



**POLITÉCNICO
DE LEIRIA**

ESCOLA SUPERIOR
DE EDUCAÇÃO
E CIÊNCIAS SOCIAIS

Das concepções alternativas às concepções científicas com
metodologias ativas de aprendizagem e utilização de
simuladores: uma intervenção didática para a
aprendizagem da Física do som

Relatório de projeto

Bruno Jorge Mendes Conde

Trabalho realizado sob a orientação de

Professor Doutor Filipe Santos, ESECS-IPL

Professora Doutora M.^a Antónia Barreto, ESECS-IPL

Leiria, julho de 2021

Mestrado em Utilização Pedagógica das TIC

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS SOCIAIS

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA

AGRADECIMENTOS

À direção do Agrupamento de Escolas Domingos Sequeira, alunos e encarregados de educação por me permitirem realizar este estudo.

Aos meus orientadores Professor Doutor Filipe Santos e Professora Doutora M.^a Antónia Barreto pela sábia orientação, pelos comentários perspicazes, pelas longas conversas e pelo incentivo e apoio constantes.

Às Professoras Doutoradas M.^a Isabel Pereira e Marta Fonseca por me incentivarem a dar os primeiros passos na escrita científica, pelas importantes contribuições e pelas palavras de reforço.

À Professora Doutora Susana Reis por me proporcionar um olhar sobre diferentes perspetivas e pelas valiosas contribuições.

À Carla Fernandes pela partilha e apoio mútuo que tanto me ajudaram a seguir em frente.

À Sofia, à Beatriz e à Leonor, por serem o meu porto seguro. Pelas experiências, opiniões, incentivo, ajuda, apoio e paciência. Pela ternura e por todos os momentos em que prescindiram de mim.

RESUMO

A aprendizagem da Física é uma área repleta de dificuldades e é frequente as concepções alternativas limitarem a compreensão profunda de diversos domínios desta disciplina. Em especial, no domínio do som, é comum encontrar essas concepções. As metodologias ativas de aprendizagem têm sido usadas com eficácia para o ensino das ciências numa abordagem construtivista, onde se parte das concepções alternativas para promover a construção de modelos mentais que se aproximam dos modelos conceptuais cientificamente aceites. Por seu lado, também a utilização de simuladores computacionais contribui significativamente para vários domínios de aprendizagem, no âmbito do ensino das ciências.

Nesta investigação, pretende-se averiguar quais os contributos que uma sequência didática de atividades aporta para a evolução conceptual dos alunos relativamente aos conceitos envolvidos no domínio curricular “Produção e Propagação do Som” da disciplina de Físico-Química. As atividades assentam numa metodologia de aprendizagem baseada em problemas com utilização de simuladores computacionais, constituindo-se uma metodologia ativa de aprendizagem, nas quais os alunos têm um papel central e o professor é um facilitador. Analisam-se as concepções alternativas dos alunos acerca dos diferentes conteúdos curriculares em estudo e a sua respetiva evolução conceptual, assim como a perceção dos alunos relativamente à metodologia de aprendizagem e aos simuladores utilizados. A investigação seguiu uma metodologia de cariz qualitativo, operacionalizada numa investigação-ação, com uma turma de alunos do 8.º ano, do Agrupamento de Escolas Domingos Sequeira, em Leiria.

Os resultados mostram que existiu evolução na compreensão conceptual dos conteúdos curriculares em estudo em todas as questões analisadas, mas que a sequência didática não foi suficiente para que todos os alunos construíssem concepções cientificamente aceites em todos os conteúdos curriculares estudados, para além de se verificar o desenvolvimento de algumas concepções alternativas. Os alunos revelam satisfação com a metodologia de aprendizagem utilizada e com a utilização dos simuladores, mas afirmam sentir necessidade do papel

mais interventivo do professor para sustentar e validar as aprendizagens realizadas.

Palavras chave

Concepções alternativas, Ensino da Física, Metodologias ativas de aprendizagem, Mudança conceptual, Simuladores computacionais

ABSTRACT

Learning Physics is an area full of challenges and alternative conceptions often limit the deep understanding of several domains of this subject. In particular, in the field of sound, it is common to find such misconceptions. Active learning methodologies have been used effectively for science teaching in a constructivist approach where alternative conceptions are used to promote the construction of mental models that approximate scientifically accepted conceptual models. On the other hand, the use of computational simulators also contributes significantly to various learning domains in the context of science education.

In this investigation, we intend to investigate the contributions that a didactic sequence of activities promotes to the conceptual evolution of students regarding the concepts involved in the curricular domain “Production and Propagation of Sound” in the Physical Chemistry subject. The activities are based on a problem-based learning methodology using computer simulators, constituting an active learning methodology, in which students have a central role and the teacher is a facilitator. Students' alternative conceptions about the different curricular contents under study and their respective conceptual evolution are analysed, as well as the students' perception regarding the learning methodology and the simulators used. The investigation followed a qualitative methodology, operationalized in an action-research, with a class of 8th grade students, from the Domingos Sequeira School Cluster, in Leiria.

The results show that there was an evolution in the conceptual understanding of the curricular contents under study in all the issues analysed, but that the didactic sequence was not enough for all students to build scientifically accepted conceptions in all the curricular contents studied, in addition to verifying the development of some alternative conceptions. Students are satisfied with the learning methodology used and with the use of simulators, but they claim to feel the need for a more interventionist role of the teacher to support and validate the learning undertaken.

Keywords

Computer simulations, Conceptual change, Learning active methodologies, Misconceptions, Physics teaching

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract.....	v
Índice Geral	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xii
Índice de Gráficos.....	xiii
Abreviaturas.....	xvi
Introdução	1
1. Contextualização	1
2. Questão e Objetivos de Investigação.....	3
3. Estrutura do relatório de projeto	3
Parte Teórica.....	5
Capítulo I – Construção do conhecimento científico e Competências dos alunos para o século XXI.....	5
1. Construção do conhecimento científico	5
1.1. Concepções sobre a aprendizagem	6
1.2. Ensino e Aprendizagem da Física	8
1.3. Concepções alternativas e Mudança conceptual	9
1.3.1. Concepções alternativas na aprendizagem da Física e da Química.....	13
1.3.2. Concepções alternativas sobre a Física do som.....	14
2. Metodologia e Tecnologia na aprendizagem das ciências.....	17
2.1. Metodologias ativas de aprendizagem.....	17
2.2. Simuladores computacionais	22

3. Competências para o século XXI	25
4. O Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória.....	26
Parte Empírica	28
Capítulo II – Metodologia	28
1. Problemática, Questão de Investigação e Objetivos.....	28
2. Paradigma de investigação e Metodologia	29
2.1. Paradigma de investigação – quantitativo-qualitativo.....	29
2.2. Tipo de estudo - Investigação-Ação	30
2.3. População	33
2.4. Instrumentos de recolha de dados.....	33
5. Técnicas de análise e tratamento de dados	35
6. Credibilidade da investigação.....	36
7. Princípios éticos.....	36
Capítulo III – Projeto de Intervenção	37
1. Caracterização do contexto.....	37
2. Objetivos de aprendizagem	37
3. Estratégia pedagógica.....	38
4. Conceção das atividades.....	40
4.1. Atividade 0 – diagnóstico	41
4.2. Atividade 1 – construção de conhecimento	42
4.3. Atividade 2 – construção de conhecimento	44
4.4. Atividade 3 – construção de conhecimento	46
4.5. Atividade 4 – construção de conhecimento	46
4.6. Atividade 5 – avaliação das aprendizagens	47
5. Sobre os simuladores computacionais utilizados	47
Capítulo IV– Apresentação e análise de dados e discussão de resultados	53
Parte I – Aprendizagens realizadas durante a sequência didática	54

1. Conceções acerca da natureza do som.....	54
2. Conceções acerca da influência da altura do som na vibração das partículas do meio material.	57
3. Conceções acerca da influência da intensidade do som na vibração das partículas do meio material.	59
4. Conceções acerca da origem dos sons.	61
5. Conceções acerca da velocidade do som.....	63
6. Conceções acerca da natureza das ondas sonoras	64
7. Conceções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais	65
8. Conceções acerca da propagação do som no vácuo	67
9. Conceções acerca da propagação do som no vácuo	68
10. Conceções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais.....	69
11. Conceções acerca da relação entre a intensidade e a velocidade de propagação do som	71
12. Conceções acerca da relação entre a altura e a velocidade de propagação do som	72
13. Conceções acerca da relação entre a distância percorrida pelo som e a sua velocidade de propagação.....	73
14. Conceções acerca da relação entre a altura do som percebida e a distância à fonte sonora	74
15. Conceções acerca da relação entre a intensidade do som percebida e a distância à fonte sonora	76
Parte II – Perceção dos alunos sobre a utilização de simuladores e sobre a metodologia de aprendizagem utilizada durante a sequência didática	77
Secção I – Sobre a utilização de simuladores na aprendizagem.....	78
Secção II – Sobre a metodologia de aprendizagem	80
Secção III – Reflexões e comentários dos participantes.....	82
Capítulo V – Conclusões	84
1. Conclusões do estudo	84

