

Marta Sofia Gonçalves dos Santos Carvalho e Simões Dias

Relatório de Estágio,
incluindo um estudo sobre concepções alternativas sobre som

Lisboa
2011

Departamento de Ciências Sociais Aplicadas

**Relatório de Estágio,
incluindo um estudo sobre concepções alternativas
sobre som**

Por

Marta Sofia Gonçalves dos Santos Carvalho e Simões Dias

*Relatório de Estágio apresentado na Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do
grau de Mestre em Ensino de Física e de Química*

Orientado por

Vítor Duarte Teodoro

Florinda Madeira

Lisboa

2011

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Ao professor Vítor Duarte Teodoro, pelos constantes desafios durante o mestrado e, em especial, nesta investigação. Pela sua disponibilidade, empenho e carinho.

À professora Florinda Madeira, orientadora de estágio, por me ter aberto novamente a porta da sua sala de aula, e permitido uma vez mais ser sua aluna. Pela sua disponibilidade em especial nas horas de revisão deste trabalho.

À professora Maria do Carmo Oliveira, por me ter acolhido carinhosamente nas suas funções de subcoordenadora e, acima de tudo, por ter partilhado comigo os seus anos de experiência.

Ao professor Carlos Morais, por me ter permitido acompanhá-lo nas funções de Director de turma.

Ao meu pai, por me ter feito acreditar na loucura deste empreendimento e por acreditar sempre em mim.

À guardiã dos afectos da família, a minha mãe, por nunca deixar de ser mãe e por ser a maior guerreira que eu conheço.

Ao Mário, por toda a ginástica logística que desenvolveu para permitir que este mestrado acontecesse. Por ser muitas vezes pai e mãe e, em especial, por me fazer acreditar em mim.

À Margarida, por todas as horas de mãe trocadas por horas de mestranda e por ser a minha pequena musa.

Ao Paulo Alves, pela paciência e carinho com que sempre me corrigiu e pelas longas horas que despendeu nas revisões deste relatório.

Ao Carlos Melo, pelo desafio e pelo apoio logístico.

Resumo

O presente relatório descreve as principais actividades desenvolvidas no estágio pedagógico, realizado no âmbito do Mestrado em ensino da Física e da Química. O estágio teve lugar na Escola Secundária Fernando Namora, no ano lectivo 2010/2011, sob orientação pedagógica do professor Vítor Duarte Teodoro e orientação de estágio da professora Florinda Madeira.

No decorrer deste, a professora estagiária acompanhou as actividades lectivas de uma turma de 11.º ano, na disciplina de Física e Química A, tendo leccionado integralmente a unidade temática sobre comunicações. Além disso, participou pontualmente nas actividades lectivas de uma turma de 10.º, também na disciplina de Física e Química A, e de uma turma de 12.º, na disciplina de Física. Acompanhou igualmente a preparação e desenvolvimento de diversas actividades não lectivas de divulgação da ciência, organizadas pelo grupo disciplinar. Participou ainda em Conselhos de turma, reuniões de Grupo, Departamento e sectoriais, por anos de escolaridade do Ensino Secundário. Por fim, assistiu o professor Carlos Morais nas funções de Director de turma.

Este relatório contempla ainda uma secção sobre as actividades desenvolvidas no âmbito da unidade curricular de Investigação Educacional. Com este intuito foi desenvolvida uma pequena investigação subordinada ao tema “Concepções alternativas sobre som”. Para levar a cabo esta investigação, diagnosticaram-se as principais concepções alternativas dos alunos sobre som, antes da leccionação, através de um teste diagnóstico apropriado. Com base nestas concepções foi construída uma sequência pedagógica para esta temática. No final do percurso, aplicou-se o mesmo teste, avaliando a progressão dos alunos. O estudo permitiu identificar algumas das concepções mais frequentes presentes na bibliografia. Além disso, apesar das limitações do estudo, verificou-se uma redução das principais concepções alternativas diagnosticadas.

Abstract

The following report describes the main activities developed in a pedagogical internship, in order to obtain the Master Degree on Teaching of Physics and Chemistry.

The internship took place at Escola Secundária Fernando Namora, throughout the school year of 2010/2011, and was supervised by professor Vitor Duarte Teodoro, as Educational Supervisor and professor Florinda Madeira, as Traineeship Supervisor.

During the internship, the trainee teacher accompanied the school activities of an 11th grade Physics and Chemistry A class, having taught integrally the thematical unit about communications. She also attended punctually the activities of a 10th grade Physics and Chemistry A class, and a 12th grade Physics class. Furthermore, she followed the preparation and development of several science divulgation activities, organized by the disciplinary group. She participated still in class Councils, Group, Department and sectorial meetings, concerning each grade. She ultimately assisted professor Carlos Morais as class Director.

This report contains a section on the activities developed in the course of *Investigação Educacional*. A small investigation has been developed about "Misconceptions about sound". In order to understand student's main misconceptions about sound, an appropriate diagnostic test was made, before any teaching activity. Based on these misconceptions, a pedagogical sequence regarding the unit on sound was set up. At the end, the same test was applied, evaluating the students progression. This study allowed for an identification of some of the most frequent misconceptions referred in the bibliography. Furthermore, despite the study's limits, a reduction on the main diagnosed misconceptions could be verified.

Índice

Agradecimentos.....	VII
Resumo.....	IX
Abstract.....	XI
Índice.....	XIII
Índice de figuras.....	XV
Índice de tabelas.....	XVII
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento.....	3
2.1. Reflexão pessoal.....	3
2.2. Caracterização da escola.....	6
2.2.1. Localização.....	6
2.2.2. Instalações.....	8
2.2.3. Recursos humanos.....	11
2.2.4. Oferta educativa.....	12
2.2.5. Projecto educativo.....	13
3. Actividades desenvolvidas no âmbito do estágio pedagógico.....	15
3.1. Caracterização da turma (11.º 1).....	16
3.2. Leccionação de Física e Química A 11.º ano.....	20
3.2.1. Leccionação da primeira unidade de Física – “Movimentos na Terra e no Espaço”	20
3.2.2. Leccionação da segunda unidade de Física – “Comunicações”.....	21
3.2.3. Leccionação da Química.....	22
3.2.4. Avaliação dos alunos.....	25
3.3. Acompanhamento de Física e Química A 10.º ano e Física 12.º ano.....	26
3.4. Direcção de turma (11.º 1).....	27
3.5. Actividades de divulgação da ciência.....	29

3.5.1. Laboratório aberto	29
3.5.2. Projecto “A Química na ESFN”	30
3.5.3. Visita de um técnico de som.....	30
3.5.4. Palestra “A Física da Música”, professor Fernando Parente.....	30
3.5.5. Produção de biodiesel.....	31
3.6. Visitas de estudo.....	32
3.6.1. Visita de estudo Física e Química 11.º ano.....	32
3.6.2. Visita de estudo Física e Química 10.º ano.....	33
3.6.3. Visita de estudo Física 12.º	33
4. Actividades desenvolvidas no âmbito de Investigação Educacional: Concepções alternativas sobre som.....	35
4.1. Problema em estudo.....	35
4.2. Estado da arte	37
4.3. Metodologia	45
4.3.1. Participantes.....	45
4.3.2. Instrumento	45
4.3.3. Procedimentos.....	45
4.4. Resultados	67
4.5. Conclusões.....	69
5. Reflexões finais	71
Referências bibliográficas.....	73
Anexo 1 – Ficha Biográfica	77
Anexo 2 – Teste diagnóstico	79
Anexo 3 – Grelhas de análise dos testes diagnósticos.....	83

Índice de figuras

Figura 1 - Escola Secundária Fernando Namora vista de satélite	6
Figura 2 - Freguesia da Brandoa vista de satélite, com destaque para a escola secundária Fernando Namora.....	6
Figura 4 - Fórum e Jardim Luís de Camões.....	8
Figura 5 - Escola Secundária Fernando Namora (Pavilhão B e C, à frente, e pavilhão D e A, ao fundo).....	8
Figura 6 – Laboratório de Química.....	9
Figura 7 – Bancada com extractor no Laboratório de Química	10
Figura 8 – Sala de apoio da D2 (arrecadação de Física).....	10
Figura 9 - Escola Secundária Fernando Namora (Pavilhão D).....	12
Figura 10 – Gráfico da escolaridade dos pais dos alunos	17
Figura 11 – Gráfico das classificações médias obtidas pelos alunos no passado ano lectivo	17
Figura 12 - Gráfico das disciplinas preferidas pelos alunos e disciplinas onde os alunos manifestam mais dificuldades	18
Figura 13 - Gráfico das expectativas dos alunos em relação à escola	19
Figura 14 – Esboço da montagem de uma titulação	23
Figura 15 - Curva de titulação esperada.....	24
Figura 16 – Aspecto geral do software <i>Audacity</i>	49
Figura 17 – Sinal obtido pela gravação de um diapasão de 440 Hz	50
Figura 18 – Análise de frequência de parte do sinal obtido pela gravação de um diapasão de 440 Hz	52
Figura 19 – Sinal obtido pela gravação de uma flauta (nota “lá”)	53
Figura 20 - Análise de frequência de parte do sinal obtido pela gravação de uma flauta (nota “lá”)	53
Figura 21 – Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 440 Hz e 880 Hz	54

Figura 22 – Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 440 Hz e da sua soma	55
Figura 23- Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 880 Hz e da sua soma	55
Figura 24 - Sinal sonoro das frequências 440 Hz, 880 Hz e da sua soma.....	55
Figura 25 - Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 440 Hz, 880 Hz e da sua soma.....	56
Figura 26 - Aspecto geral do software <i>Modellus</i> 4.5 beta	57
Figura 27 - Aspecto geral do ficheiro “ <i>wave,transversal.modellus</i> ” no software <i>Modellus</i> 4.5 beta.....	58
Figura 28 - Imagem do software <i>Modellus</i> , com uma partícula a oscilar	58
Figura 29 - Imagem do software <i>Modellus</i> com duas partículas a oscilar	59
Figura 30 - Imagem do software <i>Modellus</i> , com vinte e três partículas a oscilar	59
Figura 31 - Imagem do software <i>Modellus</i> , com vinte e três partículas a oscilar e com o gráfico da oscilação de três partículas (deslocamento à posição de equilíbrio em funções do tempo).....	60
Figura 32 - Aspecto geral do ficheiro “ <i>waves, transversal and longitudinal</i> ” no software <i>Modellus</i> 4.5 beta.....	61
Figura 33- Figura do manual adoptado, ilustrativa da produção de um som	62
Figura 34- Figura do manual adoptado, ilustrativa da propagação de um som.....	62
Figura 35- Imagem ilustrativa de um vídeo sobre a produção e propagação de um som	63
Figura 36- Imagem de um vídeo que tenta reproduzir a interacção do som com o ar.	63

Índice de tabelas

Tabela 1 – Principais dados sobre a Freguesia da Brandoa	6
Tabela 2 – Pontuação das respostas dos alunos no teste	46

1. Introdução

Este relatório descreve as principais actividades desenvolvidas no estágio pedagógico realizado no âmbito da unidade curricular Prática Profissional do Mestrado em ensino da Física e da Química. O estágio decorreu na Escola Secundária Fernando Namora, no ano lectivo 2010/2011, com orientação pedagógica a cargo do professor Vítor Duarte Teodoro e orientação de estágio a cargo da professora Florinda Madeira.

Durante o estágio pedagógico coube à professora estagiária acompanhar a professora orientadora em todas as funções inerentes à actividade de professora mas sobretudo na planificação das actividades lectivas e leccionação da disciplina de Física e Química A na turma 1 do 11.º ano. A professora estagiária acompanhou as actividades lectivas da mesma disciplina, participando nas práticas laboratoriais, da turma 2 do 10.º ano da qual era professora titular a professora orientadora. Colaborou ainda com a professora Maria do Carmo Oliveira, docente de Física do 12.º ano, nas actividades práticas da disciplina. Acompanhou esta última e os seus alunos numa visita de estudo ao Instituto Tecnológico e Nuclear.

A professora estagiária acompanhou a preparação e desenvolvimento de diversas actividades não lectivas de divulgação da ciência como a construção do “Presépio Químico” ou o “Laboratório Aberto”, onde se procedeu à montagem de experiências simples e apelativas para alunos do Ensino Básico das escolas vizinhas, bem como daquela em que decorreu o estágio. Participou também na recepção dos mesmos, durante a semana em que decorreu esta mostra. Coadjuvou a actividade “Química na ESNF”, acompanhando os alunos na realização de diversas actividades como a construção de um jogo “Trivial de Química” e um torneio do mesmo. Neste âmbito, procedeu-se ainda à pesquisa de informação relativa aos prémios Nobel da Química dos últimos dois séculos, com a posterior construção de uma galeria numa das salas de aula utilizadas para o ensino de Química e Física.

A professora estagiária esteve presente em todos os Conselhos de turma e, sempre que possível, nas reuniões de Grupo, de Departamento e sectoriais por anos de escolaridade do Ensino Secundário. Acompanhou, de igual forma, o professor Carlos Morais nas funções de Director de turma do 11.º1, a qual acompanhou nas actividades lectivas de Física e Química A.

No âmbito da unidade curricular de Investigação Educacional foi desenvolvida uma pequena investigação subordinada ao tema “Concepções alternativas sobre som”. Para a sua concretização foi elaborado um teste diagnóstico que se aplicou antes da leccionação da unidade temática sobre som, com vista à identificação das principais concepções alternativas dos alunos. Construiu-se então uma sequência pedagógica que pudesse favorecer a aprendizagem significativa dos alunos, fundada nas concepções encontradas, tendo-se, posteriormente, aplicado o mesmo teste diagnóstico para analisar a progressão na aprendizagem dos alunos da turma. Todo o procedimento será apresentado no capítulo 4.

2. Enquadramento

2.1. Reflexão pessoal

Começo esta reflexão sobre o que é ser professor de Física e Química, abordando um pouco o que penso ser hoje o papel do professor. O significado de ser professor, classicamente uma carreira de distinção na sociedade, tem vindo a sofrer profundas alterações com o passar do tempo e, em particular, nos últimos anos.

Outrora o professor era detentor de “todo” o conhecimento e dava aos seus alunos aquilo que havia recebido. Havia uma transmissão do conhecimento, muitas vezes desprovida de auto-reflexão e interpretação. Hodiernamente, o papel do professor é um desafio muito maior. Face à imensa informação facilmente acessível na televisão, jornais, livros e, mais substancialmente, na internet, a simples doação de conhecimento é inaceitável. O papel do professor ganhou uma nova dimensão na formação de cada aluno: o professor tem que ensinar a questionar, a pensar, a “olhar” o mundo e a desenvolver um espírito crítico, para que cada aluno possa construir os seus próprios juízos.

Uma das grandes ideias deste mestrado, para mim, foi, precisamente, onde começámos: nos princípios da aprendizagem. Foco os que, para mim, são mais importantes: *aprender não é um resultado de ensinar; a aprendizagem efectiva precisa de feedback; aprende-se melhor o que se pratica.*

Estes princípios em tudo atestam o que referi como sendo as exigências para hoje ser professor. A simples transmissão do conhecimento pode não garantir que a aprendizagem é efectiva, pois este pode, muitas vezes, ser adquirido de forma distorcida, limitada ou mesmo errada. Voltamos aqui ao primeiro princípio que referi, *aprender não é um resultado de ensinar*. Por muito bem que o professor possa ensinar, não há garantia alguma de que o aluno tenha aprendido e, muito menos, que sequer tenha escutado. Além disso, qualquer aluno facilmente discerne o que deve saber para

ter sucesso num exame, não sendo de todo indicador de que adquiriu de forma efectiva determinado conhecimento. Antes, apenas atesta que o aluno consegue memorizar e debitar com muita fluidez o que lhe foi pedido.

O segundo princípio referido, *a aprendizagem efectiva precisa de feedback*, vem reforçar a ideia do novo papel do professor, bem como do novo papel do aluno. Já não se espera que o aluno fique sentado a receber o conhecimento por osmose, mas que trabalhe juntamente com o professor, elaborando e resolvendo questões e exercícios, recebendo e dando um constante *feedback* da sua aprendizagem. Em suma, acredito que a verdadeira aprendizagem é fruto de uma partilha e não de uma mera transferência do conhecimento.

O terceiro princípio que refiro, *aprende-se melhor o que se pratica*, é um selo da sociedade actual e um indício das suas alterações. Num mundo onde vamos a qualquer lugar através da televisão ou da internet, em que podemos saber tudo (ou quase) em qualquer instante é, mais do nunca, essencial a demonstração e a prática. Um conhecimento teórico sem demonstração ou aplicabilidade, facilmente é esquecido. No entanto, se for marcado por uma actividade prática, uma aplicação num problema real ou uma actividade laboratorial, a aprendizagem desse conhecimento é reforçada.

Não se pode ensinar ciência como se ensina História, Português ou Geometria. Cada disciplina têm a sua própria dinâmica e, sem dúvida, na ciência a dinâmica passa pela experimentação.

Os alunos não podem praticar com exercícios previsíveis e irreais, pois assim não desenvolvem o pensamento crítico nem aprendem a analisar informação. É necessário realizar exercícios abordando vários contextos e ajustá-los, o mais possível, à realidade dos alunos. Além disso, estes necessitam de expressar as suas ideias, debatê-las com os colegas e obter *feedback* acerca dos seus raciocínios, mais além da mera resolução de tarefas. À semelhança das actuais actividades laboratoriais, obrigatórias no programa de Física e Química A, podemos ver que, partindo de uma questão-problema, podemos trabalhar um enorme conjunto de conceitos, compreendê-los e “vê-los” em prática.

No que respeita às experiencias, elas podem ser demonstrativas, refutadoras, indutoras de conceitos ou mesmo investigativas, sendo que, o importante é experimentar. Como diz o provérbio químico: *uma semana no laboratório pode poupar um dia na biblioteca*. Esta é a vivência de um cientista. Na verdade, penso que o trabalho de laboratório é uma partilha única, pois um cientista tem o eterno gosto de aprender. Podemos inclusive

dizer que a satisfação em aprender observa-se “numa criança em idade pré-escolar, ou num cientista. Ambos estão sempre a aprender, são conscientes disso e adoram” (Papert, 1997). Se aliarmos isso ao seu gosto por ensinar, pode ser uma jornada extraordinária.

Este não é um processo fácil (e nem sempre possível), mas em ciência, muito mais que legar conhecimentos e ensinar conteúdos, é preciso ajudar a desenvolver capacidades e competências. Assim, é preciso trabalhar os números, a lógica e a capacidade de lidar com o abstracto. É necessário aprender a observar, registar e saber tirar conclusões, bem como desenvolver a capacidade crítica e criativa. A tudo isto podemos juntar tantas outras competências e capacidades necessárias para fazer dos jovens não grandes aprendizes, mas grandes cientistas.

2.2. Caracterização da escola¹

2.2.1. Localização

A Escola Secundária Fernando Namora situa-se na Brandoa, uma das freguesias do Município da Amadora, o Município mais densamente povoado do País.

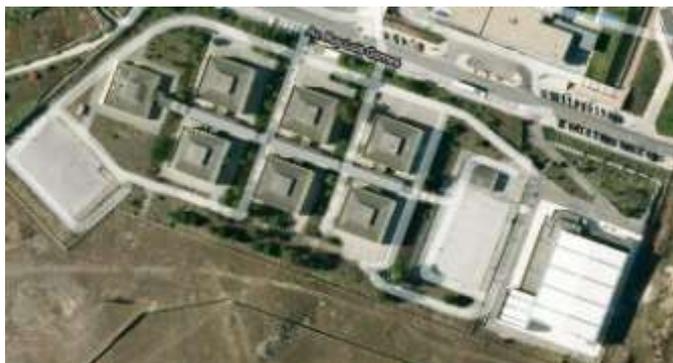


Figura 1 - Escola Secundária Fernando Namora vista de satélite



Figura 2 - Freguesia da Brandoa vista de satélite, com destaque para a escola secundária Fernando Namora

A Escola serve os alunos residentes na freguesia da Brandoa bem como os da freguesia vizinha, Alfovelos, que estava integrada na freguesia da Brandoa até 1997.

Tabela 1 – Principais dados sobre a Freguesia da Brandoa

A Freguesia da Brandoa	
Gentílico	Brandoense
Concelho	Amadora
Área	2,39 km ²
População	15 647 hab. (2001)
Densidade	6 546,9 hab./km ²
Padroeira	Santa Teresa do Menino Jesus

Resenha histórica

As primeiras referências que existem sobre este local datam de 1575 e referem ter existido, nos arredores de Lisboa, uma quinta de nome Brandoa. O nome da quinta teve origem nos seus proprietários – Dr. Jerónimo Vaz Brandão e sua filha Maria Brandoa.

¹ O grosso da informação deste ponto é uma adaptação da que consta no Projecto Educativo da Escola, consultável nas instalações da mesma e em <http://www.esfnnet.com/namora/mod/resource/view.php?id=8> (acedido em Setembro de 2011).

Em meados de 1960, deu-se início ao processo de construção clandestina, processo este que está directamente relacionado com o surto migratório das populações do campo para a cidade, fenómeno que veio provocar uma falta de resposta da grande cidade ao problema da habitação sobretudo pelo custo das habitações.



Figura 3 - Quinta da Brandoa

Em 1979, foi criado o Município da Amadora e, no ano seguinte, em 22 de Fevereiro, tomou

posse a primeira Junta de Freguesia da Brandoa. A Freguesia da Brandoa era então constituída por sete Bairros: Azinhaga dos Besouros, Casal de Alforneiros, Rua de Alforneiros, Urbanização de Alforneiros, Bairro 11 de Março, Quinta da Laje e Brandoa. A construção clandestina foi de tal ordem que no fim da década de 60 este foi considerado o maior bairro clandestino da Europa. A partir da década de 80, desenvolveram-se políticas de reabilitação da zona, com a criação de infra-estruturas básicas e equipamentos sociais como creches, escolas, parques infantis e centros de apoio à população idosa, bem como espaços verdes. Deu-se início ao processo de urbanização e legalização das construções feitas até então. Em 1997, procedeu-se à divisão administrativa da Freguesia, dando origem à nova Freguesia de Alforneiros.

Em 2002, a Brandoa foi abrangida pelo PROQUAL (Programa Integrado de Qualificação das Áreas Suburbanas da Área Metropolitana de Lisboa), na sequência do qual se está a proceder à requalificação sócio-urbanística. Assim, a população assistiu à criação do Centro de Juventude, Centro Cívico, Centro de Dia e Centro de Convívio e Lazer (edifícios onde estão instaladas as associações da Brandoa e um Pavilhão Polidesportivo), o Jardim Luís de Camões e zonas envolventes, um novo Mercado, uma nova escola que integra jardim-de-infância, A.T.L. e 1.º Ciclo do Ensino Básico, um centro de escritórios e serviços, espaços verdes, equipamentos para a terceira idade, o Parque Urbano da Paiã, ligações rodoviárias e ligações ao nível da rede viária entre o troço da Brandoa - Falagueira e o Casal da Mira.



