e que pouco se relaciona com outras disciplinas ou mesmo com o cotidiano dos alunos. Esta realidade pode e deve ser mudada. Existem infinitas formas de abordar conteúdos de física buscando vivências, interesses e conhecimentos dos alunos nas mais diversas áreas. A *astronomia*, por exemplo, fascina pessoas de todas as idades e níveis de escolaridade; o tema *luz e cores* pode desencadear um leque de abordagens de conteúdos para os mais diversos níveis de ensino. Muitos outros temas podem servir de alicerce para construir uma proposta de ensino-aprendizagem de Física capaz de construir uma aprendizagem significativa e motivar os estudantes para a área das ciências exatas.

O *SOM* é talvez um dos temas mais fascinantes tanto por sua diversidade quanto por sua complexidade. A produção, a propagação e a percepção do som envolvem conceitos físicos, biológicos, artísticos e psíquicos que perpassam todas as áreas do conhecimento humano. Afinal, o que diferencia, fisicamente, o barulho e o som musical? Quantas e quais sensações são despertadas por uma seqüência de notas musicais em diferentes pessoas? Por sua vez, no contexto da Física, o estudo da produção, propagação e percepção do som introduz uma gama enorme de conceitos físicos: vibração, freqüência, período, velocidade, comprimento de onda, energia, pressão, ressonância, etc. Já no contexto artístico, conceitos como ritmo, harmonia, tom, melodia e outros parecem em nada relacionarem-se com os conceitos físicos mencionados. O estudo do ouvido humano nas aulas de biologia quase sempre tem um caráter mais informativo, restringindo-se, via de regra, à identificação das partes que compõe o ouvido com as descrições de suas funções básicas.

Já é tempo de romper com este modelo de ensino fragmentado e desarticulado. Através do programa de extensão *Ano Mundial da Física (AMF 2005) no Planetário* queremos aproximar a Física cada vez mais de toda população e mostrar a beleza e a simplicidade de suas leis, que descrevem o comportamento da natureza do macro ao micro-mundo. *Música e Física em “hastes cantantes”, sonômetro e outros instrumentos* tem como objetivo a investigação de algumas propriedades relacionadas à produção de sons em barras metálicas, cordas, tubos e membranas. Serão explorados aparatos simples, de baixo custo e não tradicionalmente usados nas escolas para o ensino de ondas sonoras e serão utilizados recursos de informática como os softwares Construindo Sons e Spectrogram.

O uso de novas tecnologias tem possibilitado a realização em escolas de ensino básico de experimentos que anteriormente poderiam ser realizados apenas em bem equipados laboratórios das grandes universidades. O uso do Spectrogram nesta oficina é um exemplo típico de procedimento experimental que outrora só poderia ser realizado com microfones acoplados a osciloscópios. Estes recursos tecnológicos aliados à acuidade pessoal permitem melhor compreender conceitos relacionados à percepção do som como altura, intensidade e timbre.

Esta oficina é dedicada principalmente aos professores de Ciências, Física, Biologia e Música de ensino básico e a estudantes e público geral com vivência musical. Todos estão convidados a trazerem seus instrumentos musicais!



## Apêndice M

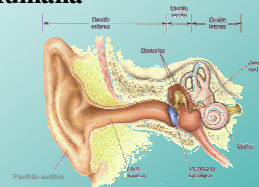
## Apresentação no I Encontro Estadual de Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Mestrado Profissional em Ensino de Física  
Laura Rita Rui [laurarui@cpovo.net](mailto:laurarui@cpovo.net)  
Drª Maria Helena Steffani [helena.steffani@ufrgs.br](mailto:helena.steffani@ufrgs.br)

### Um recurso didático para ensino de Física, Biologia e Música

Apoio parcial: Capes

### A Física na Audição Humana



- Justificativa
- Painel e texto complementar
- Objetivos: 8ª série Ensino Fundamental  
Ensino Médio  
Formação de professores de Ciências
- Problemas na prática docente

### Justificativa

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – base comum para a elaboração e reelaboração dos currículos nas escolas do país, destacam:

*“Em relação aos conteúdos conceituais, particularmente de quinta a oitava séries, persiste uma tendência que os aborda de modo estanque nas disciplinas científicas, tais como se consagraram há mais de um século, e de forma caricatural. Apresenta-se separadamente Geologia, dentro de água, ar e solo; Zoologia e Botânica, como sendo classificação dos seres vivos; Anatomia e Fisiologia humana, como sendo todo o corpo humano; Física como fórmulas, e Química como o modelo atômico-molecular e a tabela periódica. As interações entre os fenômenos, e destes com diferentes aspectos da cultura, no momento atual ou no passado, estudadas recentemente com maior ênfase nas Ciências Naturais, estão ausentes...”*

### Objetivos: 8ª série do Ensino Fundamental

\*disponibilizar ao professor de Ciências um recurso didático capaz de dar continuidade ao estudo das séries anteriores, introduzindo conceitos físicos e a própria importância da Física no dia-a-dia;

\*possibilitar a interação com professores de outras áreas de ensino, como Música, Língua Portuguesa e Matemática.