2. Limitações do estudo	88
3. Trabalho futuro	89
Bibliografia.....	90
Anexos.....	1
Anexo 1 – Questionário “Aprendizagens sobre o tema Produção e propagação do som”	2
Anexo 2 – Questionário “Utilização de simuladores para estudar a propagação do som”	10
Anexo 3 – Atividades de construção de conhecimento.....	14
Anexo 4 – Gráficos para análise dos resultados	24
Anexo 5 – Pedidos de autorização.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo da espiral de ciclos da investigação-ação, segundo Kemmis (Latorre, 2003, p. 35).....	32
Figura 2 – Modelo de investigação-ação, segundo Whitehead (1991) (Latorre, 2003, p. 38).....	32
Figura 3 – Interface do simulador “Onda numa corda” (PhET, 2021).....	49
Figura 4 – Interface do simulador “Ondas:Intro” (PhET, 2021).....	50
Figura 5 – Interface do módulo “Ouça de uma única fonte”, simulador “Ondas Sonoras” (PhET, 2021)	51
Figura 6 – Interface do módulo “Medida” do simulador “Ondas Sonoras” (PhET, 2021)	51
Figura 7 – Interface do módulo “Ouça variando a pressão do ar”, simulador “Ondas Sonoras” (PhET, 2021).....	52
Figura 8 - Enunciado da pergunta sobre as concepções acerca da natureza do som.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Objetivos de aprendizagem do Domínio “Som” e Subdomínio “Produção e Propagação do som”	38
Tabela 2 – Categorias definidas em função das respostas dos alunos à pergunta sobre as concepções acerca da natureza do som	55
Tabela 3 – Respostas à pergunta, aberta e facultativa, sobre toda a experiência de aprendizagem com a sequência didática implementada	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados globais da turma da pré e pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza do som	55
Gráfico 2 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza do som.....	56
Gráfico 3 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza do som	56
Gráfico 4 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da influência da altura do som na vibração das partículas do meio material	58
Gráfico 5 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da influência da intensidade do som na vibração das partículas do meio material.....	59
Gráfico 6 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da origem dos sons	61
Gráfico 7 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da velocidade do som	63
Gráfico 8 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza das ondas sonoras...64	
Gráfico 9 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais	66
Gráfico 10 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo67	
Gráfico 11 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo69	

Gráfico 12 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais	70
Gráfico 13 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a intensidade e a velocidade de propagação do som	71
Gráfico 14 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a altura e a velocidade de propagação do som	72
Gráfico 15 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a distância percorrida pelo som e a sua velocidade de propagação.....	73
Gráfico 16 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a altura do som percebida e a distância à fonte sonora.....	75
Gráfico 17 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a intensidade do som percebida e a distância à fonte sonora.....	76
Gráfico 18 – Respostas dos alunos às perguntas relacionadas com a utilização dos simuladores.....	78
Gráfico 19 – Respostas dos alunos à pergunta relacionada com a satisfação com a utilização dos simuladores.....	78
Gráfico 20 – Respostas à pergunta relacionada com a utilização de simuladores como ferramentas de aprendizagem	79
Gráfico 21 – Respostas dos alunos às perguntas relacionadas com a metodologia de aprendizagem.....	80
Gráfico 22 – Respostas dos alunos à pergunta relacionada com a satisfação com a metodologia de aprendizagem.....	80

Gráfico 23 – Respostas à pergunta relacionada com a utilização da metodologia de aprendizagem para outras matérias.....81

ABREVIATURAS

CA – Conceção Alternativa

OCDE – Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico

PBL – Problem Based Learning

PhET – Physics Education Technology

PISA – Programme for International Student Assessment

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

TIMSS – Trends in International Mathematics and Science Study

UNESCO – United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

INTRODUÇÃO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo de 19 anos de profissão, enquanto professor de Física e Química, tenho vindo a perceber que muitos alunos não aprendem corretamente diversos conteúdos curriculares, muito embora se diversifiquem as estratégias utilizadas no sentido de todos o conseguirem. Em função das características individuais de cada aluno e de cada contexto educativo, parece razoável afirmar que dificilmente um professor pode manifestar total satisfação com os níveis de desempenho de todos os seus alunos nos vários domínios do currículo. Esta insatisfação e a vontade de lhe dar resposta são o fundamento deste relatório de projeto.

O ensino e a aprendizagem da Física constituem uma área repleta de desafios, tanto para os professores, como para os alunos. Tais desafios decorrem da natureza desta ciência, que procura explicar o funcionamento da realidade física através de modelos físico-matemáticos mais ou menos complexos, consoante o grau de aprofundamento pretendido. Apesar de todo o corpo teórico da Física assentar na realidade observável e mensurável, cujas leis e previsões têm suporte experimental, o facto de os modelos explicativos permitirem, também, realizar previsões quantificáveis, implica que tenham uma natureza matemática e recorram a conceitos abstratos. Esta combinação de características torna difícil a aprendizagem da Física, porque exige um elevado nível de abstração, por parte dos alunos. Por outro lado, também os professores são constantemente desafiados, por terem que encontrar estratégias que permitam aos alunos materializar os conceitos abstratos, de modo a poder compreendê-los, operacionalizá-los e relacioná-los. Tal é o caso do som, enquanto fenómeno físico. Apesar de ser um fenómeno experienciado a todo o momento, a sua compreensão pode implicar um esforço de redefinição de conceitos utilizados na linguagem do quotidiano e o rompimento de crenças que se desenvolvem com a experiência diária e com o modo como interpretamos o mundo. A experiência mostra que os conteúdos de aplicação direta, que não requerem abstração, nem estabelecimento de relações causais entre conceitos, não oferecem, geralmente, dificuldades de aprendizagem. Por esse motivo, verifica-se uma diminuição da exigência de compreensão conceptual, quer nas situações de ensino-aprendizagem, quer de avaliação. No sentido de melhorar a compreensão dos conceitos e suas relações no âmbito do estudo do som, têm-se diversificado as estratégias de ensino-aprendizagem, incluindo

aulas expositivas, trabalhos de pesquisa em grupo, atividades laboratoriais, utilização de sensores digitais e *software* de aquisição e tratamento de dados e simuladores computacionais.

Os desenvolvimentos da Física e da tecnologia são interdependentes, na medida em que uns só são possíveis se os outros também ocorrerem. A utilização de simuladores computacionais tem ampla aplicação na investigação em Física e áreas afins. Assim, parece razoável assumir que a utilização de simuladores para o ensino e aprendizagem desta disciplina deve aportar vantagens pedagógicas, sobretudo no que concerne ao desenvolvimento e compreensão de conceitos e leis que são abstratos ou de difícil visualização ou experimentação laboratorial. Assim, os simuladores, enquanto recursos, podem facilitar a superação das dificuldades referidas relativamente ao estudo do som.

A planificação de um domínio do currículo envolve uma ponderação acerca da transposição didática a realizar, em função do nível de escolaridade e do estado de desenvolvimento dos alunos, dos possíveis recursos a utilizar e das metodologias e estratégias de ensino e aprendizagem a implementar, sendo estas últimas os fatores que possivelmente mais contribuem para as aprendizagens. No ensino das ciências, o trabalho prático laboratorial e experimental e as atividades de resolução de problemas são assumidas como essenciais para promover a aprendizagem dos conteúdos curriculares de forma abrangente e integrada. Ao nível da Educação, é esperado que os professores coloquem as tecnologias digitais ao serviço das aprendizagens dos alunos, nomeadamente através do desenho de atividades concebidas à luz de metodologias ativas que contribuam para o desenvolvimento de competências comumente designadas de competências dos alunos do século XXI. As metodologias ativas de aprendizagem, nas quais se enquadra a aprendizagem baseada em problemas, são apresentadas nos contextos educativos como sendo capazes de promover mais e melhores aprendizagens nos alunos e de desenvolverem competências fundamentais para o futuro. Nessa perspetiva, o paradigma associado ao ensino tradicional deverá ser reconfigurado, uma vez que se atribuem papéis diferentes aos professores e aos alunos. O aluno deverá ser um elemento ativo nas suas aprendizagens, enquanto o professor será um mediador que promove o acesso ao conhecimento, utilizando metodologias e estratégias diversificadas e diferenciadas, em função das características de aprendizagem dos seus alunos. A experiência mostra que, quer por falta de tempo para investir na preparação de atividades que se enquadrem nas metodologias ativas, quer por falta de confiança nas mais-valias para as aprendizagens

que se traduzam em melhorias do desempenho académico dos alunos, a metodologia de ensino mais utilizada é a expositiva e passiva. No entanto, a observação das interações pessoais e sociais, assim como da relação com a tecnologia, levam o investigador a considerar a metodologia de ensino tradicional cada vez mais anacrónica. Assim, a motivação para evoluir na prática profissional, que se concretize na melhoria das aprendizagens dos alunos, levou o professor/investigador a empreender o presente estudo.

2. QUESTÃO E OBJETIVOS DE INVESTIGAÇÃO

Tendo em conta a observação quotidiana dos contextos educativos, o investigador considera que uma metodologia de aprendizagem baseada em problemas, aliada à utilização de simuladores computacionais, poderá ser uma estratégia com potencial para operar mudanças conceptuais em domínios científicos estruturantes para o exercício futuro de uma cidadania ativa, consciente e responsável dos alunos.