Figura 4 - Fórum e Jardim Luís de Camões

São várias as instituições existentes nas duas Juntas de Freguesia (Brandoa e Alfofnelos) que influenciam directamente a dinâmica da Escola, nomeadamente o Fórum Luís de Camões que reúne um vasto leque de serviços públicos e culturais para a comunidade da Brandoa: sedes de associações desportivas, culturais e recreativas, mercado, Biblioteca, Ciber - café, salas para formação e ocupação de tempos livres.

2.2.2. Instalações

A Escola Secundária Fernando Namora ocupa um edifício, inaugurado no ano lectivo 1989/1990, composto pela portaria, seis pavilhões de dois pisos, refeitório e pavilhão gimnodesportivo.



Figura 5 - Escola Secundária Fernando Namora (Pavilhão B e C, à frente, e pavilhão D e A, ao fundo)

No pavilhão A estão centralizados os serviços fundamentais ao funcionamento da escola: Secretaria, A.S.E, Sala de Convívio dos Professores, Reprografia, P.B.X., Direcção Executiva, Sala de trabalho dos Professores, Sala de Directores de Turma, Centro de

Recursos (Biblioteca), Serviço de Orientação Escolar, Sala de atendimento dos E.E. e Serviço de Apoios Educativos.

Os pavilhões B, C, D e F têm salas de aula normais e salas específicas para as diversas áreas educativas como Laboratório de Ciências da Natureza (pavilhão C), Laboratório de Biologia (pavilhão F), Laboratório de Química, Laboratório de Física e salas para as aulas de Ciências Físico-Químicas (pavilhão D), sala de Educação Tecnológica e sala de Educação Visual (pavilhão B), sala de Técnicas de Expressão (pavilhão B), Laboratório de Matemática (pavilhão B), salas para CEF (pavilhão B, C e F) e sala de Oficinas de Arte (pavilhão F).

No pavilhão E além das salas de aula encontra-se a Papelaria, o Bar e a Sala de Convívio dos alunos e de Convívio dos Funcionários.

Recursos para o ensino das ciências

O ensino da Física e da Química está centralizado no pavilhão D. Descreve-se se seguida brevemente os principais espaços a ele destinados.

- Laboratório de Química (D3) com sala de reagentes, sala de preparação dos materiais para as aulas e lavagem do material e sala das balanças.

O Laboratório está disponível para todas as turmas do Ensino Secundário nos respectivos horários da aula semanal destinada às actividades laboratoriais, dado terem carácter obrigatório. Por vezes é utilizado para as aulas do Ensino Básico, por gestão do espaço entre os professores do Ensino Secundário e Ensino Básico.



Figura 6 – Laboratório de Química

O Laboratório tem capacidade para 4 grupos de trabalho, pois tem 4 bancadas, cada uma com 2 lavatórios, um bico de Bunsen e arrumação. Uma das bancadas tem extractor e à disposição de todos os grupos estão duas hottes.



Figura 7 - Bancada com extractor no Laboratório de Química

A sala de preparação da Química serve se apoio à realização das experiências tendo lavatórios, estufa, destilador, lava-olhos e chuveiro.

- Sala para o ensino das Ciências Físico-Químicas (D2) com sala de apoio (arrecadação)

Nesta sala decorre a maioria das aulas teórico-práticas e algumas aulas práticas de Física do Ensino Secundário. Esta sala está próxima do Laboratório de Química sendo por isso fácil a deslocação para aquele quando necessário. A arrecadação adjacente a esta sala funciona como arrecadação dos materiais de Física (principalmente do Ensino Secundário). A sala D2 está equipada com um conjunto de computadores, tanto para utilização dos alunos que aí têm aulas de diferentes disciplinas como para recurso do ensino das Ciências.



Figura 8 - Sala de apoio da D2 (arrecadação de Física)

- Sala para o ensino das Ciências Físico-Químicas (D7) com sala da preparação da Física

Esta sala encontra-se no 1.º piso e é utilizada principalmente pelas turmas do Ensino Básico. Tem lavatórios de apoio, bem como acesso a uma sala contígua - Sala de preparação da Física onde estão guardados muitos dos materiais necessários à realização das aulas, sobretudo de carácter experimental. Tal como a sala D2, permite a realização da maior parte das experiências de Física do Ensino Básico e várias experiências de Química.

2.2.3. Recursos humanos

Alunos

A Escola Secundária Fernando Namora possui mais de mil alunos, distribuídos pelo 3º Ciclo do Ensino Básico, pelo Ensino Secundário e pelo Ensino Nocturno.

A população escolar, proveniente na sua grande maioria das Escolas Básicas 2,3 de Alfovelos e Sofia de Mello Breyner Andresen na Brandoa, tem características muito heterogêneas, atendendo ao meio socioeconómico de onde são oriundos os estudantes. A escolaridade dos pais dos alunos é em geral baixa apresentando a maioria apenas o 1.º ciclo. As mães possuem um nível de ensino ligeiramente superior (6.º ou 9.º anos de escolaridade) mas são, contudo, os pais que, maioritariamente, detêm o ensino secundário e cursos médios.

Profissionalmente as categorias dos pais mais representadas situam-se na área dos serviços; seguem-se a área comercial (30,2%) e operários e trabalhadores especializados ou semiespecializados (19,3%). Em relação às mães, as categorias que mais se destacam são as ligadas aos serviços e área comercial (26,8%) e trabalho não especializado, tal como empregadas auxiliares de vários sectores (saúde, educação) ou domésticas (28,4%). No geral, pode afirmar-se que as mães se encontram num estatuto sócio - económico mais baixo relativamente aos pais. Uma percentagem significativa dos estudantes revela carências económicas.

Pessoal docente e não-docente

O corpo Docente é maioritariamente do Quadro de Escola, dando resposta a cerca de 75% das necessidades da mesma. A escola possui 46 funcionários entre Administrativos, Guardas-nocturnos e Assistentes Operacionais. A Direcção da escola é composta pela directora, subdirectora e adjuntos.

Apesar do empenho por parte da escola no sentido de serem criadas a Associação de Pais e Encarregados de Educação e a Associação de Estudantes, não tem sido possível manter em funcionamento de forma continuada nenhuma destas Associações.

2.2.4. Oferta educativa

A oferta da escola abrange o 3º ciclo do Ensino Básico e o Ensino Secundário, tanto em regime diurno como em regime nocturno.

Em regime diurno a escola oferece, a nível do ensino básico, o ensino regular, bem como cursos CEF (Cursos de Educação e Formação) e turmas de percurso curricular alternativo. A nível do ensino secundário, além do ensino regular para prosseguimento dos estudos, existem também alguns cursos profissionais.

No ensino nocturno, a escola têm ao dispor cursos EFA (Educação e Formação de Adultos), quer de ensino básico, quer de ensino secundário. Além disso oferece, a nível do ensino básico, cursos PPT (Português para Todos) e Formação em Competências Básicas. O ensino secundário pode ser também realizado através do ensino recorrente por módulos.



Figura 9 - Escola Secundária Fernando Namora (Pavilhão D)

2.2.5. Projecto educativo

O projecto educativo da escola em vigor (2007/2010), pretende responder aos principais problemas identificados no Relatório de Auto-avaliação daquela anterior à sua elaboração:

1. Reduzido número de actividades de enriquecimento curricular devido ao deficiente envolvimento dos professores, dos alunos, dos funcionários e dos pais e encarregados de educação em projectos;
2. Taxas de transição de ano deficitárias em alguns anos de escolaridade;
3. Insuficiente envolvimento dos Encarregados de Educação.

Como resposta a estes problemas foram estabelecidos os seguintes objectivos e metas, a atingir nos três anos referidos:

1. Melhorar a qualidade do processo de ensino/aprendizagem;
2. Promover um maior sucesso dos alunos;
3. Dotar a escola de novos projectos;
4. Envolver os Encarregados de Educação na dinâmica da escola.

3. Actividades desenvolvidas no âmbito do estágio pedagógico

No âmbito do estágio pedagógico a professora estagiária acompanhou a turma 1 do 11.º ano quer na disciplina de Física e Química A com a professora orientadora, por ser uma das três turmas da escola do curso científico humanístico de ciências e tecnologia de 11.º ano, quer nas funções de Directora de turma com o professor Carlos Morais, em virtude da professora orientadora não exercer as referidas funções neste ano lectivo.

Ao longo do estágio a professora estagiária participou ainda pontualmente nas actividades lectivas de Física e Química A do 10.º2, cuja docente da disciplina era a professora orientadora, e de Física de 12.º ano acompanhando a professora da disciplina, Maria do Carmo Oliveira.

Auxiliou na preparação, organização, planeamento e realização de actividades de divulgação da ciência e visitas de estudo organizadas pelo grupo disciplinar.

Os manuais escolares adoptados para o 11.º ano foram ambos da Texto Editores. No que respeita ao ensino da Química, foi escolhido o *Jogo de Partículas* (de Maria da Conceição Dantas e Marta Duarte Ramalho) e, relativamente à Física, o *11F* (de Graça Ventura, Manuel Fiolhais, Carlos Fiolhais, João Paiva e António José Ferreira). Deste modo, no restante trabalho, quaisquer referências ao termo “manual do aluno”, dizem respeito a uma destas obras.

3.1. Caracterização da turma (11.º 1)

Uma das tarefas de Director de turma é fazer a caracterização da turma no início do ano lectivo e, em virtude da professora estagiária estar a acompanhar o Director de turma nas suas funções, esta caracterização ficou a seu cargo. Para a caracterização da turma foi utilizada como base a ficha biográfica existente na escola (Anexo 1), que é preenchida anualmente por todos os alunos da escola. Um dos alunos não preencheu a sua ficha e alguns não preencheram a ficha na totalidade pelo que os dados aqui apresentados não são completos. Os dados aqui apresentados foram tratados no início do ano lectivo pelo que foi considerada a turma como era constituída nessa altura.

A turma tinha 23 alunos, 11 rapazes e 12 raparigas. Destes 23 alunos, 15 eram provenientes do mesmo grupo turma, os restantes 8 alunos foram integrados por se encontrarem em situação de repetição. Todos os alunos retidos no ano anterior se encontravam matriculados nas disciplinas Matemática, Física e Química A e Biologia Geologia e apenas dois repetiam também disciplinas de formação geral.

Durante o ano lectivo, alguns alunos anularam a matrícula de forma que no final do ano lectivo a turma tinha apenas 19 alunos.

A média das idades era de 16,5 anos e a moda 16. A idade das raparigas variava entre os 15 e os 17 anos e a dos rapazes entre os 16 e os 19 anos.

A freguesia de residência da maioria dos alunos é a Brandoa, existindo apenas 6 alunos residentes em freguesias vizinhas, pelo que os alunos se deslocam para a escola principalmente a pé, alguns de autocarro e outros de carro (sobretudo de manhã).

A maior parte dos alunos faz parte de uma família nuclear sendo o agregado familiar constituído pelos pais e em alguns casos irmãos. É de realçar que existem 3 casos de famílias monoparentais. Os pais apresentam uma média de idades de 48 anos e as mães 45 anos, pelo que, a maior parte se encontra ainda numa situação profissional activa. Apenas a mãe de um aluno se encontra desempregada e dois pais reformados. A escolaridade dos pais não é muito elevada, tendo a maioria dos pais o 9.º ou 12.º ano de escolaridade. Entre as mães dos alunos, 3 têm formação superior assim como 1 pai, como se pode analisar no gráfico da Figura 10 – Gráfico da escolaridade dos pais dos alunos.

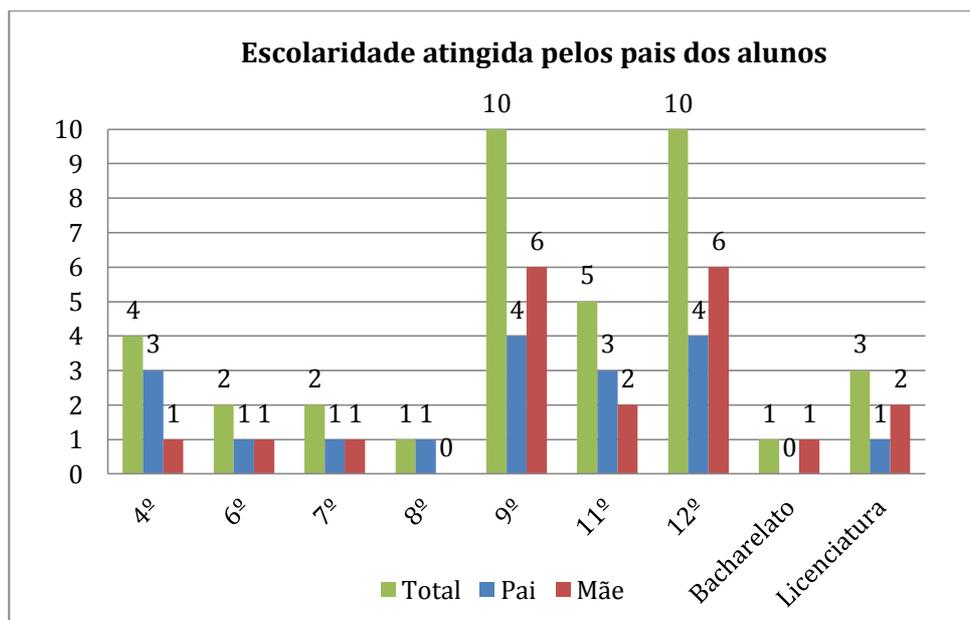


Figura 10 – Gráfico da escolaridade dos pais dos alunos

O número de indivíduos com um irmão é o mesmo que o número de indivíduos com nenhum (9 casos), existindo ainda duas situações de indivíduos com 2 e 3 irmãos. A maior parte destes irmãos encontra-se a estudar.

Quanto ao percurso escolar, 19 alunos afirmam ter frequentado o ensino pré-escolar. A maioria dos alunos nunca sofreu retenções sendo que, a terem ocorrido, terá sido no 11.º ano. Existem dois alunos com 2 retenções.

De acordo com as informações fornecidas pelos alunos quanto à avaliação do passado ano lectivo, relativas às disciplinas favoritas e disciplinas com mais dificuldade, foi possível obter os gráficos das figuras seguintes:

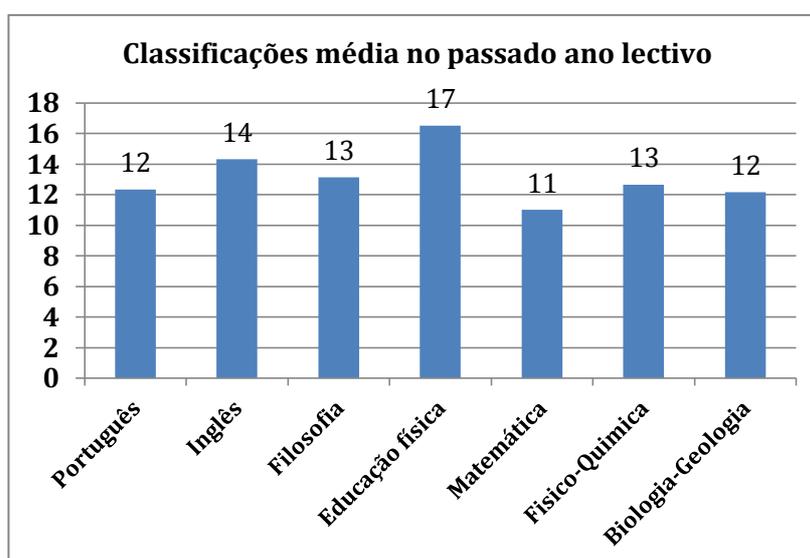


Figura 11 – Gráfico das classificações médias obtidas pelos alunos no passado ano lectivo

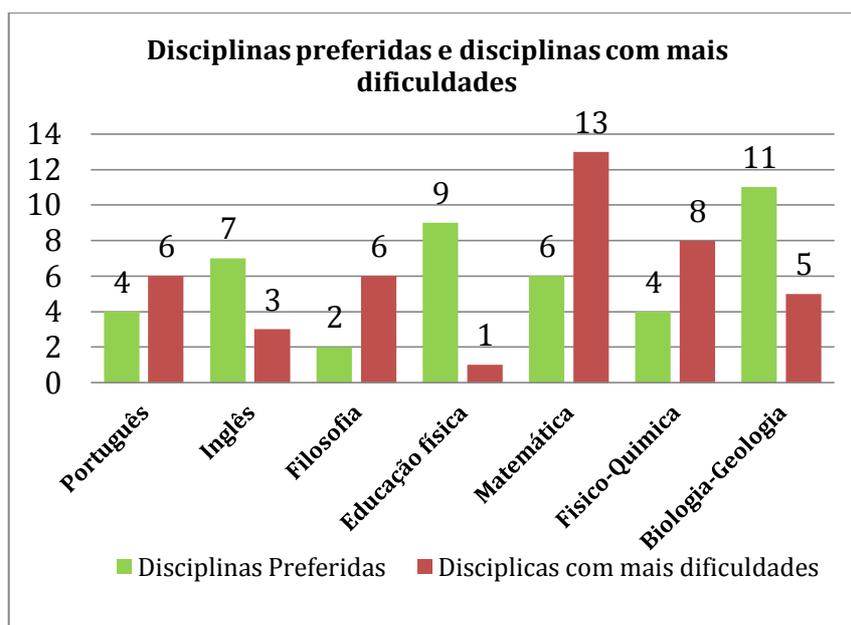


Figura 12 - Gráfico das disciplinas preferidas pelos alunos e disciplinas onde os alunos manifestam mais dificuldades

É curioso verificar que o gosto dos alunos pela disciplina de Educação Física se revela significativo nas classificações médias do passado ano lectivo; no entanto esta relação não acontece no caso da Biologia e Geologia que, sendo a disciplina preferida, tem uma das mais baixas classificações médias. Matemática é a disciplina onde mais alunos referem ter mais dificuldades e isso reflecte-se na classificação média mais baixa. Na disciplina de Física e Química A, que é a segunda disciplina onde os alunos dizem ter mais dificuldades, verifica-se um valor de classificação intermédio no contexto de todas as disciplinas.

A maior parte dos alunos diz estudar em casa (principalmente no seu quarto), no entanto apenas 6 dizem estudar todos os dias. A maior parte dos alunos diz não ter ajuda nos estudos mas alguns deles referem a ajuda dos pais, explicadores e colegas. Pode verificar-se a partir dos dados obtidos no gráfico da Figura 13 - Gráfico das expectativas dos alunos em relação à escola - que nenhum aluno revelou más expectativas em relação à escola.

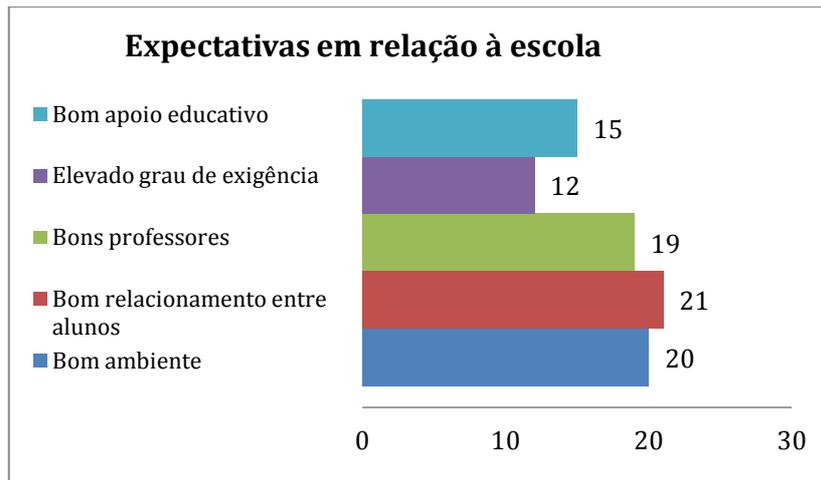


Figura 13 - Gráfico das expectativas dos alunos em relação à escola

Quanto ao futuro a maior parte dos alunos ambiciona uma formação universitária fundamentalmente ligada à área da Saúde ou das Ciências.

3.2. Leccionação de Física e Química A 11.º ano

Ficaram ao encargo da professora estagiária diferentes actividades de ensino, conforme o plano de estágio:

1. Observação – Sempre em colaboração e à disposição da orientadora ajudando na aula previamente preparada em conjunto.
2. Co-ensino – Sempre que solicitado pela professora orientadora. Envolveu, esporadicamente, a preparação de aulas, o complemento de informação com outros materiais ou situações espontâneas de intervenção nas aulas.
3. Leccionação integral – Leccionação integral da segunda unidade de Física, “Comunicações”.

3.2.1. Leccionação da primeira unidade de Física – “Movimentos na Terra e no Espaço”

A leccionação da primeira unidade de Física, Movimentos na Terra e no Espaço, decorreu desde o início do ano lectivo até ao começo do mês de Novembro. Durante este tempo de adaptação as aulas foram sobretudo de observação tendo a professora orientadora leccionado este tema praticamente na totalidade. No entanto, e uma vez que a preparação das aulas foi feita em conjunto, existiram algumas situações de co-ensino nomeadamente:

1. Durante a aula de introdução ao tema GPS (Sistema de Posicionamento Global) apresentação do sistema de navegação por satélite europeu, Galileo e preparação de uma actividade, no exterior da sala, de exploração de um receptor de GPS (que envolvia a leitura de coordenadas e a determinação da velocidade usando o receptor).
2. Preparação e apresentação de uma aula teórico-prática sobre gráficos posição-tempo, gráficos velocidade-tempo e a relação entre ambos.
3. Preparação de todas as actividades laboratoriais com a professora orientadora e, na maioria das vezes, leccionação dessas aulas (com a participação da professora orientadora).

4. Apresentação de uma simulação computacional em Modellus da Actividade Laboratorial 1.4, “Satélite Geoestacionário”, que por falta de material não se pôde realizar como previsto.

3.2.2. Leccionação da segunda unidade de Física – “Comunicações”

A segunda unidade de Física, “Comunicações”, foi leccionada integralmente pela professora estagiária desde o início do mês de Novembro até meados de Janeiro. Esta unidade está dividida em duas subunidades: “Comunicação de informação a curtas distâncias”, leccionada até o início do mês de Dezembro, e “Comunicação de informação a longas distâncias”.

A subunidade “Comunicação de informação a curtas distâncias” integra dois temas fundamentais sendo o primeiro relativo aos conceitos de sinais, ondas e som e o segundo relativo ao funcionamento de um microfone e de um altifalante.

A leccionação do primeiro tema desta subunidade estava integrada numa pequena investigação desenvolvida pela professora estagiária no âmbito da unidade curricular de Investigação Educacional, subordinada ao tema “Concepções alternativas sobre som”, pelo que será descrita no ponto 4.

A leccionação do segundo tema, “Microfone e altifalante”, teve como principal foco a compreensão dos fenómenos em causa, nomeadamente campos eléctricos e campos magnéticos, pelo que foram realizadas algumas actividades práticas para ajudar os alunos na compreensão dos fenómenos.

Salienta-se:

1. Actividade prática com ímanes e limalha de ferro, para trabalhar a noção de campo magnético, de interacção entre campos magnéticos e a noção de força electromagnética (de atracção e repulsão). Utilizou-se ainda uma bússola para introduzir o conceito de campo magnético terrestre.
2. Observação da constituição de vários tipos de microfones e de altifalantes durante uma acção dada por um técnico de som, descrito em 3.5.3;

3. Recurso a vários simuladores virtuais, nomeadamente os simuladores PhET, em virtude da impossibilidade da visualização dos fenómenos ou da realização das actividades práticas. Além disso, estes simuladores têm a virtude de apresentar a informação de uma forma que facilita a apreensão por parte dos alunos.