### Objetivos: Ensino Médio

\*disponibilizar ao professor de Física um recurso didático capaz de aprofundar os conceitos de Física já estudados, relacionando-os ao funcionamento do corpo humano;

\*possibilitar a interação com professores de outras áreas de ensino, como Biologia, Música e Química.

### Objetivos: Formação de professores de Ciências

- \* Painel – recurso visual;
- \* texto de apoio - material complementar para auxiliar o professor;
- \* sugestões de atividades diversas;
- \* níveis de aprofundamento da abordagem variados.

*É possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento. (Jerome Bruner)*



### **Problemas na prática docente**

- \* Falta de material para uso “imediato”;
- \* carga horária do professor, que freqüentemente ocupa os três turnos, em mais de uma escola;
- \* especializar-se e produzir materiais, quer seja individual ou para projetos interdisciplinares, requer tempo para pesquisa e produção;
- \* dificuldade das bibliotecas públicas em adquirir bibliografia atualizada e específica para pesquisa;
- \* dificuldade de interação entre professores de diferentes áreas de ensino.

*O ofício não é imutável. Suas transformações passam principalmente pela emergência de novas competências (ligadas, por exemplo, ao trabalho com outros profissionais ou à evolução das didáticas) ou pela acentuação de competências reconhecidas, por exemplo, para enfrentar a crescente heterogeneidade dos efetivos escolares e a evolução dos programas. Todo referencial tende a se desatualizar pela mudança das práticas e, também, porque a maneira de concebê-las se transforma (Perrenoud, 2000, p. 14).*





## ANEXOS

### Anexo A

#### Carta da Sociedade Brasileira de Física

Em 1905, trabalhando no Escritório Suíço de Patentes, Albert Einstein publicou cinco trabalhos extraordinários. O primeiro artigo chegou à revista *Annalen der Physik* em 18 de março. Einstein propôs um modelo corpuscular para a luz – introduzindo a idéia revolucionária do quantum de luz (fóton) – e, com isso, explicou o efeito fotoelétrico. A comprovação de seu modelo para esse efeito lhe daria mais tarde o Prêmio Nobel. Depois de seis semanas, o jovem cientista apresentou sua tese de doutoramento, que tratava das dimensões das moléculas e como estas contribuíam para a mudança na viscosidade da água. Em seguida, submeteu para publicação seu trabalho que dizia respeito ao incessante movimento de pequenas partículas na água – chamado de Movimento Browniano. Ele mostrou que o movimento era causado por moléculas de água que colidiam continuamente com as partículas. Em junho daquele ano, introduziu a teoria especial da relatividade. Baseado no fato experimental de que a velocidade da luz,  $c$ , é constante, mudou as leis da mecânica de forma a compatibilizá-las com a experiência. E em setembro, como consequência dessa teoria, deduziu a equação mais famosa da física:  $E = mc^2$ , mostrando a equivalência de massa e energia; trabalho publicado na *Annalen der Physik*.

Para comemorar os 100 anos desses importantes trabalhos de Einstein, organizações internacionais como ONU, UNESCO, IUPAP e muitas outras se uniram para decretar 2005 como o Ano Mundial da Física (World Year of Physics – WYP2005). Assim, foi criado internacionalmente um *Steering Committee* para coordenar as atividades a serem desenvolvidas nesse ano, em todo o mundo, e a Sociedade Brasileira de Física (SBF) se agregou a esses esforços. O principal objetivo do WYP2005 é chamar a atenção do público em geral, especialmente dos jovens, para a importância e o impacto da física no mundo moderno. Impacto não só nos avanços teóricos e experimentais da física, mas também suas grandes contribuições de um mundo melhor e suas inter-relações com outras áreas do conhecimento.

Adalberto Fazzio  
Presidente da Sociedade Brasileira de Física