Questão de investigação

Quais os contributos de uma metodologia ativa de aprendizagem com utilização de simuladores para a compreensão conceptual no domínio da Física do som?

Objetivos de investigação

- Diagnosticar o conhecimento que os alunos possuem acerca da natureza e propriedades do som;
- Conceber e implementar uma sequência didática de atividades à luz de uma metodologia ativa de aprendizagem com utilização de simuladores;
- Avaliar a evolução conceptual, no âmbito do tema “Produção e propagação do som”, numa turma do 8.º ano, após a intervenção didática;
- Conhecer as perceções dos alunos acerca da metodologia utilizada (atividades de aprendizagem baseadas em problemas com utilização de simuladores).

3. ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE PROJETO

Considerando o tema em estudo e a investigação realizada, organizou-se o relatório em cinco capítulos. Inicialmente apresenta-se a Introdução, que se encontra dividida em três secções: a contextualização do estudo, com a definição do problema e a pertinência do trabalho realizado; a questão e os objetivos da investigação e, por último, a estrutura do presente relatório de projeto.

No primeiro capítulo, "Construção do conhecimento científico e Competências dos alunos para o século XXI", apresenta-se a revisão da literatura, que foi desenvolvida segundo três eixos: "Construção do conhecimento científico", "Metodologias e tecnologia na aprendizagem das ciências" e "Competências para o século XXI". O primeiro eixo aborda as concepções e perspectivas sobre a aprendizagem, as características da aprendizagem da Física, as concepções alternativas e a mudança conceptual. O segundo eixo aborda as metodologias ativas de aprendizagem, em particular a aprendizagem baseada em problemas, e os simuladores computacionais em contexto educativo. No terceiro eixo, procede-se a uma caracterização da educação na sociedade atual, abordando as orientações de documentos estruturantes no plano nacional e internacional, na área da Educação.

No segundo capítulo, "Metodologia", são abordadas e justificadas as opções metodológicas adotadas e são explicitados os instrumentos de recolha de dados utilizados e as técnicas de tratamento desses mesmos dados.

No terceiro capítulo, "Projeto de Intervenção", caracterizam-se os participantes, apresenta-se e fundamenta-se a estratégia pedagógica implementada e os recursos utilizados.

No quarto capítulo, são analisados e discutidos os dados recolhidos, tendo em conta a questão e os objetivos de investigação.

O quinto capítulo apresenta as principais conclusões da investigação, as limitações do estudo e as sugestões para trabalhos futuros.

Por último, refere-se a bibliografia consultada, seguida dos anexos.

PARTE TEÓRICA

CAPÍTULO I – CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

CIENTÍFICO E COMPETÊNCIAS DOS ALUNOS PARA O SÉCULO XXI

1. CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A percepção e interação com o mundo físico, que ocorre desde ainda antes da nascença, efetua-se através da leitura proporcionada pelos sentidos. Assim, desde tenra idade, começamos a estabelecer relações com a realidade física, com base na interpretação que fazemos e na compreensão que construímos dessa mesma realidade. Para tal, paulatinamente e por via da experiência vivenciada ou aprendida entre pares, vamos construindo um corpo de conhecimentos empíricos que nos permitem viver e interagir com o meio circundante. Esses conhecimentos empíricos têm características funcionais que lhes conferem autenticidade e, por essa razão, transmitem um sentimento de segurança, do qual é muito difícil desapegar-se (Greca & Moreira, 2002). Contudo, verifica-se que esse conhecimento empírico integra concepções alternativas. Por estarem profundamente enraizadas e terem grande poder explicativo, as concepções prévias, intuitivas, que os alunos possuem acerca de determinado assunto são de difícil identificação e constituem um desafio no que concerne à sua desconstrução, no sentido de operar uma mudança conceptual, de um conhecimento prévio, empírico, para um conhecimento científico, racional (Periago *et al.*, 2009).

Considerando a necessidade de centrar a ação educativa nas aprendizagens dos alunos, evidencia-se a necessidade de clarificar o que se entende por “aprendizagem”, por um lado, e, por outro, a assunção de um referencial que permita categorizar as diferentes aprendizagens que se pretende que os alunos realizem. Relativamente ao conceito de aprendizagem, este pode ser definido como um conjunto de conhecimentos, competências, capacidades, atitudes e valores que se desenvolve ao longo da vida (Chagas, 2000), constituindo-se como uma “realidade multifacetada definida pelo contexto” (UNESCO, 2016, p. 21). Assim, o professor deverá planificar e implementar estratégias de ensino diversificadas, que se adequem à multiplicidade de aprendizagens a promover nos alunos (Roldão, Peralta & Martins, 2017).

1.1. CONCEÇÕES SOBRE A APRENDIZAGEM

O modo como os professores planejam e implementam as suas atividades de ensino é um reflexo das concepções que possuem e das percepções adquiridas ao longo da sua vida profissional (Silva *et al.*, 2015). Cachapuz *et al.* (2005), Silva *et al.* (2015) e Mirana (2016) afirmam que muitos professores de Física assumem uma atitude tradicional na sua prática pedagógica, colocando o aluno num papel passivo, o qual atua como simples recetor de informação. Um professor que revele preocupação para com a sua prática pedagógica reflete sobre a mesma, procurando interiorizar teorias que permitam ultrapassar práticas conservadoras. Segundo Silva *et al.* (2015), apesar de mudanças nas concepções epistemológicas dos professores não garantirem transformações pedagógicas na sua prática educativa, constituem o primeiro passo no caminho de superar concepções tradicionais sobre a aprendizagem. Assim, os professores poderão reorientar a sua prática de metodologias passivas de aprendizagem para metodologias ativas (Cachapuz *et al.*, 2005).

Para Cachapuz *et al.* (2005), Baviskar *et al.* (2009) e Garbett (2011) a aprendizagem das ciências podem beneficiar da introdução de estratégias de ensino concebidas à luz da teoria construtivista da aprendizagem. O construtivismo é uma teoria psicológica sobre a aprendizagem que assenta na investigação de Jean Piaget e que procura explicar os modos como ocorrem os processos de construção de conhecimento numa pessoa (Silva *et al.*, 2015). O construtivismo proporciona uma abordagem pedagógica com grande potencial para gerar conhecimento nos alunos, desde que as atividades de aprendizagem sejam realizadas de modo a provocar situações de conflito cognitivo, que o processo privilegiado para os alunos aprenderem (Sisto, 1993). Segundo este autor, o desenvolvimento da aprendizagem ocorre por processos de equilibração, que consistem na transição de estados de equilíbrio para outros estados qualitativamente diferentes. Durante uma transição entre estados de equilíbrio ocorrem desequilíbrios e reequilíbrios, pelo que o sistema cognitivo está em constante processo de moderação das perturbações exteriores. A construção de novos conhecimentos é potenciada por situações de desequilíbrio cognitivo e é a perturbação de um estado de equilíbrio inicial que permite reestruturá-lo pela incorporação de novas informações. Assim, a aprendizagem ocorre mediante a criação de novas formas de compreender a realidade (Silva *et al.*, 2015). Na perspetiva construtivista, a importância do processo de aprendizagem recai sobre o aluno, pois este é um “sujeito cultural ativo” (Becker, 1992, p. 5). O professor que assume uma

posição construtivista desenvolve estratégias para tornar os seus alunos elementos ativos das atividades que realizam.

Numa perspetiva construtivista, o ensino da Física passa por proporcionar aos alunos o desenvolvimento e aprofundamento dos seus conhecimentos, no sentido de relacionar os fenómenos naturais com a sua maneira de ver o mundo (Cachapuz *et al.*, 2005). A aprendizagem dessas relações deve ser orientada e supervisionada pelo professor. As atividades de aprendizagem devem potenciar situações problemáticas, de modo que a tentativa de explicações permita que os alunos exponham livremente os conhecimentos que já possuem sobre o assunto. Segundo Cachapuz *et al.* (2005), “a transposição didática (...) deve traduzir-se em sugestões de propostas de actividades de ensino-aprendizagem, que valorizem o papel do aluno no sentido primeiro de o confrontar com as suas situações de erro para posteriormente as vir a rectificar” (p. 99). Para Silva *et al.* (2015), não menos importante é o papel do professor, pois o seu papel deixa de ser apenas o de transmissor de conceitos, leis e princípios. O professor passa, também, a ter um papel ativo, na medida em que ajuda os alunos a aprender e reflete com eles sobre a aprendizagem realizada, de modo a poder reestruturá-la, caso seja necessário.