Na leccionação da subunidade “Comunicação de informação a longas distâncias” recorreu-se a estratégias diversificadas no processo de ensino, nomeadamente:

1. Apresentação em PowerPoint da evolução histórica das comunicações;
2. Actividade prática de sala de aula, APSA, sobre os fenómenos ondulatórios numa aula assistida pelo orientador pedagógico;
3. Demonstração dos fenómenos ópticos utilizando um antigo kit da escola com fonte luminosa;
4. Desenvolvimento de uma aula teórico-prática sobre os temas “Fibra óptica” e “As radiações usadas nas comunicações”, em que os alunos puderam preparar os temas em pequenos grupos com o auxílio da professora estagiária. Os trabalhos foram apresentados na aula plenária seguinte a toda a turma.

3.2.3. Leccionação da Química

Durante a leccionação da Química, as actividades passaram a ser, novamente, de observação, pontualmente de leccionação integral e sobretudo de co-ensino. No decorrer da leccionação procurou desenvolver-se a autonomia da professora estagiária nas aulas práticas. Salienta-se assim a aula assistida pelo orientador pedagógico onde se realizou a A.L. 2.3 de Química intitulada “Neutralização: uma reacção de ácido-base” descrita seguidamente.

Para esta aula foi pedido aos alunos que, como habitualmente, preparassem o protocolo experimental da actividade constante do caderno de actividades laboratoriais (parte integrante do manual adoptado). Na própria aula, a professora estagiária procurou focar três aspectos fundamentais: revisão dos conteúdos teóricos, preparação da metodologia do trabalho prático e desenvolvimento da motricidade fina.

Desta forma, depois de os alunos entrarem no laboratório, vestirem as batas e prepararem o seu material, a professora estagiária estabeleceu um diálogo com eles de forma a perceber se tinham compreendido correctamente o protocolo e sabiam como proceder. Este diálogo teve o seguinte guião, meramente indicativo.

Guião para a aula prática

1. O que vamos fazer hoje?

Uma titulação. Vamos titular um ácido forte, utilizando uma base forte. Vamos titular o ácido sulfúrico com hidróxido de sódio.

2. Como é a montagem desta actividade? Que informações temos?

(Pedir a um aluno que represente no quadro o esquema da montagem e registre as informações que eles têm de volumes e concentrações. Identificar o titulado e o titulante.)

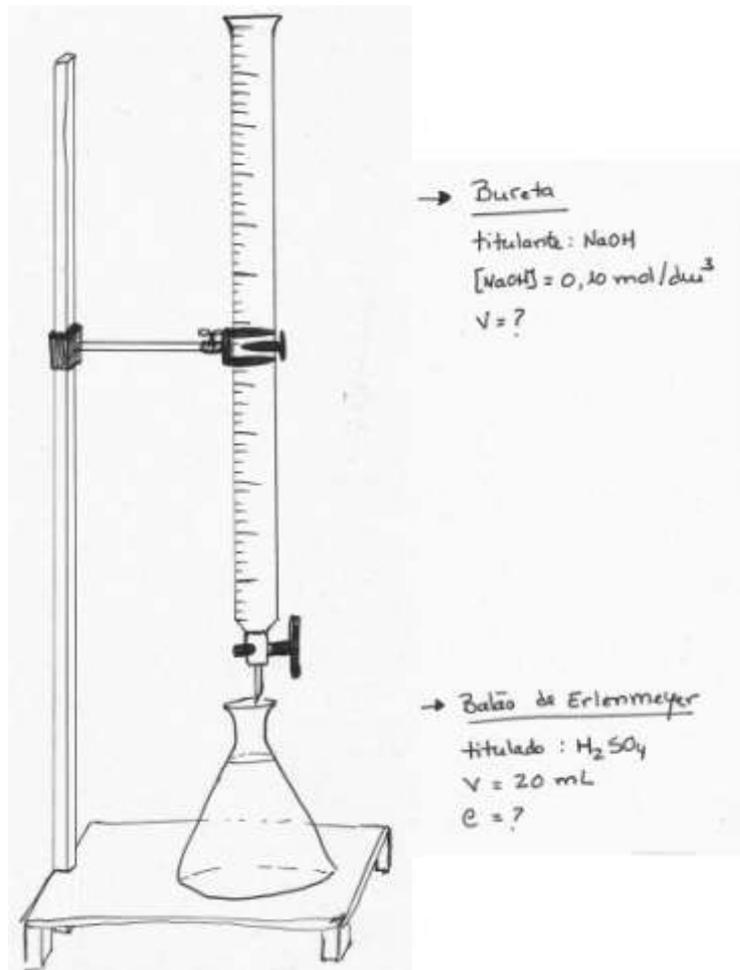


Figura 14 - Esboço da montagem de uma titulação

3. Antes de introduzir a base na bureta, temos que realizar uma operação? Qual é?
Lavagem da bureta com a solução titulante.
4. Quando termina a titulação?
No ponto de equivalência

5. Como detectamos o fim da titulação? O que usamos?

Utilizamos um indicador que é um ácido ou base forte com uma cor na forma ácida e outra na forma básica. Por adição da base (neste caso) o equilíbrio ácido base desloca-se e verifica-se mudança de cor. Hoje usaremos a fenolftaleína.

6. Porque fazemos 3 ensaios?

Para minimizar a incerteza.

7. Na segunda parte da experiência traçaremos a curva de titulação. O que é uma curva de titulação?

É a representação gráfica do pH em função do volume de titulante adicionado.

8. Sabendo que estamos a titular um ácido forte com uma base forte, qual será a curva esperada? A que valor de pH ocorrerá o ponto de equivalência?

(Pedir a um aluno para esboçar no quadro)

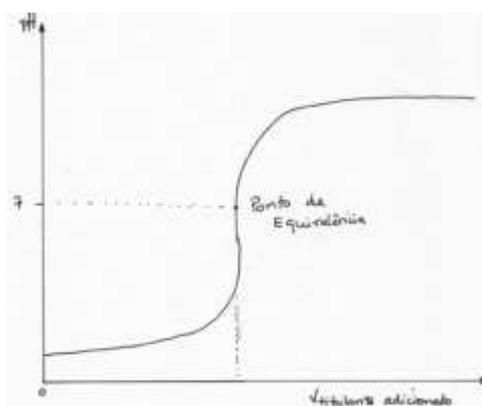


Figura 15 - Curva de titulação esperada

A pH 7.

9. Como podemos monitorizar o pH?

Usando um eléctrodo de pH.

10. Como deve ser feita a monitorização?

Primeiro podem efectuar-se medições de 2 em 2 mL até perto do ponto de equivalência, depois de 1 mL em 1 mL e mais perto ainda com intervalos de volume menores (0,5 ou mesmo 0,2 mL). Depois do brusco salto no pH pode aumentar-se novamente o volume entre as medições.

11. Como podemos determinar a concentração do ácido, que é a nossa questão problema?

No ponto de equivalência temos quantidades de ácido e base em proporções estequiométricas iguais.

Após este diálogo os alunos esclareceram ainda as suas dúvidas e iniciaram então a actividade propriamente dita, começando por recolher para as suas bancadas todo o material necessário para a sua execução. Nesta fase a professora estagiária esteve com todos os grupos a explicar o funcionamento de uma bureta e como deveria ser feita a sua lavagem. Posteriormente os alunos praticaram a utilização da bureta usando água, de forma a desenvolverem a sua motricidade fina bem como adquirirem prática no manuseamento do instrumento. Executaram, então, o protocolo de acordo com o seu caderno de actividades laboratoriais.

Após a realização da actividade fizeram um relatório desta que foi avaliado pela professora estagiária.

3.2.4. Avaliação dos alunos

A avaliação dos alunos depende 70% dos testes de avaliação e 30% da componente prática.

A professora orientadora propôs no início do ano lectivo, com vista à formação da professora estagiária, que ficasse a cargo desta última a avaliação de pelo menos um teste de avaliação e de um relatório, após um período de avaliação em conjunto. Assim, após classificação em conjunto do primeiro teste, a professora estagiária avaliou o segundo e terceiro testes de avaliação (realizados no primeiro período). Avaliou ainda o sexto teste, que foi o segundo teste intermédio do GAVE neste ano lectivo, após a correcção conjunta do primeiro teste intermédio com a professora orientadora. Relativamente à componente prática ficou a cargo da professora estagiária a avaliação do relatório relativo à A.L 2.3 de Química descrita no ponto anterior.

A avaliação dos testes de diagnóstico ficou também a cargo da professora estagiária.

3.3. Acompanhamento de Física e Química A 10.º ano e Física 12.º ano

A participação nas actividades lectivas da turma 2 do 10.º ano, surgiu no âmbito das unidades curriculares de Laboratório I e II, onde era pretendido a realização de algumas das actividades laboratoriais constantes actualmente no programa de Física e Química A (10.º e 11.º ano), de Física 12.º ano e Química 12.º ano. Em virtude da professora orientadora ser titular da disciplina de Física e Química A desta turma (turma do curso científico humanístico de ciências e tecnologia) a professora estagiária teve a oportunidade de tomar parte na preparação de algumas das aulas práticas, bem como na posterior leccionação. Com o objectivo de conhecer melhor o programa da disciplina de Física e Química A e adaptar-se à escola, a professora estagiária também acompanhou a professora orientadora na elaboração da planificação anual desta turma, tendo participado no primeiro Conselho de turma.

Ainda no âmbito das unidades curriculares de Laboratório I e II, a professora estagiária presenciou algumas aulas práticas de Física de 12.º ano (turma 1 e 2), cuja professora titular era a professora Maria do Carmo Oliveira. Acompanhou também estes alunos na visita de estudo realizada ao Instituto Tecnológico e Nuclear, conforme descrito no ponto 3.6.2.

3.4. Direcção de turma (11.º 1)

Ao longo do ano lectivo a professora estagiária acompanhou o professor Carlos Morais, professor titular de Matemática da turma 11.º 1, em virtude de não terem sido atribuídas funções de direcção de turma à professora orientadora e por a turma 1 do 11.º ano ser a turma onde a primeira acompanhava a leccionação na globalidade.

No Decreto-Lei n.º 115-A/98 de 4 de Maio, relativo ao regime de autonomia, administração e gestão das escolas, atribui-se ao Director de turma a função de coordenar o desenvolvimento do plano de trabalho da turma, posteriormente substituído pelo projecto curricular de turma. A elaboração deste projecto, fruto da organização, acompanhamento e avaliação das actividades a desenvolver com os alunos, deve integrar estratégias de diferenciação pedagógica e de adequação curricular para o contexto da turma, com vista a promover a melhoria das condições de aprendizagem e a articulação escola-família. No ensino secundário a elaboração deste projecto é da responsabilidade do conselho de turma, constituído pelos professores da turma, por um delegado dos alunos e por um representante dos pais e encarregados de educação.

As principais funções de Director de turma foram especificadas no artigo 7 do Decreto Regulamentar n.º 10/99 de 21 de Julho e transcrevem-se de seguida.

- A coordenação das actividades do conselho de turma é realizada pelo Director de turma, o qual é designado pela Direcção Executiva de entre os professores da turma, sendo escolhido, preferencialmente, um docente profissionalizado.
- Sem prejuízo de outras competências fixadas na lei e no regulamento interno, ao Director de turma compete:
 - Assegurar a articulação entre os professores da turma e com os alunos, pais e encarregados de educação;
 - Promover a comunicação e formas de trabalho cooperativo entre professores e alunos;
 - Coordenar, em colaboração com os docentes da turma, a adequação de actividades, conteúdos, estratégias e métodos de trabalho à situação concreta do grupo turma e à especificidade de cada aluno;
 - Articular as actividades da turma com os pais e encarregados de educação promovendo a sua participação;

- Coordenar o processo de avaliação dos alunos garantindo o seu carácter globalizante e integrador;
- Apresentar à Direcção Executiva um relatório crítico, anual, do trabalho desenvolvido.

Com base nestas funções e sempre em colaboração com o professor Carlos, a professora estagiária pôde, ao longo do ano, desempenhar algumas destas funções nomeadamente:

- Organização do dossier de turma – Organização de um dossier com todas as informações relativas à turma, nomeadamente lista dos alunos da turma, fotografias, planta da sala, contactos dos professores do conselho de turma, caracterização da turma, actas de conselhos de turma e reuniões de pais, mapas de assiduidade, plano de turma, fichas biográficas, justificações de faltas entre outros.
- Reuniões com os encarregados de educação – Preparação da primeira reunião com os encarregados de educação, com apresentação da caracterização da turma a cargo da professora estagiária.
- Marcação e justificação de faltas – Levantamento das faltas do livro de ponto e registo na aplicação informática, bem como respectiva justificação.
- Participação nos Conselhos de turma – Participação em todos os Conselhos de turma auxiliando o professor Director de turma sempre que necessário. Além disso, e uma vez que a professora orientadora era a secretária dos Conselhos de turma, colaboração na elaboração das actas dos respectivos Conselhos.
- Elaboração da caracterização da turma – A caracterização da turma foi elaborada no âmbito das funções de Director de turma e apresentada aos pais e encarregados de educação na primeira reunião. A caracterização encontra-se descrita no ponto 3.1.

3.5. Actividades de divulgação da ciência

3.5.1. Laboratório aberto

O Laboratório aberto é um projecto antigo da escola secundária Fernando Namora, a cargo dos grupos disciplinares de Física e Química e Biologia e Geologia, que visa a divulgação da ciência junto da comunidade escolar da Brandoa, em particular junto dos alunos do 1.º e 2.º ciclo. Tradicionalmente, os alunos do ensino secundário recebem os alunos das escolas vizinhas como monitores de uma exposição interactiva. Isto ocorre durante uma semana, no horário das aulas práticas de Física e Química A e Biologia e Geologia (10.º e 11.º ano) e de Física e Biologia de 12.º ano.

Este ano a actividade contou ainda com a participação dos grupos disciplinares de Matemática e de Informática. A actividade decorreu durante cinco manhãs e duas tardes. Foram convidados os alunos do 4.º e 7.º ano da escola e dos agrupamentos de escolas vizinhas, Agrupamento de Escolas Sophia de Mello Breyner Andresen, Brandoa, e Agrupamento de Escolas de Alfovelos.

A actividade realizou-se em blocos de 90 minutos iniciando-se com uma breve apresentação da actividade aos alunos no laboratório de Química e a realização de algumas experiências demonstrativas. Posteriormente os alunos, divididos em pequenos grupos e acompanhados pelos monitores, realizaram as restantes actividades propostas nas diversas áreas temáticas e disciplinares.

A professora estagiária pôde acompanhar a realização da actividade nas manhãs das turmas da professora orientadora, o 11.º 1 e o 10.º 2. Acompanhou também os alunos do 12.º ano de Física e o 11.º1 na preparação das actividades. Além disso colaborou com a professora orientadora, que é a Directora de instalações de Química, na preparação de todo o material necessário para a exposição.

A professora estagiária, com a ajuda dos alunos do 10.º2, fez ainda o tratamento estatístico dos questionários realizados aos alunos participantes da actividade.

3.5.2. Projecto “A Química na ESFN”

O projecto Química na ESFN foi um projecto de complemento curricular de divulgação científica que surgiu no âmbito da comemoração do Ano Internacional da Química em 2011 por iniciativa dos docentes de Física e Química. Das diversas actividades inseridas neste projecto, a professora estagiária participou juntamente com a professora orientadora e os seus alunos, na escolha de Químicos de renome laureados com o prémio Nobel, de quem os alunos elaboraram breves biografias afixadas posteriormente numa das salas de leccionação das Ciências Físico-Químicas constituindo uma galeria.

No âmbito deste projecto foi também construído um jogo - Trivial de Química - e posteriormente, realizado com ele, um torneio com alunos do ensino secundário.

3.5.3. Visita de um técnico de som

No âmbito da subunidade “Comunicação de informação a curtas distâncias” leccionada ao 11.º ano, em particular os temas “Som” e “Microfone e altifalante”, a professora estagiária organizou uma sessão com um técnico de som para a turma de estágio. A sessão foi preparada pela professora estagiária e pelo técnico de som tendo em conta os conceitos previamente leccionados. O principal objectivo da sessão era o contacto dos alunos com os equipamentos estudados, nomeadamente o seu interior e constituição, e a manipulação destes equipamentos, em conjunto com o técnico, de formas menos usuais como por exemplo a gravação de som usando um altifalante e a reprodução usando um microfone. Pretendia-se ainda que os alunos contactassem com profissionais que recorrem, no seu trabalho diário, aos fenómenos físicos estudados para que pudessem ver aplicações concretas da ciência que estudam.

3.5.4. Palestra “A Física da Música”, professor Fernando Parente

Ainda no âmbito da subunidade das “Comunicação de informação a curtas distâncias” foi organizada pelo grupo disciplinar uma palestra com o professor Fernando Parente intitulada “A Física da Música” que pretendia unir os conceitos Físicos leccionados com a Música. A palestra foi apresentada a todos os alunos de 11.º ano de Física e Química A da escola.

3.5.5. Produção de biodiesel

Em parceria com o Eco Espaço da Câmara Municipal da Amadora, realizou-se na escola uma acção para a sensibilização da recolha de óleos alimentares usados para a produção de biodiesel.

A actividade envolveu a execução, por parte dos alunos, de um protocolo experimental que permitiu a produção no laboratório da escola de biodiesel e sabão natural a partir de óleo alimentar usado. A sua dinamização esteve a cargo de técnicas contratadas pelo Eco Espaço.

3.6. Visitas de estudo

3.6.1. Visita de estudo Física e Química 11.º ano

No início do ano lectivo a professora orientadora, a professora estagiária e a outra professora que leccionou Física e Química A de 11.º ano, planearam uma visita de estudo à unidade industrial da Quimigal em Estarreja como resposta à proposta do programa oficial. Esta visita de estudo insere-se na temática da produção industrial do amoníaco e tinha como principais conteúdos de aprendizagem:

1. O amoníaco como matéria-prima
2. O amoníaco, a saúde e o ambiente
3. Síntese do amoníaco e balanço energético
4. Produção industrial do amoníaco
5. Controlo da produção industrial - factores que influenciam a evolução do sistema reaccional.

Os principais objectivos da visita de estudo eram:

1. Compreender as etapas principais do processo
2. Observar uma unidade industrial em laboração
3. Tomar consciência dos papéis dos diversos elementos da organização
4. Identificar funções laborais e formações específicas
5. Reconhecer a importância de normas que garantam saúde e segurança no trabalho
6. Direcção a atenção para aspectos específicos dos seus planos curriculares.

Devido a questões logísticas, que se prendiam principalmente com a deslocação à unidade industrial em questão, não foi possível realizar esta visita de estudo, tendo-se realizado em alternativa uma visita à FIMA (Fábrica Imperial de Margarina). A FIMA é uma das mais antigas indústrias de produção de margarinas, manteigas e afins. Apesar de esta não ser a opção mais adequada, pois deveria ter sido visitada uma indústria química, ela serviu o principal objectivo que era o de sensibilizar os alunos para o ambiente de uma unidade industrial.

3.6.2. Visita de estudo Física e Química 10.º ano

Foi planeada também uma visita de estudo para os alunos de Física e Química de 10.º ano, neste caso ao Centro de Ciência Viva de Constância, inserida na componente de Astronomia do programa do 10.º ano.

Os principais objectivos que se pretenderam alcançar foram:

1. Compreender a organização do Universo em termos de Galáxias, Nebulosas, poeiras interestelares e aglomerados de estrelas
2. Interpretar a formação de elementos mais pesados à custa de processos nucleares no interior das estrelas
3. Interpretar o espectro electromagnético das radiações, associando cada radiação a um determinado valor de energia.

3.6.3. Visita de estudo Física 12.º

No âmbito do programa de 12.º ano de Física a professora da disciplina organizou uma visita de estudo ao Instituto Tecnológico e Nuclear, que a professora estagiária pode acompanhar. A visita integrava-se nos conteúdos da Física Moderna contemplados no programa da disciplina, tendo como objectivos principais:

1. Contactar com investigadores
2. Compreender o funcionamento de um reactor nuclear
3. Compreender o funcionamento de um Van der Graaf
4. Compreender o funcionamento de uma instalação de raios X

A actividade teve início com uma palestra de apresentação do instituto, e uma pequena introdução teórica sobre o que é a radiação, que antecedeu a visita aos laboratórios e ao reactor nuclear.

4. Actividades desenvolvidas no âmbito de Investigação Educacional: Concepções alternativas sobre som

4.1. Problema em estudo

O som foi talvez um dos temas dos fenómenos que mais cedo preocupou os estudiosos da natureza (Caldeira et al., 1991). No entanto, actualmente, é uma temática em que muitos alunos revelam dificuldades e que é muitas vezes preterida pelos professores. Além disso, tal como em muitos outros campos da ciência, tem-se verificado que, frequentemente, os alunos adquirem concepções sobre os fenómenos físicos, e em particular de som, diferentes das concepções cientificamente aceites. Estas concepções, designadas concepções alternativas, são representações pessoais do mundo envolvente, ou mesmo uma fusão entre a representação pessoal e o que é transmitido ao indivíduo pelo ensino formal.

É cada vez mais consensual que as concepções alternativas que os alunos trazem para a sala de aula devem constituir um ponto de partida para as aprendizagens escolares. Cabe ao professor procurar conhecer, compreender e valorizar as concepções alternativas dos alunos para poder decidir o que fazer e como fazer o seu ensino (Menino & Correia, 2001).

Como tal, é objectivo desta investigação procurar conhecer as concepções alternativas dos alunos da turma em estudo e, construir uma sequência pedagógica fundada nas concepções encontradas, privilegiando uma aprendizagem construtivista. Posteriormente, pretende-se verificar se os alunos mantêm as suas concepções

alternativas ou se, após o ensino formal, houve uma aprendizagem significativa que ajudou os alunos a formarem concepções correctas.

4.2. Estado da arte

A necessidade de compreender o mundo que está à sua volta é algo que acompanha o ser humano ao longo de toda a sua vida. De facto, desde a mais tenra idade as crianças manifestam um singular desejo de entender o mundo que as rodeia. Consequentemente tendem a desenvolver concepções e modelos mentais próprios, em ordem a explicar as suas experiências. Estes modelos são frequentemente contrários ou conflituosos com os modelos cientificamente aceites (Houle & Barnett, 2008; Hrepic, Zollman, & Rebello, 2003; Hrepic, Zollman, & Rebello, 2010).