Apesar do construtivismo ter vindo a ser utilizado como palavra de ordem no campo da Educação desde a sua emergência nos anos 70, alguns autores consideram que a abordagem puramente construtivista é limitada, nomeadamente por considerar que o meio e a interação social servem apenas como estímulo para criar situações de conflito cognitivo num indivíduo (Liu & Matthews, 2005). Vigotsky propôs uma teoria de aprendizagem cuja ideia central assenta no papel do coletivo social para a aprendizagem e desenvolvimento individual. A aprendizagem que se desenvolve, em primeiro lugar, ao nível social, proporciona a aprendizagem posterior, ao nível individual, através da colaboração e da interação entre indivíduos. De acordo com Fino (2001), Vigotsky desenvolveu o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como resposta a duas questões práticas da psicologia educacional, nomeadamente, a avaliação das capacidades cognitivas das crianças e a avaliação das práticas de instrução. A avaliação das capacidades cognitivas corresponde ao nível atual de desenvolvimento, enquanto a avaliação da instrução corresponde ao nível a que os alunos seriam capazes de chegar (nível potencial de desenvolvimento) com a instrução adequada. Assim, a ZDP permite delinear o futuro imediato do aluno e o seu estado dinâmico de desenvolvimento (Vygotsky, 1978, citado por Fino, 2001). Para Vigotsky, o professor deve conhecer a ZDP

do aluno e proporcionar-lhe apoio e recursos, de modo a alcançar um nível de desenvolvimento mais elevado do que seria possível sem ajuda. O apoio do professor ou a interação social com pares mais aptos deve manter-se até o aluno ser capaz de assumir o controlo metacognitivo sobre a sua aprendizagem, reconfigurando a sua ZDP.

As duas perspetivas sobre a aprendizagem apresentadas, construtivismo de Piaget e socioconstrutivismo de Vigotsky, enfatizam o papel do aluno como agente ativo na construção do conhecimento. A ação educativa deve permitir que o aluno vivencie experiências significativas e contextualizadas, de modo que possa refletir sobre elas, sendo responsável pela sua aprendizagem.

1.2. ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA

A Física é uma ciência basilar do desenvolvimento tecnológico, assim como dos instrumentos e equipamentos utilizados para a pesquisa nas diversas áreas científicas. No entanto, é assumida como uma das disciplinas em que o esforço de aprendizagem é maior (Techakosit & Nilsook, 2015). A aprendizagem da Física implica que os alunos compreendam conceitos e princípios do mundo natural que, muitas das vezes, não são visíveis, tais como as ondas sonoras, a energia ou os átomos. Assim, recorre-se a modelos abstratos, frequentemente explicados por representações simbólicas e modelos físico-matemáticos que permitem explicar fenómenos físicos e fazer previsões.

Mirana (2016) refere que a Física é vista pelos alunos como sendo difícil, desinteressante e desmotivadora. Esta perceção tem como efeito uma falta de investimento pelos alunos no estudo da disciplina com implicações negativas nos resultados alcançados em testes padronizados internacionais, como o Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) Advanced 2015 (Rosa *et al.*, 2020). Como consequência, a escolha de percursos para prosseguimento de estudos nas áreas das ciências e engenharias fica aquém do esperado (OCDE, 2016), condicionando o desenvolvimento económico-social do país.

Em Portugal, ao nível do 3.º ciclo do ensino básico, espera-se que os alunos desenvolvam e consolidem competências que lhes permitam exercer uma cidadania plena, para a qual a literacia científica é fundamental (Martins *et al.*, 2017). Segundo Marôco *et al.* (2016), o ensino das ciências deve focar-se na promoção da literacia científica, uma vez que esta se refere à “capacidade do indivíduo para se envolver em discussões relacionadas com ciência e com as ideias da ciência, como um cidadão reflexivo”, de modo a “alcançar os seus objetivos, desenvolver os seus conhecimentos e potencial, e participar na sociedade.”

(p. 3). Assim, a integração pedagógica de recursos educativos digitais (e.g. simuladores computacionais) em metodologias ativas de aprendizagem potencia o desenvolvimento das competências para o séc. XXI (Figueiroa *et al.*, 2018; Lovato *et al.*, 2018).

Os resultados do PISA 2015 evidenciam um progresso significativo relativamente à literacia científica dos alunos portugueses (Marôco *et al.*, 2016). Ainda assim, verifica-se um baixo nível de exigência conceptual no ensino das ciências (Morais *et al.*, 2015).

1.3. CONCEÇÕES ALTERNATIVAS E MUDANÇA CONCEPTUAL

O ser humano precisa de compreender o mundo, de modo a poder interagir com ele. Esta necessidade manifesta-se logo em criança, através da curiosidade em saber como é que tudo o que a rodeia funciona. Assim, desde criança, o ser humano vai desenvolvendo conceções e modelos mentais próprios, de forma a poder explicar as suas experiências. Por isso, é consensual admitir que os alunos, quando iniciam a aprendizagem formal de um determinado conteúdo científico, possuem conhecimentos prévios aos quais recorrem para explicar os fenómenos estudados. Estes conhecimentos prévios são designados de “ideias prévias”, “conceções alternativas” ou “conceções intuitivas” (Greca & Moreira, 2002). Para Duit & Treagust (2008), estas conceções revelam ser muito resistentes à mudança, uma vez que se encontram alicerçadas na estrutura mental do aluno. Por conseguinte, estas estruturas conceptuais preexistentes influenciam a aquisição de novos conceitos, sendo, por isso, necessário o professor dar-lhes a devida atenção.

Na aprendizagem das ciências, os estudantes são continuamente solicitados a identificar conceitos, definir quantidades e explicar leis e teorias subjacentes a determinados fenómenos, para o que têm que mobilizar capacidades de raciocínio de alto nível (Konicek-Moran & Keeley, 2015). Assim, os estudantes são levados a construir modelos que lhes permitem compreender as relações e as diferenças entre conceitos associados a fenómenos científicos. A palavra conceito tem diferentes significados para os educadores das ciências (Widiyatmoko, 2018). Para (Konicek-Moran & Keeley, 2015), os conceitos são construções da mente humana, de tal modo que “They are abstractions developed in the minds of people who tried to understand what was happening in their world.” (p. 5). Assim, quando se usa um conceito, existe alguma forma de compreensão relativamente ao que lhe está associado. Carey (2000), refere que os conceitos podem ser construídos diretamente através da generalização de uma série de experiências vivenciadas. No entanto, certos conceitos são difíceis de visualizar, indicando-se, a título de exemplo, o

conceito de molécula. Uma vez que os conceitos são essenciais para a compreensão de ideias mais complexas, na medida em que são os blocos a partir dos quais se criam representações, por vezes, abstratas (Carey, 2000), quando um indivíduo desenvolve um conceito de forma cientificamente errada, fica condicionado nas suas futuras aprendizagens. Por esse motivo, é fundamental que o professor planifique a sua ação educativa no sentido de promover a aquisição adequada dos conceitos essenciais às aprendizagens subsequentes ou, se necessário, uma mudança conceptual das concepções alternativas que os estudantes já possuem.

O estudo das noções que os alunos trazem para a sala de aula teve um franco desenvolvimento a partir da década de 70 do século XX, tendo surgido diversas designações, tais como as “preconcepções” de Novak (1977) ou as “concepções alternativas” de Driver & Easley (1978) (Gilbert & Watts, 1983). De um modo geral, estas contemplam os seus saberes disponíveis, e englobam ainda termos comuns utilizados no contexto quotidiano, procedimentos e competências. As primeiras investigações em concepções alternativas contribuíram para o estabelecimento do paradigma construtivista no ensino e aprendizagem das ciências (Sequeira & Leite, 1991).

As concepções alternativas podem ter origens muito diversas (Martins *et al.*, 2007), mas configuram-se como estruturas mentais (ou modelos mentais), através das quais o aluno compreende e interage com o mundo, e que dão sentido às relações entre os objetos e fenómenos que o rodeiam. Assim, Martins *et al.* (2007) referem que a aprendizagem das ciências requer “a superação das representações que o senso comum e a cultura quotidiana oferecem e que, na maioria dos casos, são extremamente superficiais” (p. 30). Para Greca & Moreira (2002), um modelo mental é uma construção mental constituída por um conjunto de leis e sequências lógicas que os alunos utilizam para interpretar o mundo real, de modo a ser funcional. Devido ao seu poder explicativo, os modelos mentais vão adquirindo “estabilidade cognitiva”, ficando armazenados na memória a longo prazo, e são utilizados para prever a evolução ou o comportamento de determinado sistema ou fenómeno. Por conseguinte, este tipo de previsão é considerado uma concepção alternativa e, portanto, é um “modelo mental com estabilidade cognitiva” (Greca & Moreira, 2002, p. 50).

Os primeiros estudos sobre concepções alternativas consideravam que estas poderiam ser facilmente remediadas por meio de um ensino formal adequado. No entanto, diversos

estudos realizados no âmbito desta temática mostraram que não só as concepções alternativas não são alteradas por meio de um ensino formal para modelos cientificamente aceites, como ainda podem ser construídas no decorrer de tal ensino (Duit & Treagust, 2008). Greca & Moreira (2002) referem que as concepções alternativas tendem a perdurar nos alunos, mesmo após a implementação de estratégias pedagógicas bem elaboradas e conscientes das concepções alternativas, uma vez que estas possuem alguma forma de coerência interna, mesmo que a sua consistência seja frágil.