Frequentemente o contacto com o ensino formal não consegue adequar tais concepções, vulgarmente designadas por concepções alternativas, aos modelos cientificamente aceites. Ademais, verifica-se que tais concepções alternativas não só estão presentes antes do ensino formal, mas também são construídas durante tal ensino (Linder, 1987). A problemática das concepções alternativas emergiu em Portugal em meados da década de 80, na sequência de um movimento muito amplo a nível internacional, e desde então tem sido progressivamente introduzida nos cursos de formação dos professores de ciências (Sequeira & Leite, 1991). De facto, tais concepções encontram-se presentes em quase todas as áreas das ciências, havendo a hipótese de elas interferirem com o ensino e a aprendizagem das ciências, quer das capacidades dos alunos, quer na qualidade do ensino dos professores (Sequeira & Leite, 1993). Alguns estudos, do início da década de 90, verificaram que grande parte dos então professores de ciências físico-químicas não estavam familiarizados com esta temática, embora a reformulação do programa da altura apelasse para um ensino baseado nas concepções alternativas dos alunos. Assim, uma larga percentagem de professores afirmava mesmo não saber que os novos currículos estavam baseados nesta metodologia, tendo uma grande parte manifestado muitas dificuldades na implementação desta recomendação (Sequeira & Leite, 1991; Sequeira & Leite, 1992).

As concepções alternativas dos alunos, muitas vezes uma mistura complexa entre noções intuitivas e aquisições do ensino formal, podem ser um bom ponto de partida para promover o desenvolvimento do aluno na direcção dos conhecimentos científicos aceites (Caldeira et al., 1991). Deste modo as respostas erradas às questões da sala de aula, mais do que deverem ser penalizadas, devem ser vistas como expressão das concepções dos alunos, muitas vezes derivadas da linguagem usado no quotidiano ou da

observação superficial dos fenómenos naturais (Sequeira & Leite, 1991; Periago, Pejuan, Jaén, & Bohigas, 2009).

Muitas vezes, há uma falha no reconhecer que a aprendizagem é um processo em que o indivíduo integra a sua experiência com a informação que recebe, construindo algo de novo. Ou seja, trata-se de um processo de mudança conceptual em que os alunos trazem para a sala de aula um conjunto de ideias preestabelecido, que se integra com o que é ensinado pelo professor (Linder, 1987; Linder, 1993a).

Por conseguinte, de forma a poder ajudar os alunos a moldar os seus conhecimentos de forma cientificamente aceite, é necessário identificar os seus conhecimentos prévios, verificando-se mesmo que muitos dos problemas conceptuais dos alunos assentam no facto de terem recebido um ensino que não teve em conta os seus conhecimentos anteriores, ou as suas intuições, crenças e ideias (Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010). No que diz respeito ao ensino da Física, verifica-se frequentemente um encorajamento ao conhecimento dos factos, num processo transferência professor-aluno. Neste processo assume-se que a mente dos alunos é uma *tábua rasa* pronta a absorver o conhecimento transmitido sendo que a melhor aprendizagem é estudar muito. Neste paradigma o estímulo principal são os testes e exames, levando a que muitos alunos encarem a Física como um conjunto de leis, fórmulas e exercícios a aprender de forma a passar no exame final. Desta forma muitos dos alunos apresentam um défice na compreensão de concepções correntes em Física passando no exame porque memorizaram o suficiente, ainda que tal memorização não consiga ultrapassar uma fragmentariedade inconsistente do conhecimento. Como consequência, alunos que resolvam satisfatoriamente bem os exercícios podem ter concepções mentais radicalmente opostas (Linder, 1987; Linder, 1992a).

Educar com concepções alternativas

O ensino comum perde muito ao dar pouca importância aos fenómenos físicos, uma vez que não desenvolve um pensamento crítico em relação a estes (Periago et al., 2009). Estudos revelam que muitos alunos que completaram os seus estudos universitários apresentam concepções alternativas devido quer ao ensino da Física através da Matemática, quer à crença de que se entende melhor Física resolvendo exercícios. No entanto, sem descurar a importância da Matemática, retirar o significado físico ao ensino da Física não conduz a uma aprendizagem significativa desta. Muitos alunos com

formação superior em Física têm concepções sobre a propagação do som bem diferentes das concepções cientificamente aceites, sendo que eles se mostram confiantes sobre os seus conhecimentos, mesmo que estes conduzam a conclusões antagónicas (Linder, 1992b; Linder, 1993b).

Deve-se ainda ter em conta que, a sistemática correcção não se tem revelado eficaz na eliminação de concepções erradas, antes pelo contrário. Ao invés, os alunos devem ser alertados para os seus erros de forma a que possam identificar o que os conduz a uma hipótese errónea, para que esta seja reformulada através de uma participação activa na construção do conhecimento (Periago et al., 2009). Ou seja, é necessário um tratamento didáctico adequado para promover a alteração das concepções alternativas (Leite & Afonso, 1999a).

A rapidez no ensino da Física faz com que frequentemente não ocorra qualquer tipo de reflexão na sala de aula, desencorajando deste modo a reflexão no exterior. Decaímos assim para uma aprendizagem baseada na resolução de exercícios que é, no fundo, um processo mecânico de aquisição de conhecimento passo a passo, e que desvaloriza a interacção entre o que o professor quer ensinar e o que o aluno já sabe (Linder, 1987; Linder, 1992a).

Segundo alguns modelos de aprendizagem, para um indivíduo adquirir uma concepção coerente, quaisquer conflitos conceptuais têm de estar resolvidos. Quando tal não sucede, ou quando os conflitos nem sequer são reconhecidos, verifica-se que as conceptualizações são contextualmente dispersas. Isto verifica-se, por exemplo, quando as explicações dadas são dependentes do contexto (Linder, 1987; Linder, 1992a).

Concepções alternativas e o ensino do som

O som, apesar de ser um fenómeno do dia-a-dia constantemente observado, é uma área onde os alunos apresentam muitas dificuldades de compreensão. Trata-se, no entanto, de uma temática que pode contribuir significativamente para a compreensão da Física clássica e da Física moderna (Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010) .

É inquestionável a importância desta área, não só por uma questão de cultura geral, mas também pela diversidade de fenómenos a ela associados (produção de sons, propagação, refacção, reflexão, eco, efeito Doppler, audição humana e animal, etc.), bem como alguns problemas do quotidiano (poluição sonora, surdez, etc.) cuja

compreensão e prevenção exigem conhecimentos de Acústica (Caldeira et al., 1991; Leite & Afonso, 1999b).

Apesar de todos estes aspectos positivos, esta temática é preterida por muitos professores, que a excluem quando não têm tempo para leccionar todo o programa. Apresentam como principais justificações para tal o facto de não considerarem o som relevante para os estudos e/ou julgarem-no uma área complexa, tendo este tema saído dos currículos portugueses de Física por mais de uma década (Caldeira, et al., 1991; Leite & Afonso, 1999a; Leite & Afonso, 1999b).

Alguns docentes apresentam como justificação para a exclusão da temática do som a falta de formação de professores e eventuais dificuldades de compreensão de alguns conceitos. Tal pode ser devido ao facto de os alunos possuírem concepções alternativas, bem como à falta de material didáctico para o ensino desta área. A tal acresce a inexistência, na opinião de alguns docentes, de qualquer relação entre esta área e o quotidiano, assim como a sua elevada complexidade. Apresentando uma opinião contrária, outros professores declaram que os alunos preferem a área temática em causa, justificando a sua opinião com a afirmação de que ela é a mais aliciante para os alunos. De facto, ela não só é a de mais fácil compreensão mas, também aquela em que os conceitos são mais acessíveis aos alunos e onde há maior possibilidade de realizar actividades experimentais (Caldeira et al., 1991; Leite & Afonso, 1999b).

Se é verdade que, frequentemente os alunos têm concepções erradas sobre som, por vezes é o próprio ensino que é baseado em concepções alternativas dos docentes. É também possível um ensino incorrecto da Física porque o próprio autor do livro tem uma concepção alternativa (Linder, 1992).

De facto, os livros de texto fazem muitas vezes uso de imagens desadequadas e de algumas analogias que ajudam à formação de concepções alternativas. Verifica-se ainda que os livros didácticos revelam uma tendência reducionista e, ao mesmo tempo, distorcida no que concerne à apresentação dos diversos conteúdos da Física clássica (Houle & Barnett, 2008; Linder, 1992).

Em Portugal os manuais escolares são um recurso de excelência influenciando muitas vezes a forma como o professor lecciona. Para os alunos o livro deve ser uma valiosa fonte de informação que complementa o que aprendem na escola, quer no texto, quer nas imagens que o acompanham. E se se verifica que o texto é feito com muito cuidado, o mesmo não se pode dizer relativamente às ilustrações. Na realidade, um estudo de

2000 revela que a maioria das ilustrações dos livros de 8.º ano da temática do som em vez de ajudarem a reconstruir as concepções alternativas dos alunos, induzem novas concepções alternativas ou reforçam as já existentes. É de notar, no entanto, que as *ilustrações não têm valor por si só, mas pelo trabalho que se desenvolve com elas*. Assim mesmo uma ilustração incorrecta pode ser discutida com os alunos de forma a proporcionar uma aprendizagem significativa. (Leite & Afonso, 2000)

Concepções alternativas sobre som

Durante décadas a pesquisa educacional tem acumulado um conhecimento notável das concepções científicas dos alunos, nomeadamente em livros como *The Sourcebook for Teaching Science* (Herr, 2009) e a compilação de referências *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education* (Duit, 2009).

Na verdade, tem-se verificado que, na temática do som, além da escassez de respostas cientificamente aceites, do desconhecimento da fundamentação de alguns factos e do significado de alguns termos, existem importantes concepções alternativas dos fenómenos. No que respeita à natureza e propagação do som, por exemplo, o modelo partícula é o grande rival do modelo cientificamente aceite. Aquele modelo encara o som como algo material com capacidade para se deslocar, fruto provavelmente da incapacidade dos jovens em aceitar algo que não tenha uma existência material própria (Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010; Leite & Afonso, 1999a).

Ademais, muitas vezes se verifica que os alunos apresentam dificuldades na interpretação dos fenómenos quando não se encontram no contexto onde formalmente estudaram ou, se encontram numa situação problemática diferente (Monteiro Júnior & Medeiros, 1998; Leite & Afonso, 1999a; Linder, 1993a). Ou seja, o modelo mental dos alunos pode depender do contexto (Hrepic et al., 2003; Linder, 1987; Wittmann, Steinberg, & Redish, 2003).

As concepções alternativas são encontradas em alunos quer do ensino básico e secundário, quer em alunos universitários de Engenharia ou mesmo Física (Leite & Afonso, 1999a; Monteiro Junior, Maricato, Carvalho, & Bastos, 2009; Periago et al., 2009). Foram inclusivamente encontradas concepções alternativas em licenciados de Física que frequentavam formação de professores (Linder, 1987; Linder, 1992a; Linder, 1993b).

Referem-se de seguida algumas das concepções alternativas sobre som mais documentadas e, mais relevantes para este estudo.

I. Propagação do som: condições materiais

1. O som propaga-se no vácuo, podendo o vazio facilitar mesmo a sua propagação (Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010; Linder, 1987; Linder, 1993b ; Leite & Afonso, 1999a).
2. O som propaga-se apenas em meios gasosos e/ou líquidos pois embora ele precise de um meio material para se propagar esse meio não pode ser muito denso – não se propagando por isso em sólidos ou pelo menos nos mais densos (Leite & Afonso, 1999a).
3. O som tem capacidade de se propagar desde que não existam obstáculos físicos a essa propagação. Por conseguinte propaga-se facilmente no vácuo e/ou ar e/ou nos líquidos mas dificilmente nos sólidos (Leite & Afonso, 1999a).
4. O som propaga-se através dos espaços vazios do meio (Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010; Leite & Afonso, 2000).
5. O som não se propaga em líquidos (Leite & Afonso, 1999a).
6. O som apenas se propaga no ar (Caldeira et al., 1991; Leite & Afonso, 1999a; Linder, 1987) .

II. Propagação do som: rapidez

1. O som propaga-se à mesma velocidade em todos os meios dependendo apenas (Leite & Afonso, 1999a):
 - i. das condições de produção do som
 - ii. da existência de obstáculos no percurso do som
2. A propagação do som depende do tamanho das partículas do meio. Quanto menores as partículas, menor a interferência e, mais rápido o som se propagará. (Linder, 1993b)
3. Quanto maior o número de partículas por área do meio (maior densidade) mais lentamente o som se propagará. (Leite & Afonso, 1999a; Linder, 1993b)
4. Quanto maior o número de partículas por área do meio (maior densidade) mais rapidamente o som se propagará pois, sendo ele uma entidade que se desloca através de outras moléculas, menor é o espaço percorrido por estas moléculas transportadoras de som (Leite & Afonso, 1999a; Linder, 1993b).

5. O som propaga-se mais rapidamente no vazio (Linder, 1992a; Linder, 1993b).

III. Natureza do som

1. Modelo som como objecto (Caldeira et al., 1991; Houle & Barnett, 2008; Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010; Linder, 1987)
 - i. O som é uma partícula com capacidade de se deslocar através do ar ou outro meio (como uma parede) (Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010; Periago et al., 2009).
 - ii. O som é uma partícula que vibra e essa vibração é comunicada às vizinhas. (Periago et al., 2009).
 - iii. O som é uma entidade que se transfere de molécula para molécula através de um meio (Linder, 1992b).
 - iv. O som é uma entidade transportada por outras moléculas, nomeadamente as moléculas do ar (Hrepic et al., 2010; Leite & Afonso, 1999a; Linder, 1992b; Linder, 1993b ; Periago et al., 2009).
 - v. O som é uma entidade material feita de partículas, ondas sonoras ou algo indefinido (Leite & Afonso, 1999a; Leite & Afonso, 2000).
 - vi. É material por isso têm massa (Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010).
2. Modelos híbridos (junção do modelo onda com o modelo partícula) (Caldeira et al., 1991; Hrepic et al., 2003; Hrepic et al., 2010; Linder, 1992b).
3. O som é transmitido numa certa direcção por colisão entre as partículas (Leite & Afonso, 2000).
4. O som é uma vibração, pelo que é necessário um meio material para que o som se possa propagar (Houle & Barnett, 2008; Leite & Afonso, 1999a).
5. O som é como um vento, provoca a reorganização das partículas do meio, sem que essa reorganização seja inerente à própria propagação do som mas antes consequência do facto de este se propagar nesse mesmo meio (Leite & Afonso, 1999a; Leite & Afonso, 2000).
6. O som não interfere com o meio envolvente (Leite & Afonso, 1999a).
7. O som propaga-se como uma onda sonora que é sinusoidal (Houle & Barnett, 2008; Leite & Afonso, 2000; Linder, 1987; Linder, 1992; Wittmann, Steinberg, & Redish, 2003).

8. A propagação de uma onda sonora é semelhante a uma onda de água (Houle & Barnett, 2008; Leite & Afonso, 2000; Linder, 1987; Linder, 1992).
9. O som não atravessa uma superfície de separação entre dois meios diferentes. (Leite & Afonso, 2000).
10. O eco é o resultado da colisão do som com um obstáculo (Leite & Afonso, 2000).

4.3. Metodologia

Com base no problema em estudo, concepções alternativas dos alunos sobre som, realizou-se uma investigação qualitativa pois, como é característico deste tipo de investigação, o principal interesse é o processo de ensino e não os resultados. A investigação decorreu durante o ensino formal da subunidade sobre som que integra a Física de 11.º ano.

4.3.1. Participantes

Por razões e constrangimentos inerentes à investigação, este estudo realizou-se com os alunos da turma onde a professora investigadora realizou a Prática Profissional, havendo assim uma selecção não aleatória dos sujeitos de investigação. Participaram no estudo 21 alunos inscritos na turma à data da realização desta investigação, bem como uma aluna assistente. A turma envolvida está caracterizada no ponto 3.1.

4.3.2. Instrumento

Para o desenvolvimento deste estudo elaborou-se um teste diagnóstico (Anexo 2) a ser preenchido pelos alunos. O teste tinha sobretudo questões de resposta aberta e algumas questões de cálculo simples, para tentar aferir o máximo de concepções alternativas dos alunos e simultaneamente verificar a sua capacidade de realizar operações matemáticas simples.

4.3.3. Procedimentos

Os testes diagnósticos foram realizados antes e depois do ensino formal da subunidade sobre som. Tiveram a duração de 30 minutos, em aulas plenárias de 90 minutos.

Os dados foram analisados por questão e por aluno, reunindo todos os contextos possíveis para cada questão e identificando a frequência com que os alunos optaram por cada um destes contextos. Além disso, cada questão foi pontuada de acordo com a apresentação de uma resposta completa ou incompleta e a apresentação, ou não, de falhas na resolução. As pontuações a atribuir encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 2 – Pontuação das respostas dos alunos no teste

0 Muito incompleto, completamente errado ou sem resposta.
1 Parcialmente respondido, mas muito incompleto ou completamente respondido, mas com falhas muito graves na resposta.
2 Parcialmente respondido e quase completo ou completamente respondido, mas com falhas graves numa das partes da resposta. Perguntas de cálculo respondidas sem apresentação das unidades.
3 Completo ou quase completo com algumas falhas (sem relevância).
4 Completo sem falhas de tipo algum.

Com base nas concepções encontradas, construiu-se uma sequência pedagógica, de forma a favorecer uma aprendizagem significativa, que se descreve de seguida.

Aula 1 – Introdução à Unidade das Comunicações (90')

A primeira aula teve como principal objectivo a introdução ao estudo do som, precedido de uma pequena introdução ao estudo das comunicações, que é a linha condutora de toda a unidade temática em que o som está integrado.

Parte 1 – Introdução às comunicações

Para a introdução ao estudo das comunicações foi pedido aos alunos que se imaginassem numa situação de catástrofe natural, à semelhança do então recente incidente na mina de San José, no Chile, onde ocorreu um desabamento que soterrou os operários. Encarcerados na mina, com todos os sistemas de comunicação com que vivem no dia-a-dia, nomeadamente o telemóvel e a Internet, inutilizados, teriam que recorrer a alguns materiais mais rudimentares para comunicar com o exterior. Depois foi-lhes brevemente ensinado o código Morse e a clássica sigla SOS, com que pediriam ajuda usando os materiais disponíveis. Esquematizando:

Situação: Catástrofe natural, Mineiros no Chile

Objectivo: Emitir SOS por código Morse (... --- ...)

Materiais:

- I. Apito
- II. Luz (Ponteiro)
- III. Bandeiras e código homógrafo
- IV. Corda
- V. Materiais na posse dos alunos

Esta actividade durou cerca de 10 minutos. Seguiu-se uma reflexão orientada pelo seguinte guião:

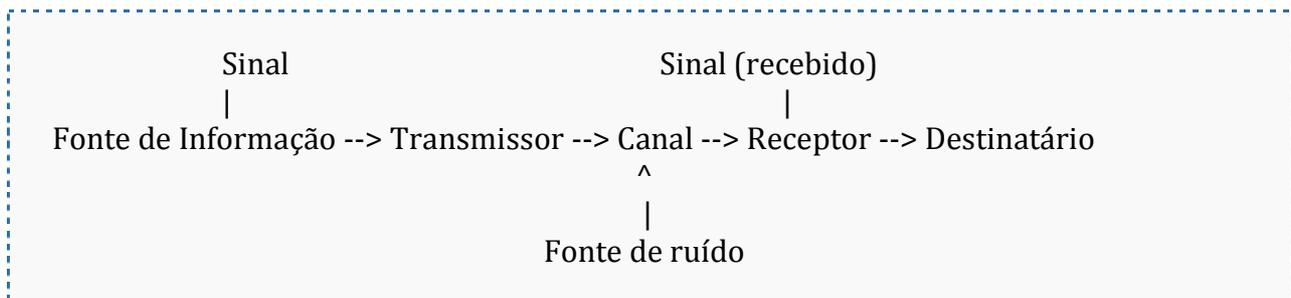
- Como posso comunicar, isto é, enviar e receber informação?
- O que é um sinal?
 - Que tipos de sinais usámos na actividade SOS?
 - Que outros existem?
 - Um sinal é uma perturbação.
 - A que sentidos recorreremos? Visão e audição.

- Como posso enviar um sinal?
 - Posso ir lá, em pessoa, ou mandar uma carta – implica transporte de matéria.
 - E se tiver de comunicar a distância, sem enviar matéria, como o posso fazer? Usando:
 - Som, para pequenas distâncias
 - Luz, para longas distâncias
 - Ambos são ondas.

No final desta reflexão teve lugar uma breve exposição sobre a teoria da comunicação, tendo os alunos construído um esquema do processo comunicativo.

Teoria da comunicação:

- Emissor, canal, receptor.
- Transmissão de um sinal



Parte 2 – Introdução ao som

Para iniciar a temática do som recorreu-se a um software de gravação e edição de som, o *Audacity* 1.3, e a um diapasão. Foi pedido a um aluno que utilizasse o software para gravar a vibração do diapasão. A imagem estava a ser projectada, pelo que todos os alunos puderam acompanhar o processo.

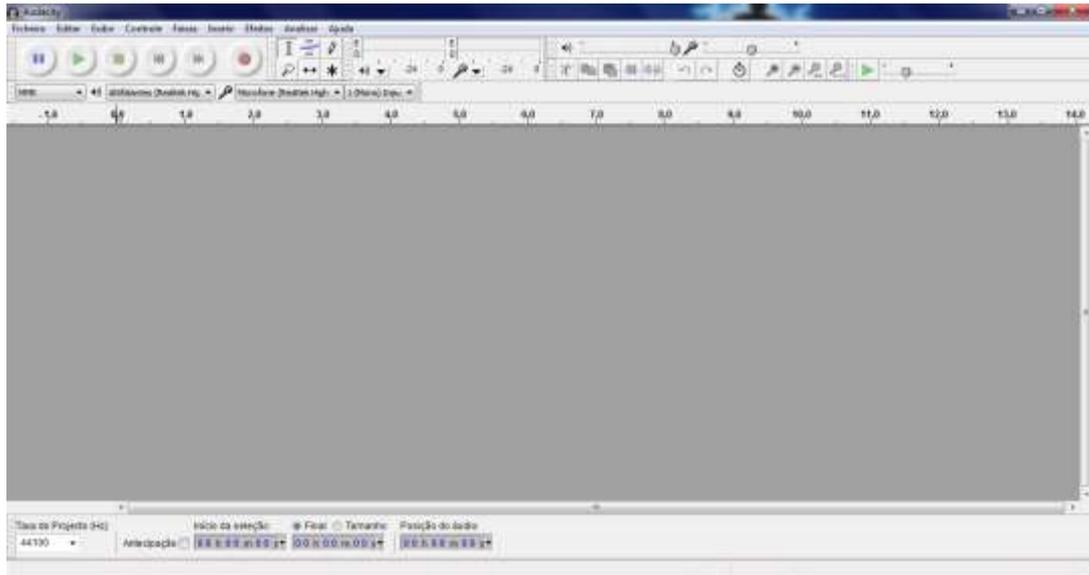


Figura 16 – Aspecto geral do software *Audacity*

De seguida descreve-se o guião desta actividade.