As teorias construtivistas sustentam a aprendizagem do aluno nos conhecimentos que ele já possui, de modo a promover uma mudança conceptual, pressupondo que o aluno tem um papel ativo neste processo. Nesta perspetiva, a operacionalização de uma mudança conceptual, através da inclusão e integração de conceitos cientificamente aceites, só ocorre mediante um processo de relacionamento interativo entre estes últimos e as concepções alternativas. Diversas investigações evidenciam a existência de enormes resistências à mudança e eliminação de concepções alternativas, pelo que esta é uma tarefa difícil para o professor. No entanto, esta poderá ser uma experiência motivadora e gratificante, na medida em que pode proporcionar uma mudança de paradigma no aluno, no sentido de o ajudar a progredir (Periago, Pejuan, Jaén & Bohigas, 2009). Uma metodologia de ensino que promova a mudança conceptual implica tempo e esforço por parte do professor e do estudante, para além de requerer um desenho cuidadoso (Vosniadou *et al.*, 2001). No entanto, o aspeto mais importante das aprendizagens em ciências é levar o aluno a pensar por si próprio. Como referem (Konicek-Moran & Keeley, 2015), “When students have an understanding of a concept, they can (a) think with it, (b) use it in areas other than that in which they learned it, (c) state it in their own words, (d) find a metaphor or an analogy for it, or (e) build a mental or physical model of it.” (p. 6). Isto significa que o estudante se apropriou do conceito, mediante um processo de aprendizagem significativa (Adadan *et al.*, 2010), desempenhando um papel ativo na construção do seu conhecimento. Esta perspetiva está em linha com as teorias construtivistas da aprendizagem, em particular com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Novak, 1993).

Para além da investigação demonstrar a existência de grandes dificuldades em os alunos abandonarem as ideias intuitivas do quotidiano, no sentido de uma mudança conceptual, observa-se ainda a coexistência, em paralelo, das concepções alternativas e das concepções científicas, de modo que o aluno aprende a aplicá-las conforme o contexto o exija. Para o

processo de ensino promover uma efetiva mudança conceptual, não se pode “separar a estrutura do conteúdo da experiência”. Mortimer (1996) refere ainda que se “aprender ciências está relacionado com a entrada num mundo que é ontológica e epistemologicamente diferente do mundo quotidiano” é fundamental existir uma “enculturação” nesse mundo da ciência (p. 28).

As conceções alternativas são uma mistura complexa entre ideias intuitivas e conceções proporcionadas pelo ensino formal. Por esse motivo, o professor deverá desenvolver processos que lhe permitam identificar essas conceções, tomando-as como ponto de partida para promover o desenvolvimento do aluno no sentido dos saberes científicos. Nesta linha de pensamento, a formulação, por parte dos alunos, de respostas ou observações erradas perante uma determinada situação, não deve ser penalizada, mas sim encarada como uma expressão de conceções alternativas e, portanto, deve ser valorizada e utilizada em proveito da mudança conceptual (Periago, Pejuan, Jaén & Bohigas, 2009). Tal ideia é reforçada por Hrepic, Zollman & Rebello (2010) quando referem que muitos problemas conceptuais dos alunos têm origem no facto de terem recebido um ensino que não teve em conta as suas ideias e conhecimentos anteriores. Consequentemente, é necessário, em primeira instância, identificar as conceções prévias que os alunos possuem, para se desenharem estratégias pedagógicas concretizadas em experiências educativas que proporcionem uma enculturação nos métodos próprios da ciência e induzam o aluno a assumir um papel ativo no processo de mudança ou de construção de modelos mentais cientificamente coerentes.

Para se operarem mudanças conceptuais na mente de um indivíduo, este tem que perceber o motivo pelo qual a mudança é necessária, uma vez que as conceções que possui, de modo geral, são funcionais e coerentes, fornecendo-lhe as explicações de que precisa para a sua vida quotidiana. Para induzir um indivíduo a investir um esforço cognitivo substancial envolvido numa mudança conceptual, é necessário criar um ambiente que demonstre que a conceção existente não explica um determinado fenómeno (Stathopoulou & Vosniadou, 2007). Tal procedimento é designado, à luz das teorias construtivistas, como conflito cognitivo. No entanto, para Vosviadou *et al.* (2001) uma situação de conflito cognitivo pode não ser suficiente para que ocorra uma mudança conceptual, na medida em que pode ser necessário clarificar a situação específica que originou a construção da conceção alternativa.

Apesar de, até este ponto, se ter utilizado a designação “mudança conceptual”, é necessário clarificar o seu significado. Segundo Marcom (2013), a Teoria da Mudança Conceptual foi proposta por Posner e colaboradores em 1982, para explicar o processo de desenvolvimento das concepções alternativas. Segundo esta teoria, os alunos deveriam ser sujeitos a procedimentos didáticos que conduzissem a situações de conflito cognitivo e à tomada de consciência de que as concepções que possuem são inconsistentes. Desse modo, os alunos iriam abandonar as concepções alternativas e incorporar conscientemente as concepções cientificamente aceites. Este modelo consiste numa substituição efetiva das concepções alternativas pelas novas concepções, que foram adquiridas por via da aprendizagem, pelo que se adequa a designação “mudança conceptual”. No entanto, esta teoria gerou controvérsia, tendo sido alvo de diversas críticas. Moreira & Greca (2003) propuseram o Modelo da Evolução Conceptual, numa perspetiva de incluir uma visão de aprendizagem progressiva, sem necessidade de romper com as concepções anteriores. Este modelo não implica uma mudança de significados ou de conceitos, mas uma evolução gradual que se baseie numa aprendizagem significativa. O Modelo da Evolução Conceptual distingue-se da Teoria da Mudança Conceptual pelo facto de não se pretender o abandono das concepções alternativas, mas sim uma evolução das mesmas. Assim, considera-se que ocorreu uma aprendizagem significativa se o aluno modificou a sua estrutura conceptual no sentido das concepções científicas, mesmo que não as tenha alcançado. Nesta visão de evolução conceptual, o papel do professor é o de desencadear um processo iterativo, partindo das concepções alternativas e promovendo a sua evolução gradual, no sentido de as aproximar das concepções científicas. A aquisição das concepções científicas é vista como uma consequência de uma sucessão de processos intermédios de evolução conceptual (Marcom, 2013).

1.3.1. CONCEÇÕES ALTERNATIVAS NA APRENDIZAGEM DA FÍSICA E DA QUÍMICA

A aprendizagem formal da Física e da Química inicia-se no 3.º ciclo do ensino básico, no 7.º ano de escolaridade, em Portugal. Ainda assim, ao longo dos 1.º e 2.º ciclos, nas disciplinas de Estudo do Meio e Ciências Naturais, respetivamente, vários são os conteúdos curriculares que fazem parte do domínio de estudo da Físico-Química. Para além disto, a interação com o mundo natural proporciona, inevitavelmente, a construção de elementos cognitivos básicos, as primitivas fenomenológicas ou *p-prims* (diSessa, 1993). Para diSessa, as primitivas fenomenológicas constituem um conjunto pouco estruturado de elementos explicativos simples e irreduzíveis, dos quais resultam relações

de causa e efeito que vão sendo assimiladas com a experiência quotidiana, e que correspondem às concepções mais elementares que uma pessoa possui sobre um determinado fenómeno. Assim, o professor de Físico-Química não deve encarar os seus alunos como sendo folhas em branco, nas quais se pode escrever o conhecimento.

Alguns estudos [Wallace & Louden (2003); Mulhal & Gunstone (2012)], apontam o facto de que um ensino de natureza transmissiva pode levar os alunos a entenderem a Física e a Química como um conjunto de leis e fórmulas a aprender, de modo a passar nos testes e exames. Os alunos sujeitos a um ensino dessa natureza podem alcançar avaliações positivas em testes e exames, mas muitos deles não chegam a desenvolver concepções cientificamente corretas dos conceitos e das explicações dos fenómenos. Estes autores referem que muitos professores não têm consciência da pertinência e necessidade do estudo e incorporação das concepções alternativas dos alunos nas suas práticas de ensino ou então, mesmo quando têm essa noção, não adotam metodologias e estratégias consistentes com uma perspetiva construtivista da aprendizagem. Perriago *et al.* (2009) vão mais longe, chamando à atenção de que a correção sistemática das concepções alternativas dos alunos não se revela eficaz na sua eliminação. Estes autores defendem que se deve começar por identificar as situações ou circunstâncias que conduzem os alunos a construir hipóteses erradas, para que estas sejam reformuladas através da construção ativa do conhecimento, isto é, impõe-se um tratamento didático adequado das concepções alternativas, para promover a sua alteração. Nesse sentido, e num quadro construtivista da aprendizagem, as concepções alternativas não são encaradas como obstáculos, mas como desafios para o professor. Este último deverá planificar a ação educativa no sentido de criar ligações entre as concepções alternativas e as científicas, criando um ambiente em sala de aula que permita aos alunos expressarem as suas ideias e compreenderem as inconsistências das suas concepções.

1.3.2. CONCEÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE A FÍSICA DO SOM

O estudo do som, no âmbito da abordagem proporcionada pela Física, revela-se de particular importância na compreensão de fenómenos explicados à luz da Mecânica Clássica e, também, da Mecânica Quântica. Mais precisamente, o estudo dos fenómenos sonoros engloba a compreensão de conceitos como a natureza e tipologia das ondas, a frequência, o comprimento de onda, a velocidade de propagação de uma onda, entre outros. Por estes motivos, é importante que os alunos adquiram conceitos cientificamente

corretos e desenvolvam modelos mentais que permitam explicar adequadamente os mais variados fenómenos associados ao som e aos fenómenos ondulatórios, em geral.