Audacity

- O que é o *Audacity*?
 - Software que permite gravar e editar som.
 - Apresenta uma representação da onda sonora: variação da pressão do microfone ao longo do tempo.
 - NÃO É UMA ONDA SONORA! A onda sonora é uma perturbação que se propaga no tempo e no espaço. Aqui vemos a variação de uma propriedade física (a pressão) ao longo do tempo num determinado ponto do espaço – o microfone, ou a proximidade deste.
 - É um sinal da onda sonora

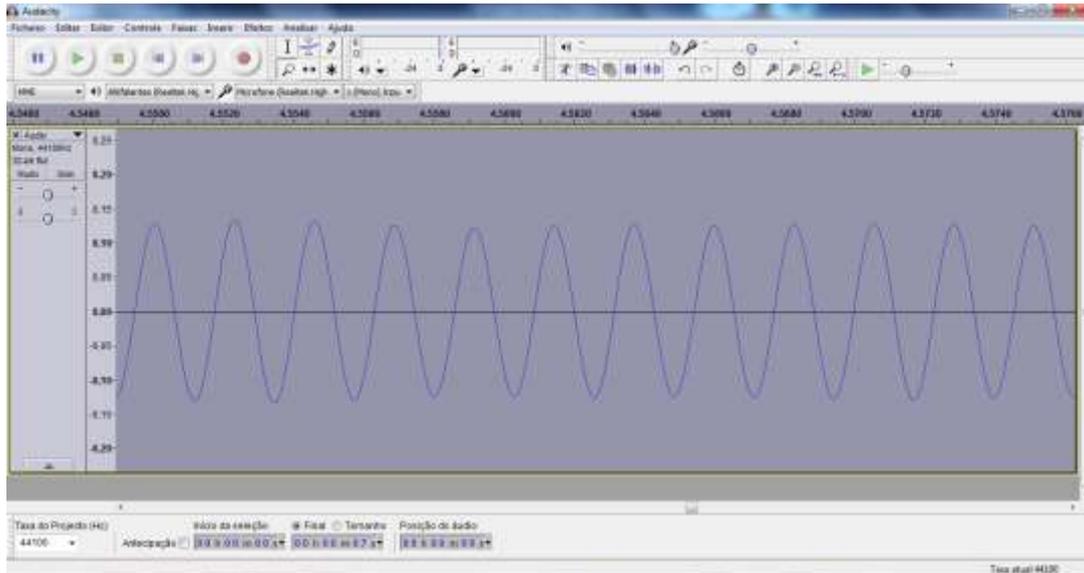


Figura 17 – Sinal obtido pela gravação de um diapasão de 440 Hz

- Análise do sinal da onda
 - O som faz a pressão do ar variar. De que forma?
 - De quanto em quanto tempo o mesmo valor de pressão se repete?
 - Conceito de frequência.
 - Qual a variação máxima de pressão, do equilíbrio ao máximo/mínimo?
 - Conceitos de amplitude e pico a pico.
 - A que distância isto corresponderá?
 - Conceito de comprimento de onda.

Os alunos fizeram uma estimativa do valor esperado e calcularam o comprimento de onda, sabendo a velocidade de propagação do som no ar. Seguidamente fizeram a comparação entre os dois valores.

ATENÇÃO: Reforçar que a onda sonora não é sinusoidal, mas o sinal de um som harmónico como o emitido pelo diapasão, sim. Não esquecer que o que vemos é um sinal, embora na linguagem corrente se chame onda sonora.

A aula terminou com uma síntese oral dos assuntos abordados.

Aula 2 – Características dos sinais sonoros (135')

A segunda aula começou com uma síntese dos assuntos abordados na aula anterior para uma sistematização dos conhecimentos.

Colaborando mutuamente, os alunos construíram um diagrama no quadro, com o auxílio da professora estagiária, semelhante ao seguinte:

Sinais:

- Existem sinais de diversos tipos.
- Os sinais são perturbações.
- Usamos sinais para comunicar.
- Um sinal é uma perturbação que se propaga.
- A transmissão demora um intervalo de tempo.
- As transmissões a curtas distâncias implicam o transporte de matéria, ao passo que a longas distâncias implicam transporte de energia.

Fez-se também uma síntese, respeitante à temática do som, acrescentando-se alguns conceitos que haviam sido leccionados no 8.º ano.

Som:

- É um tipo de perturbação usado para comunicar a curtas distâncias.
- Propaga-se no ar a uma velocidade média de 340 m/s.
- Propaga-se no ar através de ondas sonoras que fazem variar a pressão do ar e por isso são chamadas ondas de pressão.
 - O intervalo de tempo que um valor de pressão demora a repetir-se denomina-se período.
 - DEPENDE SÓ DA FONTE EMISSORA
 - A distância entre dois valores iguais de pressão é o comprimento de onda
 - DEPENDE DO MEIO DE PROPAGAÇÃO.
 - O número de vezes que um dado valor se repete numa unidade de tempo, normalmente 1 segundo, é a frequência.
 - DEPENDE SÓ DA FONTE EMISSORA
 - O afastamento máximo entre o ponto de equilíbrio e o máximo (ou o mínimo) denomina-se amplitude.
 - DEPENDE DA FONTE EMISSORA E DO MEIO DE PROPAGAÇÃO.

De forma a permitir que os alunos conceptualizassem os conceitos de período, frequência, comprimento de onda e amplitude, recorreu-se novamente ao software *Audacity* para gravar a vibração de um diapasão.

O sinal da onda sonora, produzida pelo diapasão, foi então analisado com maior pormenor que na aula anterior. Salientou-se repetidamente que o espectro mostrava a variação da pressão do ar no microfone (num ponto) ao longo do tempo pelo que não visualizávamos uma onda sonora mas um sinal.

Em seguida cada aluno determinou o período e a amplitude do sinal e pôde calcular a frequência e o comprimento de onda.

Sendo uma aula prática e, por isso, de desdobramento da turma, os alunos puderam explorar o software *Audacity* e daí deduzir novos conceitos.

Sinais Puros e Complexos

A partir da análise do sinal da onda sonora produzida pelo diapasão, os alunos concluíram que o sinal era regular e obedecia a uma função sinusoidal ou harmónica. Verificaram facilmente que o período se mantinha constante. Introduziu-se então o conceito de som puro ou simples.

Através do espectro de frequências feito pelo software os alunos puderam confirmar que o pico principal se encontrava a cerca de 440 Hz, como seria de esperar, pois usaram um diapasão com essa frequência, correspondente à nota “Lá”.

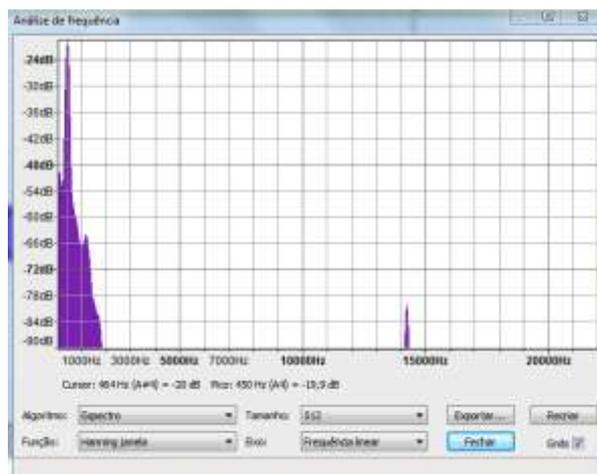


Figura 18 – Análise de frequência de parte do sinal obtido pela gravação de um diapasão de 440 Hz

Seguidamente os alunos gravaram a mesma frequência, 440 Hz, numa flauta, numa viola e cantado por um aluno.

Ao analisarem os sinais, os alunos verificaram que, apesar de haver uma certa regularidade, o sinal já não se tratava de uma função sinusoidal. A análise do espectro de frequências mostrou também que existia mais do que um pico significativo. Introduziu-se assim a conceito de som complexo.

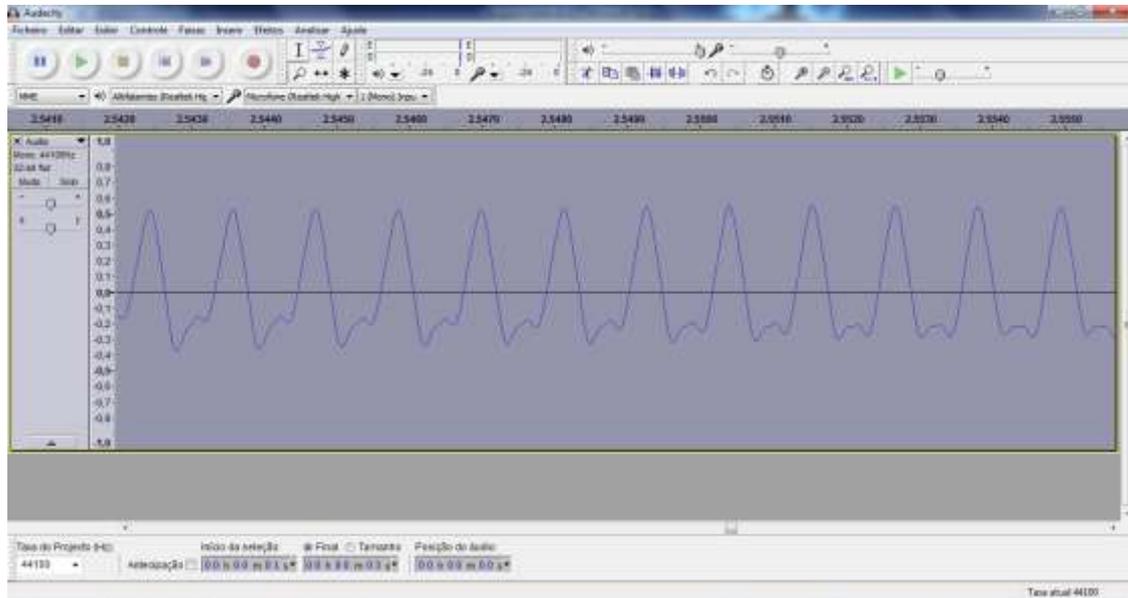


Figura 19 - Sinal obtido pela gravação de uma flauta (nota “lá”)

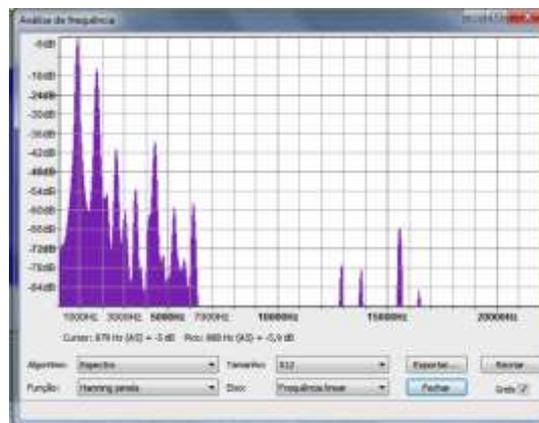


Figura 20 - Análise de frequência de parte do sinal obtido pela gravação de uma flauta (nota “lá”)

Harmónicos

Utilizando uma guitarra os alunos gravaram a nota “lá” de várias oitavas e analisaram o espectro de frequência. Verificaram que em todos estavam presentes picos significativos perto de 110 Hz, 220 Hz, 440 Hz, 880 Hz e 1760 Hz. Verificaram também que o pico mais significativo se encontra num destes valores, mas nunca no mesmo. Concluíram então que as notas musicais são a combinação de vários sons harmónicos cujas frequências são múltiplas. Neste caso, valores múltiplos e submúltiplos de 440 Hz.

Sinais Puros, Complexos e harmónicos

Para reforçar os conceitos de sons puros, complexos e harmónicos a professora estagiária recorreu a um software profissional, *Pro Tools*, e gerou três sons com frequências múltiplas: 220 Hz, 440 Hz e 880 Hz. Os alunos visualizaram o sinal, como na Figura 21 – Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 440 Hz e 880 Hz, e ouviram o respectivo som.

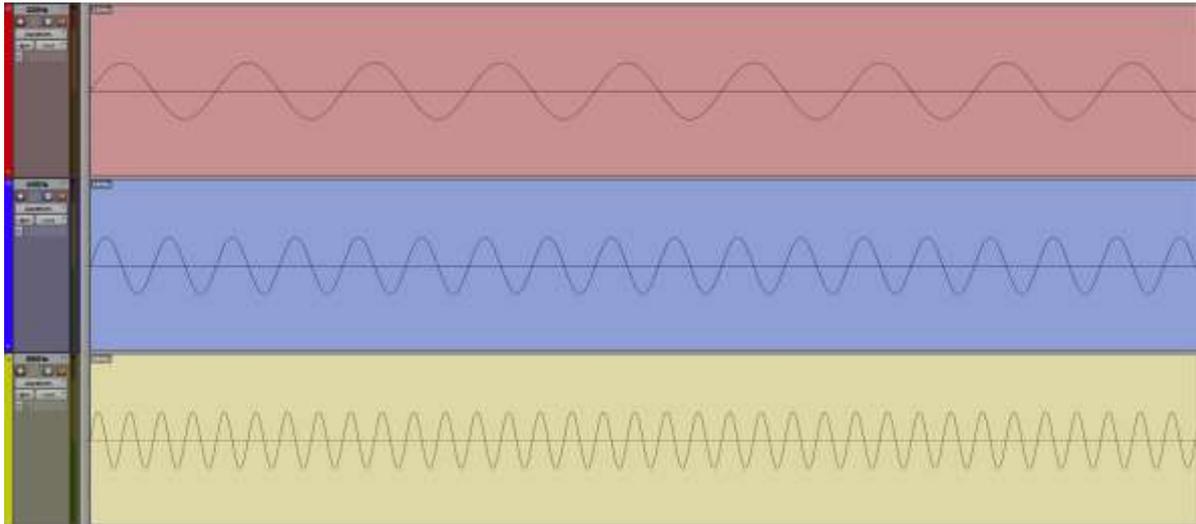


Figura 21 – Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 440 Hz e 880 Hz

De acordo com o esperado os alunos identificaram que se tratava de sons simples por terem uma forma sinusoidal. Os alunos verificaram, por comparação dos sinais, que quando a frequência duplica, o sinal apresenta o dobro das oscilações no mesmo intervalo de tempo.

Utilizando o software a professora somou as ondas duas a duas (220 Hz + 440 Hz, 220 Hz + 880 Hz, 440 Hz + 880 Hz) e posteriormente as três frequências.

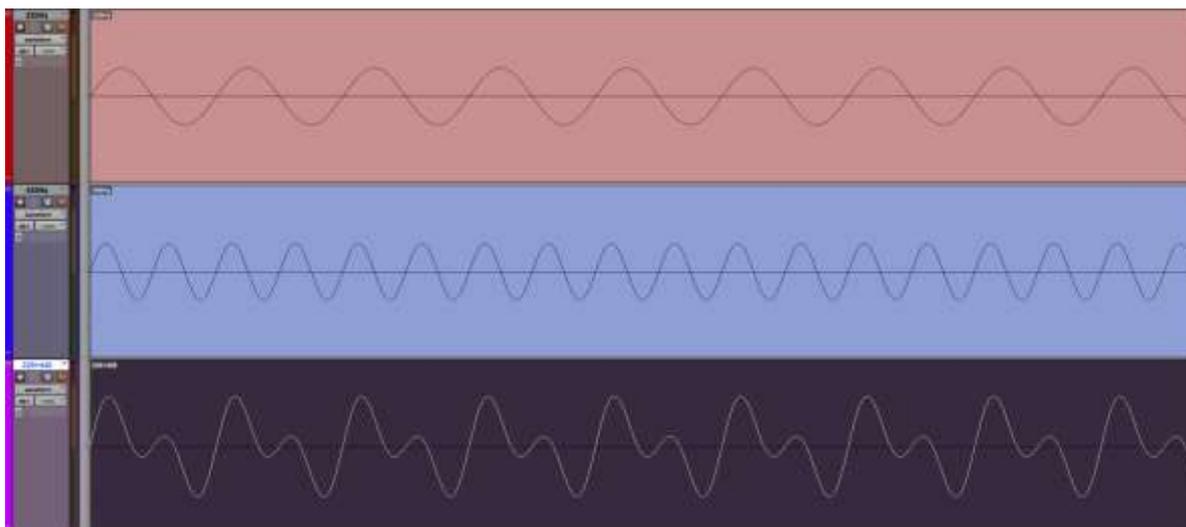


Figura 22 – Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 440 Hz e da sua soma

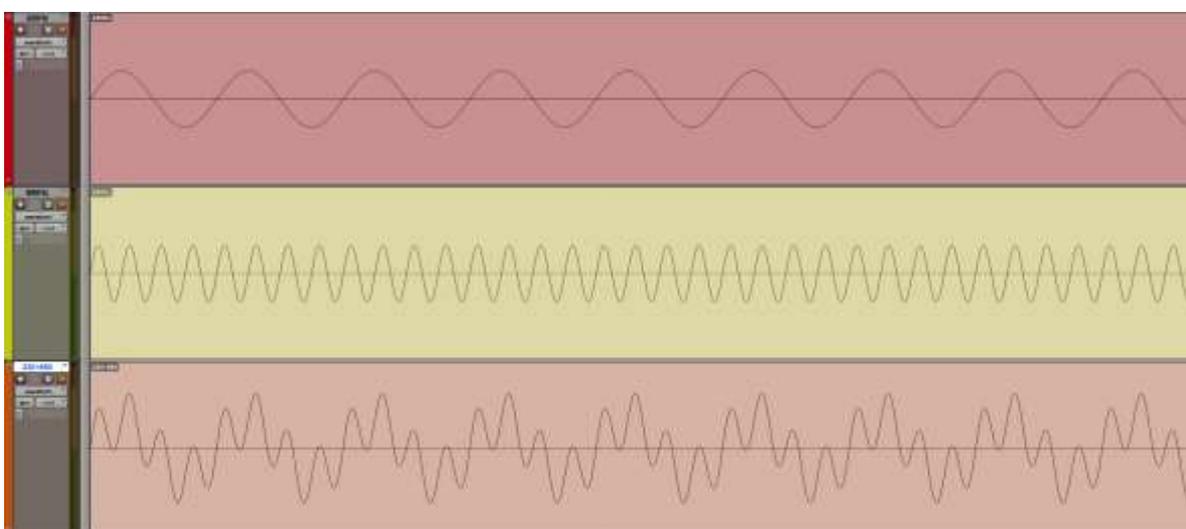


Figura 23- Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 880 Hz e da sua soma

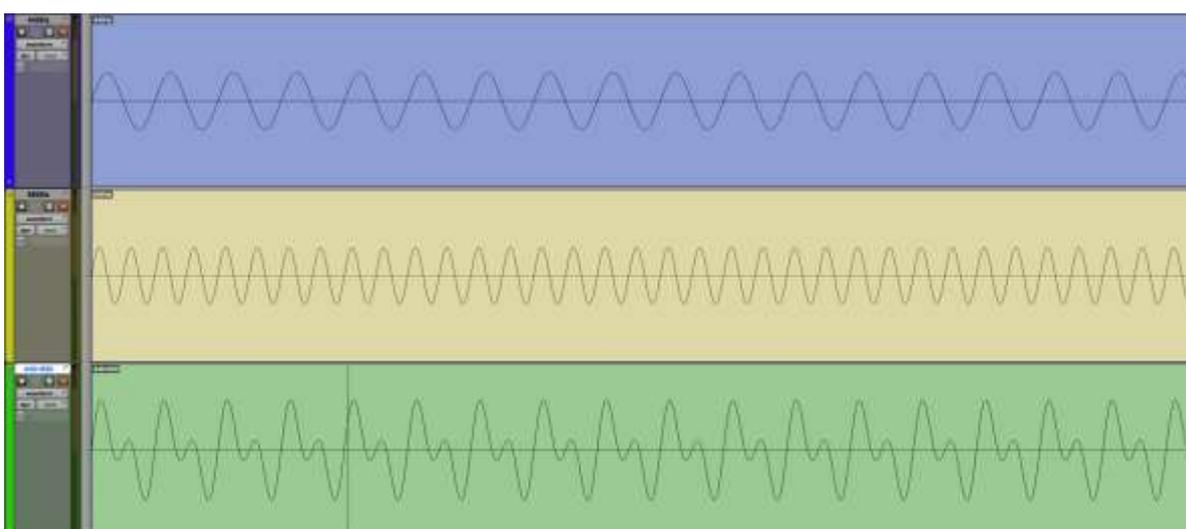


Figura 24 - Sinal sonoro das frequências 440 Hz, 880 Hz e da sua soma

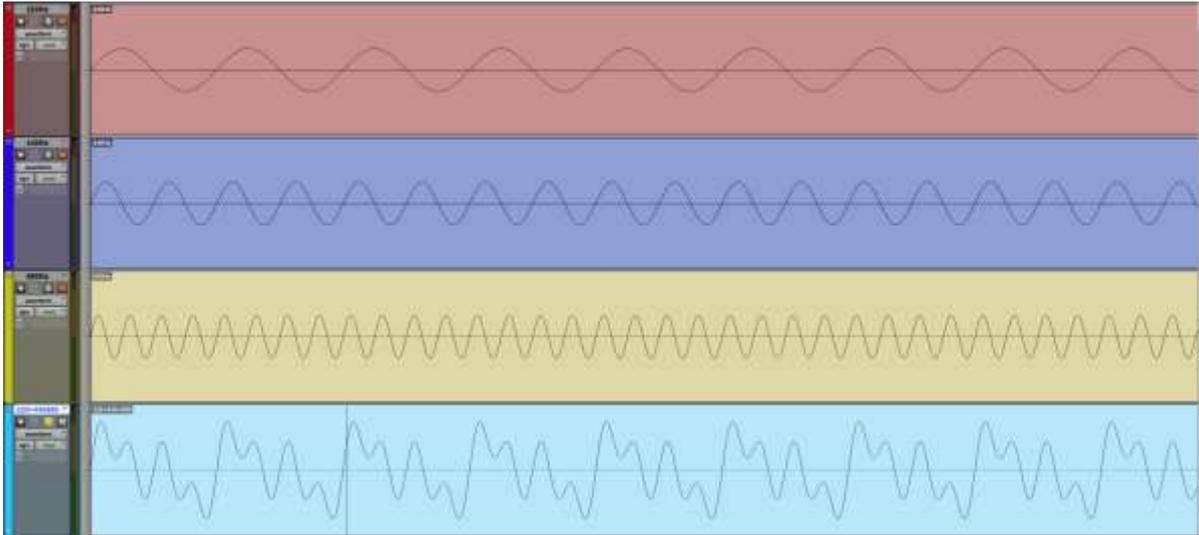


Figura 25 - Sinal sonoro das frequências 220 Hz, 440 Hz, 880 Hz e da sua soma

Os alunos observaram que a soma de duas frequências múltiplas seguidas, 220 Hz + 440 Hz ou 440 Hz + 880 Hz, originaram sinais semelhantes. Observaram também que em todos os casos, a soma originava um sinal com um período igual ao do sinal com menor frequência adicionado. Introduziu-se assim o conceito de som fundamental.

Os alunos também comentaram que os sons puros eram sons “secos” e que quando somados pareciam-se mais com notas musicais, que associaram principalmente ao som de um órgão.

Os alunos puderam também observar que quanto maior a frequência do sinal, mais agudo o som era, pelo que compreenderam que a altura de um som (grave ou agudo) depende da frequência de vibração.

Timbre

Nesta aula, principalmente por estarem disponíveis vários instrumentos, introduziu-se o conceito de timbre.

O timbre é o que caracteriza o instrumento e depende da combinação dos harmónicos.

Os alunos fizeram uma análise do sinal obtido por gravação dos instrumentos que estavam disponíveis, flauta e guitarra, e também de um ruído que produziram.

Verificaram que os instrumentos apresentavam uma certa regularidade, um padrão.

Inclusivamente, quando tocavam uma nota como o caso da nota “lá” isto era bastante claro. Quando analisaram um som desagradável, um ruído, verificaram que não encontravam qualquer padrão.

Aula 3 – Onda e sinal. Equação de Onda e Equação de Sinal (90’)

No início desta aula fez-se uma vez mais uma síntese dos conteúdos da aula anterior, desta vez fazendo uma espécie de *brainstorming* com os conceitos de sinal puro, sinal complexo, harmónico, nota musical e todas as características das ondas (período, frequências, comprimento de onda e amplitude).

Equação de um sinal

Salientando novamente que todas as visualizações que fizemos foram de sinais de ondas sonoras, e não de ondas em si, colocou-se a questão:

Como obter um sinal a partir de uma onda?

Para os alunos poderem dar resposta a esta questão, a professora estagiária apresentou-lhes um software de simulação computacional de carácter exploratório, o *Modellus 4.5 beta*, que permite aos alunos simular fenómenos físicos (e não só).

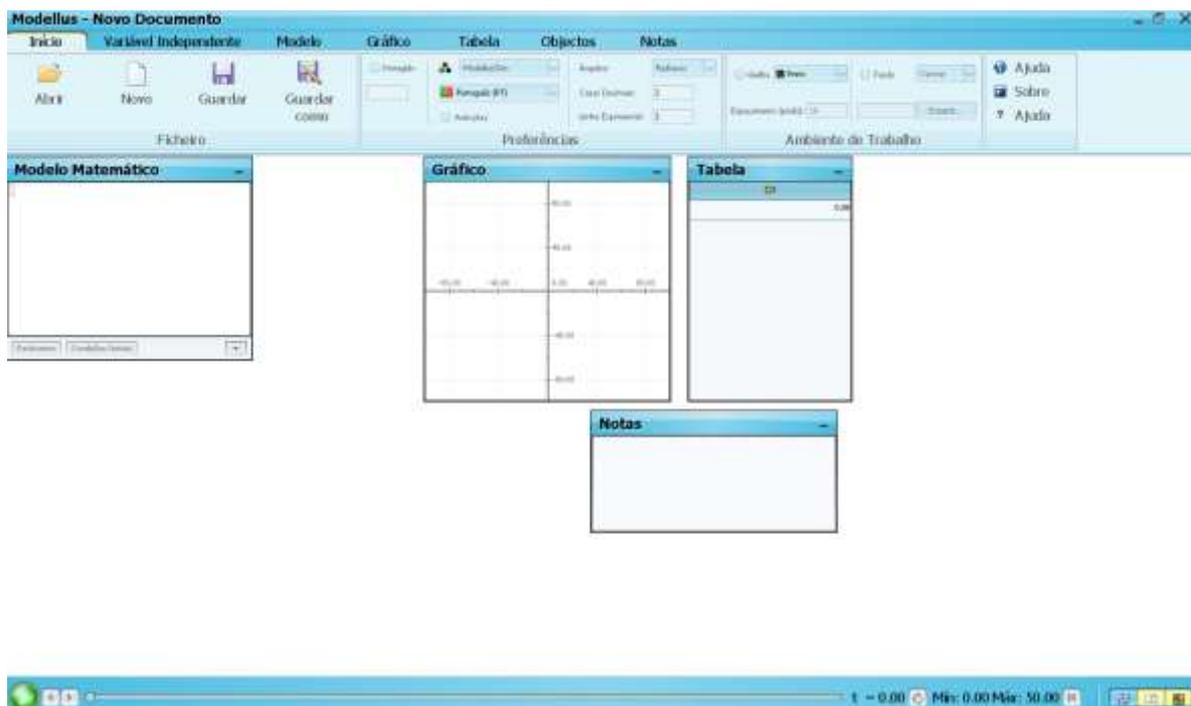


Figura 26 - Aspecto geral do software *Modellus 4.5 beta*

O objectivo, além de distinguir sinal de onda, era distinguir movimento oscilatório de movimento ondulatório. Pretendia-se que os alunos compreendessem que o movimento ondulatório é uma consequência da propagação de um movimento oscilatório.

Para tal usou-se um exemplo disponibilizado pelo software, denominado “*wave,transversal.modellus*”.

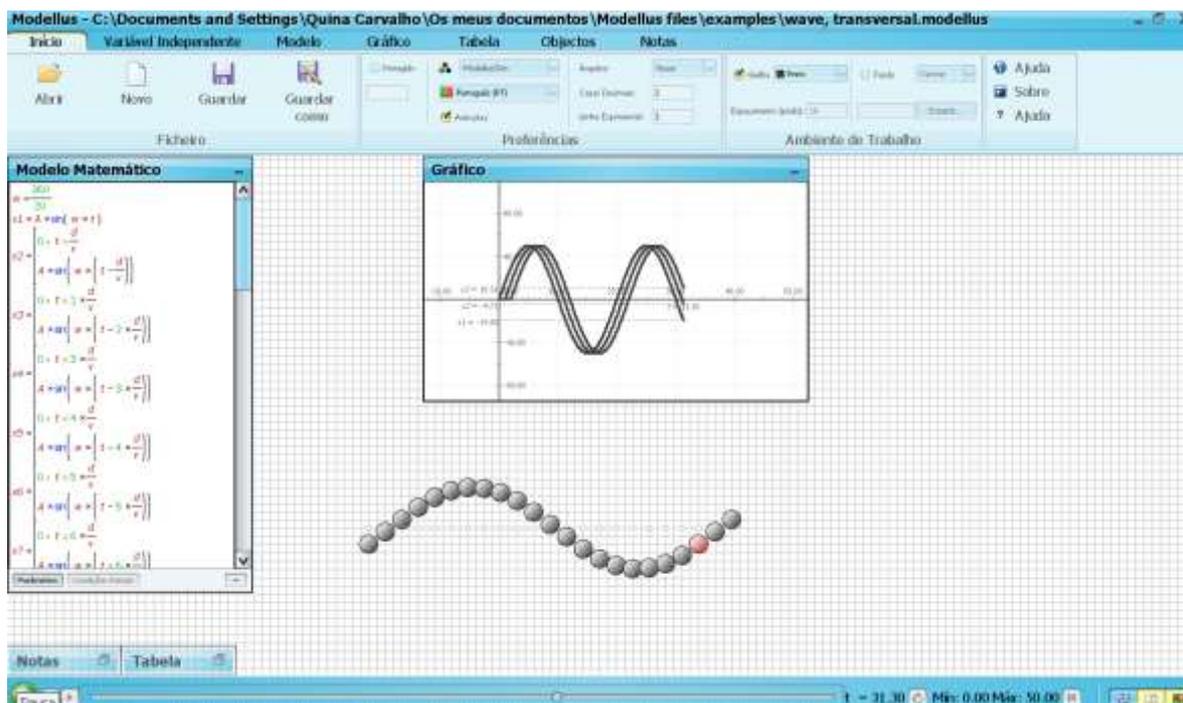


Figura 27 - Aspecto geral do ficheiro “*wave,transversal.modellus*” no software Modellus 4.5 beta

Utilizando a janela de notas, deixou-se apenas visível uma partícula.

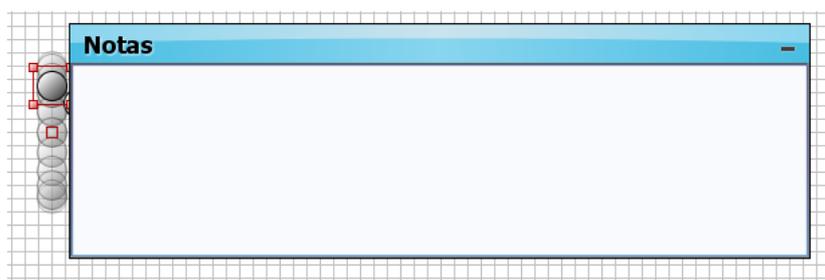


Figura 28 - Imagem do software *Modellus*, com uma partícula a oscilar

Os alunos identificaram que a partícula “subia e descia” em torno da posição inicial - **Movimento oscilatório**.

Foi perguntado então aos alunos quanto tempo demorava o movimento da partícula e, usando um cronómetro de telemóvel, eles determinaram este tempo. O tempo de uma oscilação completa, ou seja o **período** (T).

De seguida, ajustou-se a janela de forma a os alunos verem duas partículas.

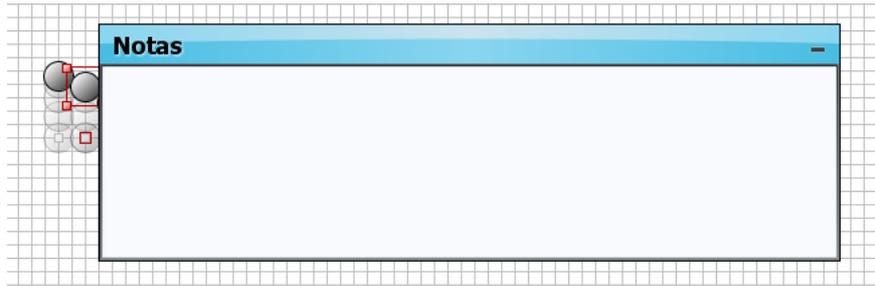


Figura 29 - Imagem do software *Modellus* com duas partículas a oscilar

Os alunos observaram que a segunda partícula aparentava estar um pouco atrasada em relação à primeira e mais, a primeira partícula parecia “puxar” a segunda partícula. Verificou-se também que a segunda partícula demorou o mesmo tempo que a primeira a efectuar uma oscilação completa. Ou seja, as duas partículas tinham o mesmo período e, além disso, a primeira partícula perturbava a seguinte.

Repetiu-se este processo com três e quatro partículas, e as conclusões foram as mesmas:

- Todas as partículas tinham o mesmo período.
- Uma partícula perturba a partícula seguinte.

Por fim mostrou-se toda a onda.

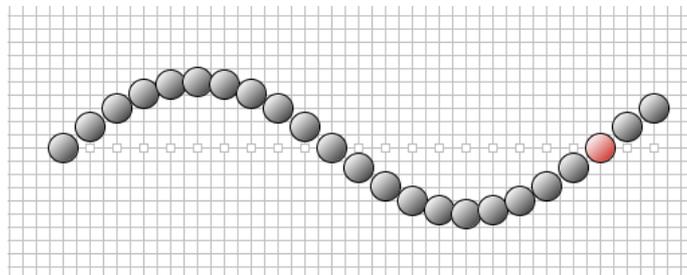


Figura 30 - Imagem do software *Modellus*, com vinte e três partículas a oscilar

Ao analisar toda a onda, observa-se um movimento oscilatório (no tempo) que se propaga ao longo das partículas (espaço). É uma onda, pois é uma perturbação no espaço ao longo de um tempo.

Quando a professora estagiária perguntou o que tinha de especial a partícula vermelha, os alunos afirmaram que esta começava a oscilar quando a primeira partícula terminava a sua primeira oscilação e iniciava a segunda, comportando-se como esta. A distância entre estas duas partículas é o comprimento de onda.

Mas a questão era, como obter um sinal a partir de uma onda? Um sinal é construído a partir de um ponto, por isso recolheram-se dados para fazer a equação do sinal relativo à primeira partícula.

- Amplitude - 5 quadrículas.
- Período - Utilizando um cronómetro de telemóvel, fizeram-se três medições. Usou-se como valor de período o valor médio.

De acordo com o manual, página 111, a equação de um sinal sinusoidal é dado por $y(t) = A \sin(\omega t)$ onde $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$.

Com os dados recolhidos os alunos escreveram a equação e desenharam-na na calculadora gráfica, verificando o sinal sinusoidal.

Nesse momento a professora estagiária mostrou os sinais traçados pelo *Modellus* que tinham a mesma forma do que os alunos traçaram na calculadora.

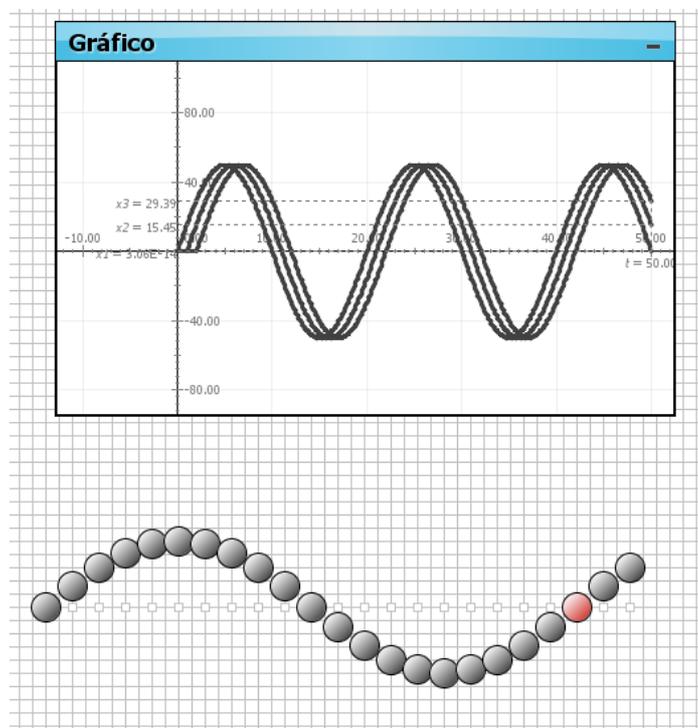


Figura 31 - Imagem do software *Modellus*, com vinte e três partículas a oscilar e com o gráfico da oscilação de três partículas (deslocamento à posição de equilíbrio em funções do tempo)

Equação de onda

Alguns alunos questionaram se também existia uma equação de onda e a professora estagiária introduziu neste ponto a equação fundamental das ondas, $v = \lambda f$.

Tipos de ondas

Perguntou-se aos alunos em que direcção se dava a oscilação das partículas (vertical) e em que direcção se propagava a perturbação (horizontal). Sendo direcções perpendiculares, introduziu-se o conceito de onda transversal.

Utilizou-se ainda o ficheiro “waves, transversal and longitudinal” para mostrar aos alunos um outro tipo de onda, uma onda longitudinal.

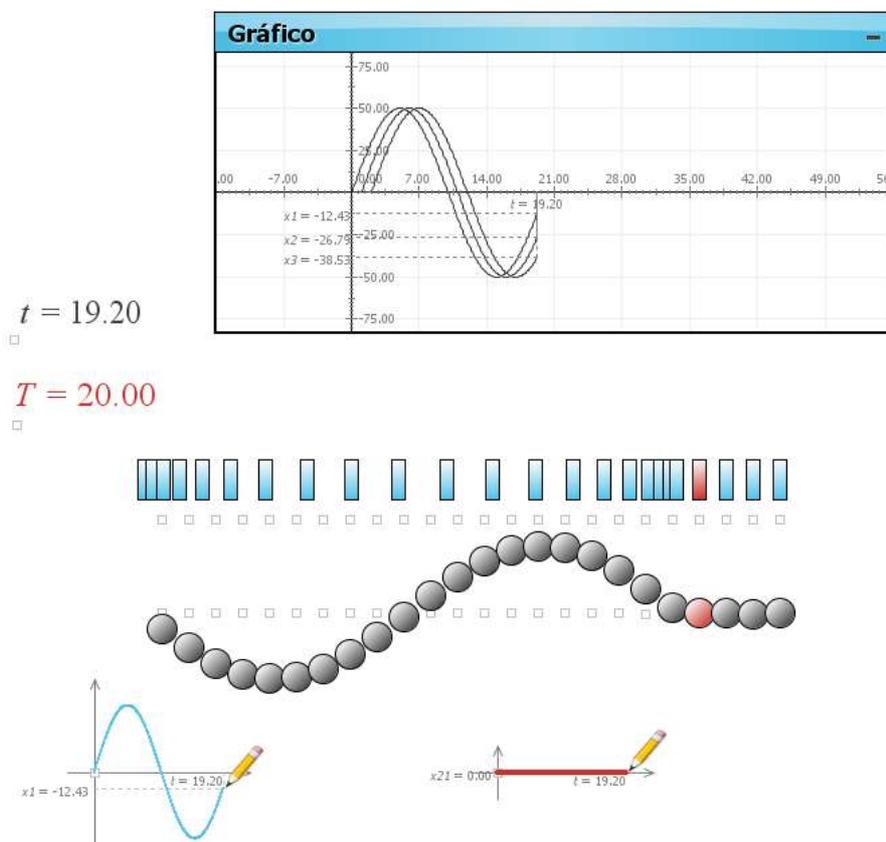


Figura 32 - Aspecto geral do ficheiro “waves, transversal and longitudinal” no software Modellus 4.5 beta

Aula 4 – Produção e Propagação de um Som (90')

Após a síntese inicial dos conteúdos previamente leccionados, neste caso movimento oscilatório e movimento ondulatório, equação de um sinal e equação de onda, a professora estagiária pediu aos alunos que observassem as imagens da página 113 do manual.

Produção e propagação de um som



FIG. 30
Lâmina vibrante.

Figura 33- Figura do manual adoptado, ilustrativa da produção de um som

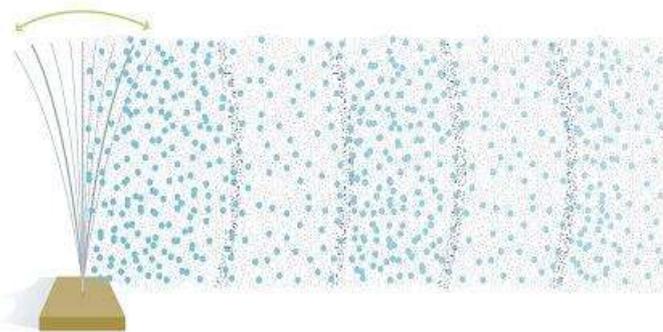


FIG. 31
A lâmina põe em vibração, com a mesma frequência, as moléculas do ar em volta. Esta agitação molecular propaga-se no espaço.

Figura 34- Figura do manual adoptado, ilustrativa da propagação de um som

Foi perguntado aos alunos o que achavam ser necessário para produzir um som e, baseado nas imagens, eles concluíram que era necessário um movimento. Na verdade na origem de um som está sempre a vibração de um corpo ou parte dele.

De seguida questionou-se como o som se propagaria. Pela imagem do livro os alunos tiveram alguma dificuldade em entender o movimento da onda sonora, pelo que a professora estagiária projectou um pequeno vídeo animado de uma imagem semelhante à do livro.

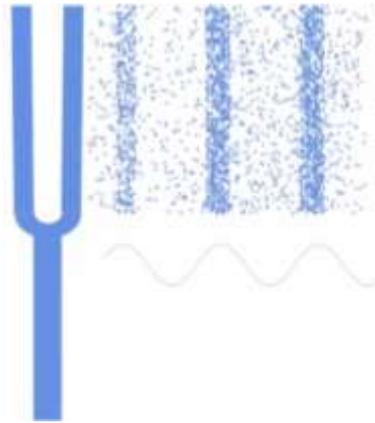


Figura 35- Imagem ilustrativa de um vídeo sobre a produção e propagação de um som

Após o visionamento do filme, com o auxílio do livro, a que os alunos puderam recorrer, e ajuda da professora estagiária, os alunos concluíram, relativamente à propagação de um som no ar:

- Propaga-se através de ondas sonoras
- É uma propagação de energia e não matéria, como todas as ondas
- É uma propagação no tempo e no espaço
 - Comprimento de onda, frequência, período, velocidade
- Há variação da pressão do ar
 - Zonas de compressão e de rarefacção

Para superar a dificuldade de alguns alunos em compreender a existência de uma interacção entre o som e as partículas de ar a professora mostrou ainda um vídeo disponibilizado em <http://www.youtube.com/watch?v=hIWova0DG48&feature=related> (acedido em Setembro de 2011).



Figura 36- Imagem de um vídeo que tenta reproduzir a interacção do som com o ar.

Propagação do som em diferentes meios

Até este momento, assumiu-se a propagação do som no ar. Foi então colocada a questão aos alunos se o som se propagaria noutros meios. Recordando-se da sua própria experiência puderam afirmar que sim, pois já ouviram sons debaixo de água. Colocou-se então a questão se o som se propagaria no vazio. Os alunos prontamente responderam que não, no entanto ficaram um pouco admirados por saber que os filmes de ficção científica não deveriam mostrar som numa explosão do espaço uma vez que o som não se propaga no vazio!

Introduziu-se aqui a necessidade de um meio material para a propagação de um som, não necessariamente o ar. Falou-se ainda brevemente na diferença de velocidade de propagação entre os meios.

Sons não audíveis e espectro sonoro

Colocou-se a questão:

Nem todas as vibrações produzem sons audíveis, porquê?

Os alunos responderam que se devia ao facto de existirem infra e ultra-sons. A professora clarificou esta classificação. O tímpano humano só captar num intervalo restrito (de 20 Hz a 20000 Hz), logo estes são classificados como sons audíveis. O tímpano não é sensível a pequenas frequências, vibrando pouco, por isso não se conseguir ouvir. A grandes frequências o tímpano pode romper.

Utilizando a internet os alunos procuraram imagens do espectro sonoro humano, e de outros animais, fazendo comparação das diferentes gamas de sons audíveis.

Aproveitou-se ainda para abordar as aplicações dos sons não audíveis, nomeadamente na medicina ou navegação.

Aula 5 – Actividade Laboratorial 2.1 - Osciloscópio (135')

Esta foi a última aula da sequência pedagógica. Apesar disso voltou-se repetidamente a esta temática quer pela temática seguinte (“Microfone e Altifalante”) ser um complemento a esta temática, quer por se terem realizados algumas aulas posteriores de consolidação de conhecimentos, através da resolução de alguns exercícios. Como habitualmente, o início da aula foi a síntese da aula anterior mas, neste caso, também de outros pontos leccionados na temática.

Na verdade, com a primeira parte desta aula pretendeu-se consolidar os conhecimentos, formulando algumas definições e enquadrando alguns tópicos abordados. Salienta-se:

- Classificações de ondas mecânicas/electromagnéticas;
- Classificações de ondas longitudinais/transversais;
- Altura de um som (grave ou agudo) dependendo da frequência;
- Intensidade de um som (fraco ou forte) dependendo da frequência e da amplitude;
- Velocidade de propagação em diferentes meios.

Esta revisão foi feita usando o manual multimédia disponibilizado pelo manual dos alunos. Em particular recorreu-se às animações “Construção de ondas”, “Produção e propagação de Som” e “Espectros sonoros”.

Na segunda parte da aula realizou-se a Actividade Laboratorial 2.1 sobre o funcionamento de um osciloscópio. Os alunos exploram o funcionamento do equipamento utilizando um gerador de sinais. O trabalho experimental permitiu aos alunos não só manusear o osciloscópio como aplicar os conhecimentos leccionados. Em concreto, foi pedido aos alunos que escrevessem a equação do sinal, gerado pelo gerador de sinais, que visualizaram com a informação obtida pelo osciloscópio. Puderam também ligar um microfone e altifalante em simultâneo ouvindo as frequências que desejavam e testando os seus limites de audição.