Num estudo realizado em 2008, Houle & Barnett fizeram uma revisão de literatura sobre as conceções alternativas documentadas até à data, no âmbito dos conceitos científicos e, em particular, no que diz respeito à Física do som. Estes autores referem a existência de uma base de dados compilada por Duit (2007) – *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education database* –, a qual lista cerca de 7700 estudos sobre esta temática. No entanto, apenas 10 desses estudos dizem respeito a conceções alternativas no âmbito do som. Houle & Barnett, na sua revisão de literatura, ainda registaram 7 estudos que não se encontravam contemplados na base de dados de Duit, entre os quais se encontra um estudo das investigadoras portuguesas Leite & Afonso (2000). Na pesquisa bibliográfica realizada para o presente estudo, apenas foram encontrados três estudos de investigadoras portuguesas, a saber, Caldeira *et al.* (1991) e Leite & Afonso (1999; 2000). Foram, também, consultados outros estudos, no sentido de fazer uma compilação de conceções alternativas já identificadas (Maurines, 1992; Linder, 1993; Saura Llamas & Pro Bueno, 1999).

Conceções sobre a produção do som

Quanto a este aspeto, é frequente os alunos não associarem a produção do som à vibração do objeto. Mesmo quando o fazem, restringem essa vibração ao objeto que é a fonte sonora. Também é evidenciado que os alunos têm dificuldade em identificar a vibração como origem do som, quando esta ocorre de forma não visível, como acontece com o ar numa flauta.

Conceções sobre a propagação do som

Relativamente a este conceito, verifica-se que os alunos apresentam alguma variedade de conceções, a saber:

- o som propaga-se no vazio, podendo mesmo ser um facilitador da propagação;
- o som propaga-se apenas nos meios gasosos e líquidos, pois embora ele precise de um meio material para se propagar, esse meio não pode ser muito denso;
- o som não se propagam nos meios líquidos, uma vez que estes meios abafam o som;

- o som não se propaga nos meios sólidos, ou pelo menos nos sólidos muito densos;
- o som apenas se propaga no ar.

Também se verificou que os alunos têm dificuldade em prever o que acontece à propagação do som em meios materiais que lhes são pouco familiares, como o álcool etílico ou o dióxido de carbono, considerando que o som tem um comportamento diferente do que teria num meio em igual estado físico, mas formado por uma substância mais comum.

Conceções sobre a velocidade de propagação do som

No que concerne a este tópico, os alunos também apresentam concepções diversas e distintas do que é veiculado pela Física. Assim, há alunos que consideram que a velocidade a que o som se propaga não depende das condições materiais, isto é, não depende do meio material no qual ocorre a propagação; outros alunos referem que a velocidade de propagação depende do meio material, mas fazem previsões com efeitos opostos e apontam como justificação a maior ou menor densidade do meio ou a concentração das partículas do meio.

Conceções sobre a natureza do som

No que diz respeito à natureza própria do som, encontram-se concepções intuitivas tais como: o som é uma entidade com capacidade de se movimentar, sendo constituído por partículas, por ondas ou por algo indefinido; o som é algo material que precisa de um transportador para se propagar; o som é como um vento que provoca a reorganização das partículas do meio. Também há alunos que consideram que o som não interfere com o meio envolvente, uma vez que este último não sofre alterações pela propagação do som através dele. Existem, ainda, concepções sobre a natureza do som que são próprias de seres vivos, como, a título de exemplo, a falta de ar para respirar.

Apesar da grande diversidade de respostas dadas pelos alunos (Caldeira *et al.*, 1991; Hrepic, Zollman & Rebello, 2010; Leite & Afonso, 1999) sobre a produção e a propagação do som, a velocidade de propagação e a sua natureza, podem fazer-se algumas considerações gerais e comuns à maioria das concepções identificadas. Muitas das ideias intuitivas dos alunos têm uma correspondência análoga com o desenvolvimento das ideias científicas sobre esta temática ao longo da História, isto é, reconhecem-se nas concepções

alternativas dos alunos as mesmas que investigadores sobre os fenómenos sonoros tiveram desde a antiguidade clássica até ao início do século XX. Existem concepções alternativas que se mantêm inalteradas, mesmo após os alunos serem sujeitos a um ensino formal sobre esta temática, sendo identificadas as mesmas tipologias de concepções em alunos do 3.º ciclo do ensino básico, do ensino secundário e do ensino superior (de cursos de Física). As concepções alternativas dos alunos podem ser muito diversificadas quanto à sua expressão, podendo também variar em função do contexto particular no qual uma determinada explicação é solicitada, mas a um nível explicativo fundamental, todas as concepções erradas podem ser agrupadas num pequeno conjunto finito de modelos conceptuais. A título de exemplo, Hrepic *et al.* (2010) identificaram apenas duas tipologias de concepções dos alunos quanto à propagação do som – modelo de onda e modelo de entidade –, podendo haver modelos híbridos que combinam aspetos destes dois modelos. Estas hibridizações de modelos podem assumir diferentes designações, em função do modo como são definidos, como os *modelos sintéticos* (Vosniadou, 1994) ou os *modelos bifurcados* (Greca & Moreira, 2002), sendo sempre modelos incompletos ou incorretos, cujo poder de previsão e explicação é limitado, à luz dos modelos cientificamente coerentes, podendo, a certa altura da vida académica dos alunos, comprometer uma correta construção de conhecimentos subsequentes.

2. METODOLOGIA E TECNOLOGIA NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

2.1. METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

A Educação do século XXI é, de forma paradigmática, bastante diferente da experienciada anteriormente. Atualmente, a Educação é caracterizada pelas rápidas mudanças e transformações, veiculadas pelos desenvolvimentos tecnológicos, nos quais os meios de comunicação e a Internet têm um papel central. Estes desenvolvimentos traçam o caminho para um “novo paradigma dos processos de ensino e de aprendizagem, no qual o conceito de sala de aula é alterado, assim como o são os papéis dos seus intervenientes” (Figueiroa *et al.*, 2018, p. 14). Figueiroa *et al.* reforçam o plasmado no *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (Martins *et al.*, 2017), onde se lê:

“Educar no século XXI exige a perceção de que é fundamental conseguir adaptar-se a novos contextos e novas estruturas, mobilizando as competências, mas também estando preparado para atualizar conhecimento e desempenhar novas funções.” (p. 13)

A vida na sociedade contemporânea exige que os cidadãos sejam capazes de intervir, de forma crítica e responsável na resolução de problemas e tomadas de decisão, pelo que a Escola deve preparar os alunos para uma participação efetiva, “fora do contexto acadêmico” (Figueiroa *et al.*, 2018, p. 15). Para tal, assume-se que a Escola deve proporcionar, aos alunos, situações educativas promotoras do desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas, nomeadamente através da implementação de metodologias ativas de aprendizagem (Freiberger & Berbel, 2010).

A conceção de metodologias ativas de aprendizagem é encarada por muitos professores de forma intuitiva, de que resulta a ideia que qualquer processo de aprendizagem é inerentemente ativo, uma vez que os alunos têm que ter uma mente ativa para que a aprendizagem ocorra. Nesse sentido, o ensino tradicional, expositivo, também é visto como uma metodologia ativa de aprendizagem (Bonwell & Eison, 1991). No entanto, a investigação evidencia que é necessário mais do que simplesmente os alunos ouvirem o professor a recitar os conteúdos programáticos a aprender. Os alunos devem ser envolvidos em atividades que o levem a resolver problemas e a debater soluções, de modo a desenvolver competências cognitivas de alto nível, como análise, avaliação e criação (Morán, 2015). Como refere Morán (2015),

“As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados (...). Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa.”
(p. 17)

As metodologias ativas de aprendizagem são aquelas em que os alunos são o foco do processo de aprendizagem, na medida em que assumem o papel de protagonistas, enquanto os professores são os mediadores ou facilitadores do processo (Lovato *et al.*, 2018). Os alunos são envolvidos na aula, tornando-se parte integrante e fulcral da mesma, uma vez que é necessário que participem em atividades de grupo, de resolução de problemas, de investigação ou de projetos, deixando de poder assumir uma atitude passiva de mero recetor de informação, para desenvolver competências que um ensino transmissivo não proporciona (Borges & Alencar, 2014). Algumas destas competências são a iniciativa, a criatividade, a reflexão e o espírito crítico, a colaboração, a

comunicação, a responsabilidade e a ética (Mitre *et al.*, 2008). A participação em atividades nas quais os alunos têm um papel central e ativo também desenvolvem capacidades de avaliação do seu próprio desempenho, dos colegas de trabalho e do processo, uma vez que os alunos são responsáveis por todas as fases do trabalho a realizar. Bonwell & Eison (1991) consideram que quando os alunos estão a fazer algo, eles pensam sobre o que estão a fazer. Assim, os alunos desenvolvem capacidades de metacognição; não só aprendem, como também aprendem a aprender, o que vem ao encontro do princípio de aprendizagem ao longo da vida preconizado pela UNESCO (2016).