No fim da leccionação da sequência pedagógica realizou-se novamente o teste diagnóstico. A análise dos testes foi feita com grelhas idênticas, permitindo assim fazer uma análise comparativa da evolução das concepções dos alunos.

4.4. Resultados

A análise dos testes diagnósticos, conforme referido no ponto 4.3.3, foi feita por aluno e por item, de forma a identificar todas as unidades de significado referidas em cada resposta. Em simultâneo, a cada resposta de cada item foi atribuída uma pontuação de acordo com a Tabela 2 – Pontuação das respostas dos alunos no teste, atrás referida. O Anexo 3 contém as respectivas grelhas.

Interpretando as grelhas de análise verifica-se que, de forma geral, entre os testes de diagnóstico realizados antes e depois do ensino formal, houve uma evolução no que respeita à pontuação dos itens. De facto, se exceptuarmos um deles, a pontuação média aumentou após o ensino formal. No entanto, verifica-se que os valores são, em ambas as situações, muito baixos. Com efeito, apenas num caso se regista uma pontuação média superior a 2 pontos.

Estas baixas pontuações devem-se, provavelmente, não só a dificuldades na interpretação e compreensão dos fenómenos físicos, mas também à insuficiente expressão escrita. Em vários casos verificou-se que uma mesma resposta apresentava uma parte correcta, bem estruturada e cientificamente válida e outra parte com elementos contraditórios ou revelando concepções alternativas às concepções aceites. Não obstante, alguns alunos baixaram a sua pontuação do primeiro para o segundo teste em algumas questões.

É também de salientar que o item com melhor classificação foi uma questão de cálculo, que atinge a pontuação média de 2,8 no teste realizado antes do ensino formal e 3,4 no teste realizado após. No entanto, em ambas as questões de cálculo, registaram-se alunos que omitiram as unidades de grandeza ou usaram unidades incorrectas.

É curioso que a pontuação média da questão relativa ao efeito de Doppler, tema não abordado no ensino formal, subiu ligeiramente do primeiro para o segundo teste, existindo um aluno que se aproxima de uma resposta correcta. Deve-se contudo notar que foram aceites como correctas duas respostas que são passíveis de ambiguidade devida à comum confusão entre a altura e a intensidade de um som.

É interessante verificar que, na questão relativa ao software *Audacity*, que os alunos trabalharam nas aulas, explorando-o inclusivamente eles próprios numa aula prática, a classificação diminuiu sendo, em ambos os casos, muito próxima de zero. Observaram-se inclusivamente várias situações de alunos que afirmaram ver uma onda

sonora sinusoidal. Ademais, muitos basearam-se na informação constante na imagem para responder à questão, tendo em conta que ela em nada se relacionava com a análise que lhes era pedida. Na verdade, apesar de alguns alunos referirem algumas ideias correctas sobre o software e sobre o sinal que observavam no teste diagnóstico realizado depois do ensino formal, a maioria destas respostas estava muito incompleta, não atingindo o nível 1.

Foram diagnosticadas inúmeras concepções alternativas, quer antes, quer depois do ensino formal. É, na verdade, interessante verificar que estas persistem mesmo após o ensino formal. Tal ideia é reforçada ainda pelo facto de 8 dos alunos que realizaram o teste já terem frequentado o 11.º ano, e, portanto, terem sido sujeitos ao ensino formal desta temática. Assim, no caso destes, o segundo teste foi realizado após ensino formal por parte de duas professoras distintas, com diferentes metodologias, tendo, no entanto, muitas das concepções alternativas persistido.

Concretizando, foram encontradas as seguintes concepções alternativas, documentadas na bibliografia consultada, antes do ensino formal:

- O som propaga-se mais facilmente nos gases.
- O som propaga-se no vazio, sendo este o meio de propagação mais fácil.
- As partículas propagam o movimento.
- A onda sonora é semelhante à onda produzida quando se atira uma pedra ao lago.
- Onda sonora é a vibração em que o som se transporta (modelo híbrido).
- Numa onda sonora uma partícula propaga o seu movimento para as partículas ao lado (modelo partícula).
- A propagação do som é mais rápida no ar do que nos sólidos.

Registaram-se também várias dúvidas no que respeita às características das ondas, nomeadamente na relação entre frequência e intensidade, e amplitude e altura. No que respeita à classificação de ondas como longitudinais ou transversais, e mecânicas ou electromagnéticas, verificaram-se classificações incorrectas.

Após o ensino formal apenas se registou a persistência da concepção alternativa do modelo partícula. No entanto surgiu, na análise dos sinais gravados pelo *Audacity*, uma outra concepção alternativa frequentemente encontrada na bibliografia, que refere a onda sonora como uma onda sinusoidal.

4.5. Conclusões

Apesar de este estudo se ter realizado com condicionantes várias, nomeadamente a selecção não aleatória da amostra e a calendarização das aulas da sequência pedagógica previamente determinada, pôde realizar-se uma investigação sobre uma temática deveras relevante.

Com efeito, foi possível identificar algumas das concepções alternativas mais documentadas, nomeadamente no que respeita à propagação do som.

Como parte desta investigação, procedeu-se à construção de uma sequência pedagógica baseada nas concepções alternativas diagnosticadas no teste realizado antes do ensino formal. Esta foi construída de forma a usar múltiplos recursos (o manual, dois softwares de edição de som, um software de simulação computacional, filmes, animações e o manual virtual) e a reforçar sistematicamente os conteúdos leccionados. Pretendeu-se também, usando todos estes recursos, que, sempre que possível, fossem os próprios alunos a construir uma linha de raciocínio que os levaria às definições conceptuais dos vários fenómenos.

Depois de analisados os testes diagnósticos realizados após o ensino formal, verifica-se que as principais concepções alternativas detectadas no primeiro teste diagnóstico não foram identificadas nesta fase. No entanto, as pontuações médias dos itens apresentam valores bastante baixos, revelando que os alunos não possuem o pleno domínio da temática. Na verdade, alguns alunos aplicam conceitos e conhecimentos da unidade temática de forma desestruturada ou fragmentada, distanciando-os do seu real significado. De forma mais proeminente no segundo teste realizado, verifica-se que, apesar de conhecerem o léxico da temática e de terem alguma noção do seu significado, os alunos usam os conceitos em contexto desapropriado. Assim, e devido a algumas dificuldades de expressão dos alunos, a identificação de concepções alternativas foi um processo um pouco complexo.

Por outro lado, os alunos também não demonstraram a procura sistemática de um desenvolvimento dos seus conhecimentos, além dos assuntos tratados na aula. À guisa de exemplo, o teste tinha uma questão relativa ao efeito de Doppler, temática não constante do programa e, por isso, não abordada. Apesar disso, os alunos, em nenhum momento, sentiram curiosidade sobre este fenómeno a ponto de os levar a trazer esta questão para a sala de aula.

Pôde também inferir-se com este estudo que as concepções alternativas persistem após o ensino formal, como se verificou no caso do modelo partícula. Este facto já era esperado pois este é, na verdade, o principal rival do modelo cientificamente aceite, conforme a bibliografia referenciada.

Limitações do estudo

A selecção não aleatória e o tamanho da amostra, bem como a inexistência de um grupo de controlo, tornam este estudo meramente qualitativo e estritamente dependente do contexto em que foi realizado. Além disso, a utilização apenas de um instrumento, o teste diagnóstico, não confere garantias plenas sobre as reais concepções dos alunos. Acresce a isto o facto do teste ser sobretudo de resposta aberta, o que permite aos alunos não responderem directamente às questões, dificultando o diagnóstico das concepções subjacentes.

Existiram ainda alguns constrangimentos temporais, relativos ao número de aulas da sequência pedagógica que teve de estar de acordo com a planificação global do segundo período.

Proposta de investigações futuras

Em estudos futuros, em ordem a melhorar o trabalho realizado e à semelhança de alguns elementos da bibliografia, poderão realizar-se entrevistas com alguns alunos, confrontando-os com múltiplos contextos.

Além disso, este estudo incidiu principalmente sobre a produção e propagação de um som. No entanto, a própria natureza do som é uma componente desta temática onde existem muitas concepções alternativas, como referimos. Assim, seria interessante reflectir numa metodologia pedagógica que incida mais especificamente sobre este ponto.

5. Reflexões finais

O estágio pedagógico foi um tempo muito enriquecedor. Apesar de já ter leccionado anteriormente, a leccionação conjunta com a professora orientadora permitiu-me beneficiar da sua experiência, aprendendo algumas metodologias e técnicas. Além disso o facto de ter desempenhado algumas funções, como a de Director de turma, o planeamento de visitas de estudo e a organização de actividades de divulgação da ciência contribuiu, indubitavelmente, para um maior domínio das várias componentes necessárias para o ensino actual.

Outro aspecto que merece ser destacado é a valorização proporcionada pela elaboração de uma sequência pedagógica, que desenvolvi no âmbito da unidade curricular de Investigação Educacional. Apesar dos resultados não apresentarem uma alteração radical no que concerne ao domínio dos conceitos em estudo, a diminuição da presença de concepções alternativas não pode ser escamoteada. Ademais, a elaboração desta sequência permitiu-me trabalhar a partir das concepções já presentes nos alunos, por forma a desenvolver, com eles, um ensino significativo.

Acresce a isto o facto da preparação da sequência ter exigido a utilização de uma panóplia de recursos didácticos, demonstrativos de todo um imenso universo passível de ser utilizado na elaboração de futuras sequências. Foi ainda possível verificar a importância da cuidadosa elaboração de uma planificação, quando se pretende tornar o ensino significativo para os alunos.

Apesar do contexto socioeconómico não apontar para um extracto social muito elevado, a escola onde o estágio decorreu tinha as condições necessárias para o desenvolvimento das actividades que considerei relevantes. De facto, os meios que estavam à minha disposição permitiram-me implementar a sequência pedagógica que tinha elaborado. Sintomático deste facto foi a possibilidade que os alunos tiveram de explorar o software de gravação e edição de sons que tinha utilizado como referência.

Ainda nesta temática das condições da escola, o acolhimento que tive por parte do corpo docente, em particular dos professores do Grupo disciplinar, possibilitou-me desenvolver a minha actividade de forma construtiva. De facto, mais do que não terem sido um constrangimento, a sua presença e ajuda revelaram-se fundamentais, quer na adaptação ao meio escolar em causa, quer no desenvolvimento de materiais, ou no fornecimento de importantes pistas que pude usar na leccionação.

De referir ainda que, apesar de já possuir alguma experiência lectiva, como referi, neste estágio tive a possibilidade de lidar, pela primeira vez, com alunos do ensino secundário. A elevada carga horária semanal, bem como a complexidade e variedade dos assuntos abordados, exigem do docente um maior esforço na planificação das actividades lectivas. De igual forma, no que se refere ao processo de avaliação, senti uma maior responsabilidade, associada ao acréscimo de rigor necessário, uma vez que a professora orientadora utilizou como referência os critérios de correcção das provas elaboradas pelo GAVE.

De um ponto de vista mais formal, foi importante compreender a dinâmica de gestão de uma turma. O acompanhamento das funções de Director de turma trouxe consigo o contacto com os Encarregados de Educação, bem como a familiaridade com os procedimentos administrativos, que se afiguram como essenciais no ensino.

Por último, as actividades desenvolvidas fora do contexto lectivo tradicional estimularam uma maior proximidade entre a professora estagiária e os alunos. Para além do mais, uma actividade como, por exemplo, o “Laboratório Aberto”, permitiu um contacto mais directo entre todos os membros da comunidade escolar, abrindo-a ainda ao exterior. De notar que, como veículo de tudo isto esteve algo tão fantástico como a ciência.

Referências bibliográficas

- Caldeira, M. H., Costa, M. E., Patrício, M. A., Pinto, A., Prata Pina, E. M., Ruivo, M. C., et al. (1991). Ideias dos Alunos sobre o conceito de som. *Gazeta da Física*, 14, 1, 22-32.
- Dantas, M. d., & Ramalho, M. D. (2009). *Jogo de Partículas - Física e Química A - Química Bloco 2 11.º/12.º ano*. Lisboa: Texto Editores, Lda.
- Duit, R. (2009). Students' and Teachers' Conceptions and Science Education.
- Herr, N. (2009). *The Sourcebook for Teaching Science*. Jossey-Bass.
- Houle, M. E., & Barnett, G. M. (2008). Students' Conceptions of Sound Waves Resulting from the Enactment of a New Technology-Enhanced Inquiry-Based Curriculum on Urban Bird Communication. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 242-251.
- Hrepic, Z., Zollman, D. A., & Rebello, N. S. (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6 (2), p. 020114 (1 a 18).
- Hrepic, Z., Zollman, D., & Rebello, S. (2003). Students' mental models of sound propagation: Implication for a theory of conceptual change.
<http://maps.google.pt/maps?q=escola%20secund%C3%A1ria%20fernando%20namora&um=1&ie=UTF-8&sa=N&hl=pt-PT&tab=wl>. (s.d.). Obtido em 30 de 08 de 2011
<http://www.esfnnet.com/namora/>. (s.d.). Obtido em 30 de 08 de 2011
- Leite, L., & Afonso, A. (2000). Portuguese school textbooks' illustrations and students' alternative conceptions on sound. *International Conference "Physics Teacher Education beyond 2000 - PHYTEB"*. Barcelona: Physics Teacher Training in an Information Society (PTTIS).
- Leite, L., & Afonso, A. S. (1999). Natureza e Propagação do som. Concepções de alunos dos ensinos básico, secundário e superior. In *La didáctica de las ciencias tendencias actuales* (pp. 345-358).

- Leite, L., & Afonso, A. S. (1999). O Som e a Audição Uma área que faz "vibrar" os professores? *Gazeta da Física*, 22, 10-16.
- Linder, C. J. (1993). A Challenge to Conceptual Change. *Science Education* 77(3), 293-300.
- Linder, C. J. (1992). Is teacher-reflected epistemology a source of conceptual difficulty in physics? *International Journal of Science Education*, 14 (1), 111-121.
- Linder, C. J. (1987). Tertiary Physics: A case study in students' conceptions of sound. *Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*, 3, pp. 322-331. Ithaca, NY, USA.
- Linder, C. J. (1992). Understanding sound: so what is the problem? *Physics Education*, 27 (5), 258-264.
- Linder, C. J. (1993). University physics students' conceptualizations of factors affecting the speed of sound propagation. *International Journal of Science Education*, 15 (6), 655-662.
- Menino, H. L., & Correia, S. O. (2001). Concepções alternativas: ideias das crianças acerca do sistema reprodutor humano e reprodução. *Educação & Comunicação* (6), 97-117.
- Monteiro Junior, F. N., Maricato, F. E., Carvalho, W. L., & Bastos, F. (2009). Investigando a persistência das concepções alternativas: o caso da suposta mudança de timbre nas gravações de áudio. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis.
- Monteiro Júnior, F., & Medeiros, A. (1998). Distorções conceituais dos atributos do som presentes nas sínteses dos textos didáticos: aspectos físicos e fisiológicos. *Ciência educ. [online]*, 5 (2), pp. 01-13.
- Papert, S. (1997). *A Família em Rede - Ultrapassando a barreira digital entre gerações*. Lisboa: Relógio D'Água Editores.
- Periago, C., Pejuan, A., Jaén, X., & Bohigas, X. (2009). Misconceptions about the Propagation of Sound Waves. *Department de Física i Enginyeria Nuclear, Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Sequeira, M., & Leite, L. (1993). An analysis of the consistency of Secondary School students' alternative conceptions with the common sense theory of motion. *Proceedings of the 3rd international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Ithaca, NY.

Sequeira, M., & Leite, L. (1991). Os professores de Ciências Físico Químicas e a problemática das concepções alternativas. *Revista Portuguesa da Educação* , 4 (3), 31-47.

Sequeira, M., & Leite, L. (1992). Portuguese physics teachers' attitudes towards students' alternative conceptions on Mechanics. *Proceedings of the Second International Conference on the History and Philosophy of Science Education* , 419-428.

Ventura, G., Fiolhais, M., Fiolhais, C., Paiva, J., & Ferreira, A. J. (2009). *11F - Física e Química A - Física Bloco 2 11.º/12.º ano*. Lisboa: Texto Editores, Lda.

Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F. (2003). Understanding and Affecting Student Reasoning about Sound Waves. *International Journal of Science Education* , 25 (8), 991-1013.

SAÚDE/ALIMENTAÇÃO

Pequeno almoço	Em casa		Almoço	Em casa		Merenda	Em casa	
	Na escola			Na escola			Na escola	
	Não tomo			Não tomo			Não merendo	

Número de horas que costumás dormir	Menos de seis	
	Seis	
	Sete	
	Oito	
	Nove ou mais	
Hora a que te costumás deitar	21 h	
	22 h	
	23 h	
	24 h	
	Depois das 24 h	

Problemas de saúde	Sim	Qual/Quais?
	Não	

EXPECTATIVAS RELATIVAS À ESCOLA	Bom ambiente	
	Bom relacionamento entre alunos	
	Bons professores	
	Baixo grau de exigência	
	Elevado grau de exigência	
	Diversidade de actividades extracurriculares	
	Bom apoio educativo	

PROFISSÃO OU PROFISSÕES DESEJADAS	1.
	2.
	3.

Anexo 2 – Teste diagnóstico



Teste sobre SOM

Nome _____

Nº _____

Marta Dias e Florinda Madeira

Ano Lectivo 2010/2011

1. O som é um fenómeno físico com que estamos permanentemente em contacto. Em duas ou três frases, descreve como é que se produzem sons e como é que o som se propaga no ar.

Como se produz:

Como se propaga:

2. A velocidade do som no ar é 340 m/s. Em $\frac{1}{10}$ s, qual é a distância que um sinal sonoro percorre no ar?

Cálculos:

3. Um assobio típico é um som que corresponde à repetição de um certo valor de pressão de ar, num certo ponto na proximidade do emissor do assobio, cerca de 2000 vezes por segundo.

Quanto tempo demora de cada valor de pressão de ar a ser repetido? Exprime o resultado na forma de fracção e na forma decimal.

Na forma de fracção:

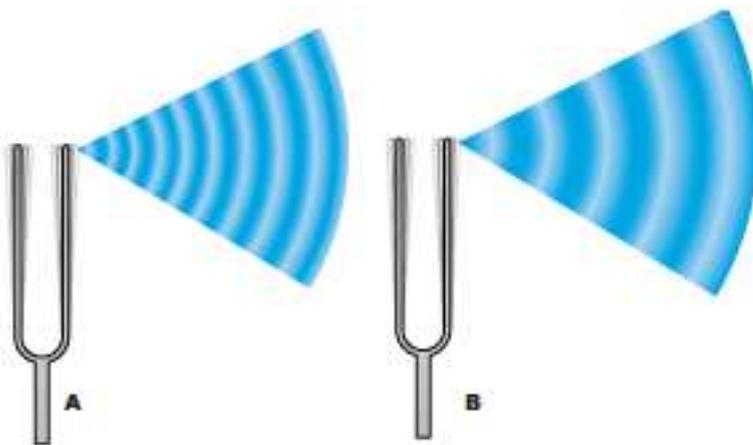
Na forma decimal:

4. Os livros e as pessoas falam frequentemente de ondas sonoras. Numa linguagem tão simples quanto possível, descreve o que é uma onda sonora.

5. Já reparaste que quando uma ambulância passa por nós, o som vindo da ambulância que se aproxima é diferente do som quando a ambulância se afasta?

Se respondeste sim, a que poderá ser devido essa diferença?

6. A imagem seguinte é frequentemente utilizada nos livros para explicar como é que o som se propaga e as características de sons distintos. Descreve, tão rigorosamente quanto possível e respeitando o espaço disponível, o que é que a imagem representa.



Anexo 3 – Grelhas de análise dos testes diagnósticos

Grelhas de análise dos testes diagnósticos realizados antes do ensino formal

1a - Produção de um som																										
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	JR	JM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP			
Através de vibrações de um corpo	1					X	X				X		X													
Interação (colisão) de dois objectos	1					X	X								X											
São sinais que se transformam em ondas	1													X	X			X								
Consequência de um movimento ou acção	1																X			X						
O som é produzido/emite por um corpo	1											X		X												
O som produz-se através de uma pressão de ar	1	X																								
Reproduz-se através de frequências que permitem ao ouvido humano ouvir	1				X																					
Através de oscilações de cordas vocais, um ferro ou cordas de um instrumento	1																							X		
Vibração de partículas	1							X																		
Vibração do ar	1																		X							
Não se produz som sem movimento	1						X																			
Um movimento provoca uma oscilação que se propaga	1																X									
Alteração do estado das partículas do ar	1								X																	
O som vai-se desenvolver através de ondas sonoras	1											X														
Pelo deslocamento de um corpo	1														X											
Produz-se através de um toque, um movimento que provoca uma oscilação	1																X									
Produz-se por sinais vibratórios que são emitidos de um corpo	1																	X								
Pela capacidade vocal	1															X										
Por buzinas de carros, pessoas, animais	1																							X		
Pontuação		1	0	0	0	2	2	2	0	0	3	0	3	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	1		
Pontuação média		0,8																								

1b - Propagação do som																										
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	IS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP			
Propaga-se através de ondas sonoras	13		X		X	X	X	X	X	X	X		X				X		X	X				X		
Não se propaga no vazio (vácuo)	7		X				X			X	X	X					X			X						
Propaga-se no ar	5	X											X	X	X	X								X		
Propaga-se em sólidos	5	X					X								X	X			X	X						
Propaga-se em gases	4						X								X				X	X						
Propaga-se em líquidos	3						X											X	X							
Propaga-se num meio	2										X													X		
Propaga-se na água	2													X	X											
As ondas sonoras são ondas longitudinais	2									X										X						
Propaga-se mais facilmente nos gases	1													X												
Propaga-se em no vazio (onde a propagação é mais fácil)	1														X											
Propaga-se através de fibras	1	X																								
Propaga-se através das vibrações das moléculas de ar	1												X													
No vazio não há "objectos" com os quais a onda sonora possa chocar	1																X									
As partículas propagam o movimento do som	1								X																	
As ondas sonoras são ondas transversais	1																				X					
As ondas sonoras são ondas mecânicas	1																						X			
As ondas sonoras são ondas electromagnéticas	1															X										
As ondas sonoras não são visíveis	1															X										
A velocidade de propagação depende do meio	1									X																
A onda sonora é semelhante à onda produzida quando se atira uma pedra ao lago	1															X										
Pontuação		0	2	0	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	0	1	0	2	2	0	1	2			
Pontuação média		1.3																								

2 - Cálculo da distância																										
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	IS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP			
Chega ao resultado correcto, d=34	17			X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		
Apresenta correctamente o resultado final em m	14				X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X			
Usa regra de 3 simples	3			X	X					X				X	X	X			X	X	X					
Indica a expressão v=d/t	4					X	X									X								X		
Responde ao problema após os cálculos	4	X					X		X		X															
Indica os dados	3						X				X													X		
Chega ao valor d=3400	3	X									X						X									
Indica expressão incorrecta da velocidade	2										X						X									
Usa proporções	2							X	X																	
Realiza apenas o cálculo necessário (multiplicação)	2																					X	X			
Apresenta o resultado final em m/s	2			X							X															
Não apresenta unidades no resultado final	2																			X				X		
Indica parcialmente os dados	1	X																								
Apresenta o resultado final em s	1																		X							
Pontuação		0	0	2	4	4	4	4	4	4	2	0	4	4	4	4	1	2	2	4	1	3	3			
Pontuação média		2.8																								