As metodologias ativas de aprendizagem pressupõem a reconfiguração do papel do professor, o qual atua como orientador, supervisor e facilitador do processo de aprendizagem (Barbosa & Moura, 2013). O professor tem que possuir uma ideia muito clara dos conhecimentos, competências e capacidades que os alunos têm que aprender e desenvolver. Caso contrário, existe o risco de as atividades perderem parte do seu valor educativo (Morán, 2015). Nesse sentido, o professor é responsável por desenhar criteriosamente e com intencionalidade as atividades, em função dos objetivos de aprendizagem. O professor pode ser visto como um criador de roteiros de aprendizagem que permitem aos alunos envolver-se e orientar-se de forma autónoma na realização das atividades, e desenvolver estratégias de sistematização do estudo para alcançar os objetivos de aprendizagem definidos (Farias, 2019).

De um modo geral, a aprendizagem ocorre a partir dos interesses, curiosidades e necessidades individuais e, portanto, ocorre em múltiplos espaços, além da sala de aula. Assim, pode considerar-se que a aprendizagem se constrói num processo equilibrado entre três planos, a saber, individual, grupal e orientado (Morán, 2015). O plano da aprendizagem individual, ou personalizada, diz respeito à aprendizagem que cada aluno realiza ao seu ritmo e de acordo com as suas necessidades e expectativas. Cada aluno deverá aprender a desenvolver roteiros individualizados que lhe permitirão encontrar as respostas de que precisa ao longo de um determinado percurso de aprendizagem. Na escola, é possível oferecer propostas mais individualizadas, com recurso à tecnologia, monitorizando e avaliando em tempo real o progresso de cada aluno, o que não seria viável com uma metodologia de ensino tradicional, transmissivo (Bacich, Neto & Trevisani, 2015). A aprendizagem grupal, ou colaborativa, consiste naquela que se realiza no seio de um grupo, quer seja presencial ou virtual, cujos pares partilham os mesmos interesses e motivações. Na escola, o trabalho colaborativo realizado em grupos permite

que os alunos desenvolvam diversas competências de relacionamento interpessoal, de avaliação dos processos e de comunicação. No trabalho colaborativo, os elementos do grupo contribuem sem desigualdade hierárquica para a consecução de objetivos comuns, compartilhando responsabilidades e beneficiando com as aprendizagens e produtos realizados por todos (Dillenbourg, 1999). A aprendizagem orientada ocorre pela interação entre os alunos e os professores, investigadores ou profissionais numa determinada área científica ou técnica. A orientação por parte de profissionais experientes é sempre necessária, uma vez que é esta orientação que possibilita que os aprendentes desenvolvam as aprendizagens que realizam individualmente e, também, que decide as estratégias a adotar para que a aprendizagem colaborativa seja bem sucedida. Nesse sentido, os professores promovem as aprendizagens a realizar pelos alunos através do desenho de roteiros que combinem, de forma equilibrada, atividades, desafios e informação contextualizada, permitindo percursos de aprendizagem diferenciados (Moran, 2015).

Tipos de metodologias ativas de aprendizagem

De acordo com Berbel (2011) “As metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor” (p. 28). No entanto, não existe apenas um tipo de metodologia ativa de aprendizagem. Estas foram-se diversificando ao longo dos anos, de modo a permitir a consecução dos objetivos de aprendizagem definidos para cada situação específica (Lovato *et al.*, 2018).

Apresenta-se, seguidamente, uma síntese da metodologia ativa de aprendizagem, que se considera relevante para o presente estudo.

Aprendizagem baseada em problemas

A metodologia designada por Aprendizagem baseada em problemas (*Problem-based learning* – PBL) consiste numa abordagem pedagógica que promove as aprendizagens dos alunos através do envolvimento ativo destes na resolução de problemas significativos (Yew & Goh, 2016). Os alunos trabalham colaborativamente para resolver um problema, o que lhes permite criar modelos mentais e desenvolver hábitos de prática e reflexão facilitadores da aprendizagem (Hmelo-Silver, 2004). O trabalho que os alunos empreendem tem analogias com o método científico, uma vez que têm que delinear um plano de trabalho, levantar questões sobre aspetos relacionados com o problema a

resolver, indicar e testar hipóteses através da experimentação, fazer conclusões e avaliar o processo, o seu desempenho e o dos colegas de grupo (Hung, Jonassen & Liu, 2008). Esta metodologia potencia o envolvimento ativo dos alunos na resolução de problemas reais e contextualizados, tornando-os responsáveis pela sua aprendizagem (Hmelo-Silver, 2004). Assim, a Aprendizagem baseada em problemas fundamenta-se nas teorias construtivistas da aprendizagem, na medida em que os alunos são conduzidos a construir o seu conhecimento através de experiências educativas significativas (Hmelo-Silver, 2004; Hung, Jonassen & Liu, 2008; Lovato *et al.*, 2018; Yew & Goh, 2016). O professor é um orientador que apoia os alunos sempre que necessário, direcionando, motivando e ajudando a manter o foco na resolução do problema em questão (Hung, Jonassen & Liu, 2008).

Numa perspetiva de aprendizagem ao longo da vida, Jonassen (2011) considera que a Educação deveria preparar os alunos para a resolução de problemas, uma vez que as competências que esta metodologia de aprendizagem promove lhes serão necessárias para sua vida pessoal e profissional. Esta metodologia proporciona uma aprendizagem significativa, na medida em que os conteúdos abordados quando se trabalha para resolver problemas são melhor compreendidos e retidos. Segundo Jonassen (2011), esta metodologia de aprendizagem está centrada no aluno, sendo autodirigida e autorreflexiva, enquanto o professor atua como mediador dos processos de aprendizagem.

A metodologia de aprendizagem baseada em problemas pode ser implementada em contextos bastante diversos. No entanto, Barrett (2005; 2017) aponta alguns princípios nos quais as atividades concebidas segundo esta metodologia devem assentar, nomeadamente, o papel do professor como facilitador, orientando o aluno na construção do conhecimento, a elaboração de atividades que promovam a construção significativa de conhecimentos, permitindo aos alunos a criação de relações entre os novos conhecimentos e os pontos de ancoragem (conhecimentos prévios), dos quais as situações de aprendizagem devem partir.

Assim, a metodologia de aprendizagem baseada em problemas desenvolve-se através de processos mentais ativos empreendidos pelos alunos, que proporcionam a construção de novo conhecimento, na perspetiva do construtivismo.

2.2. SIMULADORES COMPUTACIONAIS

A crescente disponibilidade de simuladores computacionais para a aprendizagem das ciências impulsionou a investigação da sua influência na construção de conceitos e estruturas conceptuais ligadas a fenómenos científicos, bem como nos processos de mudança conceptual (Widiyatmoko, 2018). Para este autor, os simuladores computacionais possuem diversos atributos com potencial para promover uma aprendizagem conceptual adequada. No entanto, Mirana (2016) defende que a utilização de simuladores, por si só, não é garantia de uma aprendizagem de conceitos e leis cientificamente aceites. Para tal, é necessário desenhar ambientes e experiências de aprendizagem que promovam a utilização de simuladores de modo investigativo, incentivando os estudantes a problematizar, a fazer previsões e testar as suas hipóteses. Nesse sentido, a integração pedagógica de recursos educativos digitais (e.g. simuladores computacionais) em metodologias ativas de aprendizagem expande as potencialidades destas, facilitando o desenvolvimento de competências para o séc. XXI (Figueiroa *et al.*, 2018; Lovato *et al.*, 2018).

Tipos de simuladores

Um simulador computacional é um programa informático que gera representações ou modelos simplificados da realidade através da modelação matemática (Teodoro, 1997; Jong & Joolingen, 1998). Em ordem a gerar tais representações, um simulador funciona com base em variáveis de entrada (independentes), sobre as quais operam os modelos matemáticos, e as representações constituem-se como variáveis de saída (dependentes). Quanto maior for o número de variáveis de entrada, maior é a complexidade do simulador. Se, por um lado, um maior número de variáveis permite gerar representações mais fidedignas dos fenómenos, por outro, o acréscimo de complexidade pode constituir um obstáculo cognitivo. De facto, uma representação mais complexa e, portanto, mais fiel à realidade física, pode não trazer vantagens do ponto de vista pedagógico, tendo em conta os objetivos de aprendizagem definidos para um determinado conteúdo curricular, mas pode acarretar uma dificuldade acrescida na construção de modelos mentais do fenómeno em estudo. Por esse motivo, deve-se ponderar o grau de complexidade do simulador em função dos objetivos de aprendizagem.

Do ponto de vista pedagógico, importa distinguir os simuladores quanto à interatividade que permitem e quanto à sua natureza. Quanto à interatividade, Macêdo e Dickman (2009)

classificam os simuladores em interativos e em não interativos, dependendo de os alunos terem ou não a possibilidade de alterar as variáveis de entrada e observarem o efeito sobre as variáveis de saída. Um simulador permite sempre modificar as variáveis de entrada. No entanto, o controlo sobre essas variáveis pode não estar disponível para o utilizador final (professor ou alunos), estando limitado ao programador informático. Relativamente à sua natureza, um simulador pode classificar-se em conceptual ou operacional (Jong & Joolingen, 1998; Ribeiro & Greca, 2003). Segundo estes autores, os simuladores conceptuais apresentam conceitos e relações entre conceitos, ou princípios, relacionados com o fenómeno em estudo, enquanto os simuladores operacionais apresentam sequências de operações que permitem o treino de um procedimento. Assim, os simuladores conceptuais são mais adequados para integrarem atividades concebidas segundo metodologias ativas de aprendizagem (Jong & Joolingen, 1998).