3 - Determinação do Período																										
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	IS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP			
Indica, na forma de fracção, $T=1/2000$	7	X				X	X		X					X	X				X							
Indica T em s (em ambas as situações)	5	X			X		X		X					X												
Indica, na forma decimal, $T=5 \times 10^{-4}$	4	X												X	X				X							
Representa o período por T	4					X								X	X				X							
Indica $T=1/f$	3					X								X	X											
Não apresenta unidades	3				X												X	X								
Indica T em s apenas numa das situações	2													X	X											
Indica $d=v \cdot t$	1										X															
Indica, na forma de fracção, $T=340/2000$	1				X																					
Indica, na forma de fracção, $T=3400/2000$	1																X									
Indica, na forma decimal, $T=0,0005$	1								X																	
Indica, na forma decimal, $T=0,002$	1						X																			
Simplifica $40/2000$ em $17/30$	1																X									
Simplifica $40/2000$ em $17/100$	1				X																					
Tendo indicado na forma de fracção $T=340/2000$, indica $T=0,17$ na forma decimal	1				X																					
Tendo indicado na forma de fracção $T=3400/2000$, indica $T=1,7$ na forma decimal	1																X									
Usa proporções	1								X																	
Pontuação		3	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	4	4	0	0	1	0	0	0	0	0		
Pontuação média		0.7																								

4 - Onda sonora																								
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP	
Têm um período	1		X			X									X	X			X					
Têm frequência	1		X			X				X					X				X					
Têm comprimento de onda	1					X				X					X	X			X					
Têm amplitude	1					X				X					X	X			X					
É a forma de propagação do (por onde se propaga o) som	1						X			X							X		X				X	
Têm velocidade	1														X	X			X					
É uma onda complexa	2														X	X								
Resulta do movimento vibratório de partículas à volta de quem emite o som (emissor)	2											X	X											
É a representação do que o som faz no ar	1		X																					
O período do onda sonora é o tempo que demora a voltar ao mesmo ponto	1		X																					
A frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda.	1									X														
A frequência e o comprimento de onda definem a intensidade do som	1									X														
Propagam-se em todos os meios	1		X																					
Não se propagam no vácuo	1		X																					
O som propaga-se numa direcção que faz lembrar ondas	1			X																				
É uma determinada frequência que se propaga e permitenos ouvir o som emitido	1				X																			
Propaga-se em sólidos	1				X																			
Propaga-se em líquidos	1				X																			
Propaga-se em gases	1				X																			
É a vibração em que o som se transporta	1					X																		
É uma onda que faz propagar o som emitido a uma grande distância	1									X														
Descreve a intensidade do som emitido, pelo que mais afastado maior a intensidade	1						X																	
É um movimento de propagação	1							X																
É uma onda que transmite o som	1									X												X		
Quando um som é emitido, este propaga uma onda sonora com um raio d e intensidade do som emitido	1															X								
Uma partícula propaga o movimento para as partículas ao lado	1								X															
É um som originado por uma certa acção que chega aos nossos ouvidos	1																			X				
São produzidas pelas pessoas quando tocam um instrumento	1																						X	
Pontuação		0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Pontuação média																								0.4

5 - Efeito de Doppler																								
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP	
Já reparou no efeito de Doppler	11	X	X	X			X					X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	
Nunca reparou no efeito de Doppler	9				X	X			X	X	X				X		X		X					
Deve-se à distância a que o som é emitido	5	X					X	X								X				X	X			
A intensidade diminui com a distância (som menos forte/mais fraco)	5	X					X	X								X				X				
A posição em que nos encontramos altera o modo como ouvimos um som (estar atrás ou à frente)	7		X																				X	
Há um raio limite para as ondas sonoras	1															X								
Deve-se ao facto de as ondas de afastarem de nós e se propagarem com o corpo que emite	1											X												
Devido a propagação do som no ar	1													X										
Os objectos impedem o grande alcance do som	1													X										
Deve-se à propagação mais rápida no ar e consequente atraso na propagação através de sólidos	1																	X						
Pontuação		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Pontuação média																								0.0

6 - Propagação do som (figura diapasões)																							
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP
"A" representa um som de maior frequência e "B" de menor frequência	11	X	X			X				X	X				X	X			X		X	X	X
Representação da propagação do som	4							X						X				X					X
"A" representa um som mais intenso	4								X	X	X									X			
Representação de um som de um diapásio	3												X					X	X				
"B" representa um som mais baixo/grave	3								X	X													X
Representa ondas emitidas pelo aparelho	2		X														X						
Representação das ondas produzidas por um diapásio	2				X						X												
Representação das ondas propagadas por um diapásio	2					X								X									
"A" representa um som de menor período e "B" de maior período	2					X														X			
Som puro	2													X	X								
"A" representa um som mais alto/agudo	2								X	X													
As ondas representam as partículas que estão a propagar-se pois existem zonas de maior pressão (zonas escuras) e zonas de menor pressão (zonas claras). As partículas concentram-se mais nas zonas de maior pressão.	2													X	X								
Representação da propagação de um som através de um diapásio	1														X								
Representa o efeito sonoro do diapásio	1															X							
Representa um diapásio	1																					X	
Representa os diferentes tipos de intensidade de som que um objecto pode produzir	1						X																
Representa a intensidade do som em duas situações	1									X													
Representa um som a propagar-se no espaço	1															X							
O som "A" é mais forte por ter maior frequência	1																			X			
"A" apresenta um som de menor comprimento de onda que "B"	1					X																	
Em "A" as ondas são mais contínuas	1		X																				
Em "A" o diapásio oscila mais que em "B"	1																						X
O som "A" foi obtido por aplicação de uma maior força	1															X							
O aparelho (diapásio) produz som quando se toca sobre ele com um objecto metálico e a sua vibração produz som	1				X																		
"A" tem maior amplitude que "B"	1												X										
Quanto maior a intensidade do toque mais ondas se propagam	1				X																		
"A" representa um som consequente de um "toque" mais intenso e "B" de um menos intenso, propagando-se menos ondas sonoras por unidade de tempo	1				X																		
Impulsão sobre o objecto com maior força ou velocidade origina ondas sonoras com maior frequência	1					X																	
Um som de grande frequência é um som mais intenso	1					X																	
A zona clara corresponde à região com a mesma intensidade	1							X															
As ondas sonoras aumentam num certo espaço de tempo	1											X											
O movimento oscilatório aumenta	1											X											
À medida que a onda sonora aumenta o som vai perdendo intensidade	1											X											
O som vai-se afastando do objecto que o produziu	1															X							
A amplitude da onda sonora vai sendo cada vez maior	1															X							
O som "A" têm mais zonas pretas e mais juntas	1																	X					
Pontuação		0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pontuação média		0.1																					

7 - Sinal sonoro (Audacity)																										
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP			
A frequência aumenta ao longo do assobio	7					X						X		X		X		X		X				X		
A onda dura 1s (início em 0,007 s e fim em 0,008s)	5				X									X	X	X		X								
A amplitude aumenta ao longo do assobio	9										X		X	X	X											
Os valores na horizontal representam o tempo	4										X					X		X								
O comprimento de onda diminui ao longo do assobio	2					X																		X		
O período aumenta ao longo do assobio	2																	X		X						
A frequência varia ao longo do assobio	2									X					X											
A frequência mantém-se ao longo do assobio	2	X					X																			
As ondas do esquema representam o assobio	2													X	X											
A imagem permite determinar a frequência	2										X		X													
Pode saber-se a velocidade de propagação usando a fórmula $v=\lambda f$, mas só sabemos f	2													X	X											
O comprimento de onda do assobio é maior no início que no meio	1	X																								
O comprimento de onda mantém-se ao longo do assobio	1						X																			
O comprimento de onda varia ao longo do assobio	1									X																
O período diminui ao longo do assobio	1					X																				
O período é de 0,0010	1																X									
A amplitude varia ao longo do assobio	1									X																
A amplitude varia aproximadamente entre -0,1 e 0,1	1																X									
A intensidade aumenta ao longo do assobio	1											X														
Ondas sonoras longitudinais	1																			X						
Representação de ondas sonoras consecuentes do assobio	1				X																					
Representação de ondas sonoras emitidas pelo assobio	1																	X								
Representação de ondas sonoras propagadas pelo assobio	1				X																					
Representação de uma onda sonora a propagar-se	1										X															
Visualização de um intervalo muito curto	1						X																			
As ondas do gráfico vão crescendo, que significa um acréscimo de intensidade	1						X																			
Parece que o assobio tende a aumentar a sua intensidade	1						X																			
Um partícula está em zero, depois é alterado o seu estado para um valor máximo, depois para um valor mínimo e volta à posição inicial	1								X																	
O som não se mantém sempre igual	1									X																
A imagem permite determinar o período	1										X															
A imagem permite determinar a intensidade	1										X															
O som está a ser emitido com $f=441000$ Hz	1										X															
Os valores na vertical representam a intensidade	1										X															
As ondas sonoras tornam-se maiores	1										X															
É a frequência e amplitude da fonte que determinam a frequência e amplitude da onda sonora	1										X															
Sabendo a frequência podemos averiguar a velocidade	1																	X								
O assobio mantém-se constante	1																X									
A propagação foi aumentando ao longo da figura	1																	X								
Pontuação		0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Pontuação média																								0.1		

Grelhas de análise dos testes diagnósticos realizados depois do ensino formal

1a - Produção de um som																										
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP			
O som é uma perturbação	11	X			X	X			X	X				X			X	X	X	X				X		
Vibração	1					X			X										X					X		
O som produz-se através de sinais	1														X			X		X						
Através de oscilações de cordas vocais, um ferro ou cordas de um instrumento	1																							X		
Vibração de partículas de um meio	1						X																			
Vibração do ar	1												X													
Um som é uma perturbação de partículas	1							X																		
O som produz-se num sinal composto por ondas sonoras	1			X																						
As ondas sonoras precisam de um meio material para se propagar	1			X																						
A frequência determina se é um som audível ou não	1					X																				
Um som vem de uma fonte sonora	1									X																
Produz-se uma perturbação no meio que provoca a compressão e rarefação do ar, alterando a pressão do ar.	1									X																
Um som pode ser alto ou baixo, de acordo com a sua intensidade	1										X															
O som produz-se através de sinais, em que se propaga, chegando ao receptor que o intercepta	1												X													
O som produz-se por agitação das partículas de ar	1														X											
O som é um sinal	1																X									
Pontuação		1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		
Pontuação média																								0.9		

1b - Propagação do som																										
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP			
Propaga-se através de ondas sonoras	11	X	X	X	X	X	X	X	X	X										X	X	X				
As ondas sonoras são ondas mecânicas	11				X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X				X	X			
Propaga-se necessariamente num meio	9		X			X	X	X		X	X			X	X	X		X					X			
As ondas sonoras são ondas longitudinais	7				X	X	X	X	X	X	X								X	X						
Não se propaga no vácuo (vício)	1		X			X	X	X		X							X						X			
Propaga-se em líquidos	3		X										X	X												
A velocidade de propagação depende do meio	3																X					X	X			
Propaga-se em sólidos	2		X											X												
Propaga-se em gases	2		X											X												
Transfere-se energia das partículas, sem haver transporte de matéria	2							X	X																	
A velocidade do som no ar é 340 m/s	2																					X	X			
As partículas do meio vibram e transmitem a perturbação às partículas vizinhas	2					X			X																	
Propaga-se no ar	1												X													
Através de energia	1													X												
A oscilação das partículas faz-se no mesmo sentido da propagação da energia	1							X																		
O som propaga-se pelo meio onde foi produzido	1																									
O som propaga-se por transferência de energia. Quando perturbamos uma partícula esta vai transferir energia para a partícula seguinte e assim sucessivamente	1																							X		
O som propaga-se através das partículas onde foi produzido, as partículas dão "toques" umas nas outras. Quanto mais sólido for o objecto mais rápido o som se propaga	1												X					X								
As ondas sonoras criam zonas de compressão e de rarefação que permitem a propagação	1				X																					
As partículas do meio juntam-se e afastam-se possibilitando a propagação	1						X																			
Pontuação		2	3	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Pontuação média																								1.6		

2 - Cálculo da distância																									
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP		
Chega ao resultado correcto, $d=34$	26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Apresenta correctamente o resultado final em m	19	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Usa regra de 3 simples	9	X		X	X	X				X				X				X	X	X					
Indica a expressão $v=d/t$ ou $v=d/\Delta t$ ou $v=s/t$	5							X					X		X	X							X		
Indica a expressão $v=\Delta x/\Delta t$	4		X				X										X					X			
Indica os dados	4						X							X	X			X							
Responde ao problema após os cálculos	2		X														X								
Indica a expressão $V=Vx/Vt$	1																						X		
Usa proporções	1								X																
Apresenta o resultado final em ms	1			X																					
Indica parcialmente os dados	1									X															
Chega ao valor $d=3400$	1																						X		
Apresenta o resultado final em m/s	1												X												
Apresenta o resultado $V=3400m$	1																						X		
Não apresenta um cálculo estruturado	1											X													
Pontuação		4	4	2	1	4	4	4	4	4	1	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	
Pontuação média		3.4																							

3 - Determinação do Período																									
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP		
Indica, na forma de fracção, $T=1/2000$	15		X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
Indica, na forma decimal, $T=0,0005$	14		X			X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
Indica T em s (em ambas as situações)	7				X		X						X	X				X				X	X		
Não apresenta unidades	6		X			X		X	X										X	X					
Representa o período por T	2					X	X																		
Indica T em s apenas numa das situações	2													X	X										
Indica $T=1/f$	1					X																			
Indica, na forma de fracção, $T=17/100$	1																X								
Indica, na forma decimal, $T=0,002$	1				X																				
Tendo indicado na forma de fracção $T=17/100$, indica $T=0,17$ na forma decimal	1																X								
Indica, na forma de fracção, $T=2000/1$	1										X														
Usa proporções	1								X																
Pontuação		0	2	0	1	2	4	2	2	0	0	4	4	2	2	0	0	4	2	2	4	4	0		
Pontuação média		1.9																							

4 - Onda sonora		AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP	
Contextos de resposta	Frequência																							
E uma onda mecânica	0		X		X		X	X	X							X						X	X	
E uma onda longitudinal	0				X		X	X	X							X				X				
Necessita de um meio para se propagar	1				X		X	X	X											X				
A direcção de propagação é igual à direcção de vibração (oscilação) das partículas	1						X	X	X											X				
Há transporte de energia e não de matéria	3										X											X	X	
E a propagação de uma perturbação no espaço	3													X	X				X					
Cria zonas de compressão e rarefacção ou zonas de maior e menor densidade nas partículas do meio	2				X		X																	
A perturbação que origina a onda é causada pelo emissor	2													X	X									
Perturbação que permite a propagação do som	1				X										X	X								
Propaga-se em meios materiais	1		X																					
Onda sonora é o formato que se dá para o efeito sonoro, o efeito visível que o som faz	1				X																			
Uma onda sonora representa um sinal emitido que depois é ouvido pelo receptor	1		X																					
A direcção de propagação é igual à direcção de perturbação.	1				X																			
E uma oscilação das partículas do meio	1						X																	
E a perturbação que há nas partículas do ar	1								X															
A perturbação de uma partícula faz com que esta transfira energia para a partícula vizinha. Esta transferência entre partículas cria uma onda	1																						X	
E através da onda sonora que o som se propaga	1						X																	
E uma onda por onde se propaga o som	1									X														
Define as características de uma onda (comprimento de onda, amplitude, frequência e período)	1									X														
Ocorre devido a uma perturbação	1										X													
Quando se emite um som extrai-se uma vibração que se irá propagar ao longo de uma determinada onda	1										X													
E o movimento vibratório das partículas à volta do emissor de som	1											X												
E a vibração das moléculas de ar	1												X											
E uma onda muito complexa	1														X									
Uma onda sonora emite som	1															X								
E uma representação da propagação do som	1																X							
Pode ser solitária ou persistente	1																	X						
E uma vibração no meio que faz com que o som chegue até nós	1																				X			
Onda mecânica é uma onda que transporta energia e não matéria	1																					X		
A velocidade no ar é 340 m/s	1																					X		
Pontuação		0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
Pontuação média																								1.0

5 - Efeito de Doppler		AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP
Contextos de resposta	Frequência																						
Já reparou no efeito de Doppler	12	X	X		X		X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nunca reparou no efeito de Doppler	10			X		X			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deve-se à distância	1	X	X					X							X	X					X	X	
A intensidade diminui com a distância (som menos forte/mais fraco)	3														X	X						X	
Quanto mais próximo mais alto será o som	1		X																				
Deve-se ao desfaseamento entre as velocidades de propagação entre o som e a luz. O som que ouvimos quando a ambulância se afasta foi emitido antes.	1						X																
Quanto menor a distância menor a audição do som	1													X									
Devido às zonas de compressão e rarefacção no ar, que afectam a pressão do som no ar e tomam o som mais ou menos intenso	1				X																		
Quanto mais longe mais baixo é o som	1																					X	
Quando a ambulância se aproxima estamos na direcção em que as ondas sonoras se estão a propagar	1																						X
Pontuação		0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Pontuação média																							0.2

6 - Propagação do som (figura diapasões)																								
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP	
"A" tem maior frequência que "B"	14	X	X		X	X	X	X	X	X	X						X		X	X		X	X	
Existem zonas de maior pressão ou compressão (zonas escuras) e zonas de menor pressão ou rarefação (zonas claras)	10				X			X		X				X	X	X	X	X	X	X				
Representa ondas sonoras	6	X	X	X			X						X								X			
"A" tem menor comprimento de onda que "B"	6		X			X			X										X			X	X	
Representação de dois diapasões de frequências distintas	5					X	X		X						X					X				
"A" tem um som mais agudo	5					X			X	X												X	X	
"A" tem menor período que "B"	3					X	X		X															
Representação das ondas sonoras produzidas por um diapásio	2		X				X																	
"A" é um tom mais agudo que "B"	2			X																X				
"A" representa um som que se propaga com maior velocidade e "B" representa um som que se propaga com menor velocidade	2																				X	X		
"A" tem menor amplitude que "B"	2									X										X				
"B" representa uma propagação de frequência baixa	1	X																						
Em "A" foi imprimida uma maior força porque tem maior frequência	1					X																		
Representação de dois momentos distintos na propagação do som num diapásio	1				X																			
Representa ondas de pressão	1							X																
"A" representa um som mais intenso	1						X																	
"A" representa um som menos intenso	1								X															
"A" é um som mais alto	1																						X	
Sons puros	1								X															
Representação de um diapásio colocado em vibração	1										X													
"A" é um som mais forte porque tem elevada intensidade e consequentemente maior frequência	1										X													
Representação de vibrações das moléculas de ar produzida pelos diapasões	1												X											
As ondas "A" e "B" têm diferentes períodos, devido à intensidade de como o emissor transmite o sinal	1												X											
Representação de dois diapasões de intensidades diferentes	1														X									
A imagem corresponde à propagação do som	1															X								
Em "A" as partículas propagam-se mais repetidamente e com mais intensidade	1														X									
"A" representa um som mais alto e "B" representa um som mais baixo	1																				X			
Em "A" as zonas de compressão e rarefação têm a mesma largura e em "B" as zonas de compressão são maiores, havendo maior pressão	1																X							
Dois instrumentos a emitir um som	1																				X			
Representação de diapasões perturbados	1																						X	
"A" tem maior frequência pois as zonas de compressão estão mais espaçadas entre si	1																						X	
Pontuação		0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Pontuação média		0.6																						

7 - Sinal sonoro (Audacity)																								
Contextos de resposta	Frequência	AC	ASD	DC	DB	DCL	HC	IF	IA	IR	IM	JS	JH	JF	MB	NR	PC	RP	RM	SG	ZM	EG	JP	
Estão representadas ondas sonoras	7		X		X		X				X							X		X			X	
A amplitude varia ao longo do assobio, aumentando	6	X				X					X	X				X				X				
Sinal de frequência igual a 44100 Hz	6					X			X					X	X			X				X		
O eixo horizontal têm valores de tempo	5					X		X	X		X									X				
O eixo vertical têm valores de pressão de ar junto ao microfone	5					X	X	X																
Sinal sinusoidal	3									X					X	X								
é uma onda transversal pois a sua perturbação é perpendicular à direcção de propagação	3													X	X				X					
Na vertical estão valores de amplitude	2				X						X													
Representação de um sinal sonoro	2					X			X															
Vê-se dois sinais devido ao lado esquerdo e direito	2													X	X									
A imagem permite determinar o período	2													X	X									
É um som puro, por tem apenas um valor de frequência	2													X	X									
Este programa permite determinar características da onda (período, comprimento de onda e frequência)	2		X																				X	
Vê-se duas ondas porque foi registado pelos microfones esquerdo e direito do computador	2		X																X					
A frequência do assobio aumentam ao longo do tempo	2											X									X			
O comprimento de onda aumenta ao longo do assobio	1	X																						
A figura descreve a propagação do os, durante um assobio	1	X																						
A frequência mantém-se ao longo do assobio	1	X																						
Pode analisar-se parte da onda em pormenor	1		X																					
Na horizontal estão valores de comprimento de onda	1				X																			
A perturbação demorou 000,001 s a propagar-se	1				X																			
O som produzido pelo assobio é representado por uma onda periódica sinusoidal	1						X																	
A amplitude varia é cerca de 0,1 valores de pressão do ar	1						X																	
O programa grava sons através do microfone e faz a representação da sua onda sonora	1							X																
O programa permite verificar se é um som complexo	1							X																
Descreve as características da onda (período, comprimento de onda e frequência)	1								X															
Esquematiza um sinal e uma onda e identifica as características (amplitude, comprimento de onda e frequência)	1									X														
As duas ondas são iguais em amplitude, intensidade, comprimento de onda e frequência)	1										X													
O período diminui pois as ondas dão-se num curto espaço de tempo	1											X												
O Audacity permite facilmente gravar e editar um som	1													X										
O software permite controlar frequência, intensidade, volume de captação e de audição, velocidade de reprodução, escala de tempo	1													X										
A figura representa o que se vê após a gravação de um som	1													X										
O programa regista a onda produzida por um microfone, bem como a frequência ao longo do tempo	1														X									
Serve para analisar ondas produzidas e variação de frequências	1														X									
É um som harmónico porque os pulsos são todos iguais e constantes	1															X								
Na figura pode-se observar a frequência, o período e a amplitude do sinal transmitido	1																X							
A amplitude varia entre 0,1 e 0,2 m	1																X							
O período é 000,008 s	1																X							
É representado em duas ondas, pois uma é o lado direito do microfone e outra o lado esquerdo	1																X							
Mostra as características do som gravado e permite analisá-lo	1																			X				
Na vertical estão valores referentes aos Hz	1																			X				
A amplitude é cerca de 0,2 cm	1																				X			
O comprimento de onda é cerca de 0,0010s	1																				X			
É possível calcular a velocidade	1																						X	
O som vai aumentando porque a amplitude e a frequência vão aumentando	1																						X	
Pontuação		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pontuação média		0,0																						