Vantagens e desvantagens da utilização de simuladores

Liu *et al.* (2010) mostraram que os simuladores proporcionam oportunidades para que os estudantes experienciem situações realistas, através da resolução de problemas e da prática de capacidades psicomotoras num ambiente seguro e controlado. A utilização de simuladores computacionais na aprendizagem das ciências apresenta muitas vantagens relativamente à instrução direta, centrada no professor, no que respeita à aprendizagem de conteúdos científicos, ao desenvolvimento de capacidades processuais e à construção de estruturas conceptuais cientificamente coerentes. Os simuladores permitem que os estudantes efetuem conexões com as experiências do quotidiano (Matveevskii & Gravenstein, 2008), promovem uma aprendizagem profunda e permitem a visualização de fenómenos que, de outro modo, seriam inobserváveis (Strauss & Kinzie, 1994; Chang, Quintana & Krajcik, 2010), permitem controlar variáveis e testar hipóteses (Jimoyiannis & Komis, 2001), ajudam a compreender conceitos científicos difíceis ou abstratos (Ryoo & Linn, 2012; Sarabando *et al.*, 2014), proporcionam a apropriação de novos conceitos e a construção de estruturas conceptuais cientificamente coerentes (Nielsen & Hoban, 2015; Nowak *et al.*, 2013), e aumentam o envolvimento na aprendizagem das ciências (Honey & Hilton, 2011).

Apesar das diversas vantagens elencadas, a investigação sobre os efeitos da utilização de simuladores computacionais em contexto educativo também reconhece algumas desvantagens. Lunce (2006) e Sadideen *et al.* (2012) referem que os simuladores podem

apresentar falta de realismo, proporcionando uma compreensão limitada da realidade ou do fenómeno em estudo. Karlsson, Ivarsson & Lindström (2013) apontam o facto de os simuladores apenas proporcionarem respostas pré-programadas e permitirem interações limitadas, para além do facto de não possibilitarem o desenvolvimento de capacidades de manuseamento de equipamento de laboratório. Lunce (2006) chama à atenção para o facto de as atividades em que se utilizam os simuladores demorarem mais tempo do que estratégias tradicionais, uma vez que são habitualmente integrados em metodologias ativas de aprendizagem que envolvem os alunos em processos de descoberta.

Simuladores e Aprendizagem

O potencial pedagógico dos simuladores adquire relevância quando estes são utilizados para promover aprendizagens e desenvolver competências que outros métodos não permitem. No âmbito do ensino das ciências e do desenvolvimento da literacia científica, pretende-se que os alunos sejam capazes de formular hipóteses, analisar dados e elaborar conclusões que lhes permitam alcançar uma compreensão mais profunda dos fenómenos (Marôco *et al.*, 2016), de modo a que os alunos “se envolvam em discussões relacionadas com ciência e com as ideias da ciência, como um cidadão reflexivo”, de modo a “alcançar os seus objetivos, desenvolver os seus conhecimentos e potencial, e participar na sociedade.” (p. 3). Nesse sentido, os simuladores são ferramentas que potenciam a construção ou a reestruturação dos modelos mentais dos alunos, em função da observação dos resultados das suas ações sobre as condições do fenómeno representado e da sua comparação com as previsões previamente elaboradas. Ao contrário das estratégias de ensino tradicionais, os simuladores prestam-se à implementação de atividades de aprendizagem motivadoras, centradas nos alunos, permitindo que estes se envolvam e participem ativamente na construção do conhecimento.

A investigação mostra que a utilização de simuladores computacionais associada a uma metodologia de aprendizagem baseada em problemas traz vários benefícios para a construção do conhecimento por parte dos alunos (Soderberg & Price, 2003; Kumar & Sherwood, 2007; Yu, She & Lee, 2010; Bulu & Pedersen, 2010). Os estudos levados a cabo por estes autores indicam que os alunos melhoram a capacidade de compreender conceitos, prever e estabelecer relações e elaborar conclusões, uma vez que estas capacidades são desenvolvidas durante o processo de interpretação e resolução de problemas assistido por simuladores computacionais. Jonassen (2011) refere que, para os

alunos aprenderem a resolver problemas, se devem envolver neles e os simuladores são ferramentas privilegiadas para proporcionar esse envolvimento. As atividades de aprendizagem baseadas em problemas com utilização de simuladores criam contextos que se aproximam das experiências do mundo real. Assim, estas atividades proporcionam ambientes facilitadores da compreensão de conteúdos curriculares abstratos e da construção de modelos mentais cientificamente válidos. As atividades de resolução de problemas são experiências educativas nas quais os alunos exploram relações causais entre variáveis de um certo fenómeno, através das respostas interativas que o simulador apresenta. As respostas interativas do simulador permitem aos alunos confirmarem ou rejeitarem as hipóteses estabelecidas para resolver o problema (Jonassen, 2011). As oportunidades de aprendizagem que esta abordagem proporciona levaram Vekli & Cimer (2012) a considerar que as atividades de resolução de problemas assistidas por simulador refletem os princípios essenciais do construtivismo.

Apesar das potencialidades e oportunidades de aprendizagem atrás mencionadas, importa, também, referir que estas atividades de aprendizagem pressupõem uma implementação cuidadosa, de forma a obter os melhores resultados, no que concerne à aprendizagem. Assim, Lunce (2006) e Rutten *et al.* (2012) elencam alguns requisitos para uma implementação bem sucedida destas atividades, a saber, dar tempo suficiente aos alunos para se familiarizarem com o simulador antes de iniciarem as atividades, orientar e supervisionar o trabalho dos alunos para se obterem os melhores resultados de aprendizagem, e estar presencialmente a apoiar e a fornecer *feedback* para que a utilização dos simuladores seja eficaz. Na mesma linha de pensamento, num estudo paralelo à presente investigação, Conde *et al.* (2021) referem que a orientação e o acompanhamento dos alunos por parte do professor são fundamentais para que as atividades de aprendizagem tenham sucesso.

3. COMPETÊNCIAS PARA O SÉCULO XXI

O mundo no qual os professores ensinam não é o mesmo em que aprenderam. Fruto dos avanços científicos e tecnológicos, a sociedade e as relações nela estabelecidas tornaram-se digitais, através da mediação da Internet (Takahashi, 2000).

As muitas vantagens dos sistemas digitais e da Internet, tais como facilidade de utilização, rapidez, ubiquidade e acessibilidade, fizeram surgir um novo paradigma social, no qual o acesso à informação está ao alcance de todos, em qualquer lugar e momento (Coutinho &

Lisbôa, 2011). Não obstante, o acesso à informação não é sinónimo de construção do conhecimento (Castells, 2003 *apud* Coutinho & Lisbôa, 2011). Por esse motivo, a Escola reafirma-se como instituição basilar para promover o desenvolvimento integral dos jovens, nos planos pessoal, social e profissional.

Dando conta da utilização que os alunos fazem das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), e também os professores no âmbito da sua vida pessoal e social, é razoável esperar que as tecnologias digitais sejam incorporadas de forma natural nas atividades escolares. Não se trata de utilizar a tecnologia *per se*, mas de lhe atribuir um significado pedagógico, aproveitando as mais-valias cognitivas que a tecnologia pode amplificar.

Por outro lado, as exigências sociais e profissionais deste século demandam que os futuros cidadãos sejam capazes de se adaptar a novas e imprevistas situações, tendo que aprender ou reaprender ao longo da vida. Para tal, a Escola e os agentes educativos têm que renovar as suas práticas pedagógicas, de forma a alterar o papel dos alunos, tornando-o um elemento ativo na construção do seu conhecimento e dotando-o de competências que lhe serão necessárias ao longo da vida (Comissão Europeia, 2018).

4. O PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA

Em Portugal, no enquadramento internacional proporcionado pela Comissão Europeia e pela OCDE, em 2017 foi publicado o *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (Martins *et al.*, 2017). Este é um documento que aponta linhas orientadoras para a Educação neste início do século XXI, na medida em que se apoia numa visão de cidadania sustentada por um conjunto de princípios, valores e competências-chave. O documento assume-se como um “referencial para as decisões a adotar por decisores e atores educativos ao nível dos estabelecimentos de educação e ensino e dos organismos responsáveis pelas políticas educativas” (Martins *et al.*, 2017, p. 2), devendo ser lido como uma matriz para decisões a adotar ao nível da organização e gestão curriculares e para a definição de metodologias, estratégias e procedimentos pedagógicos e didáticos ao nível da prática letiva.

O *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (Martins *et al.*, 2017) sustenta que o sistema educativo deve proporcionar aos alunos o desenvolvimento de competências em diversas áreas, revelando-se de particular interesse para este trabalho a

do Saber científico, técnico e tecnológico. Ressalve-se, contudo, que todas as áreas de competências elencadas no Perfil dos Alunos são importantes, porque se complementam, interligam e contribuem para o desenvolvimento integral dos alunos, não havendo uma hierarquia que lhes esteja subjacente. No âmbito desta área de competências, os alunos devem mobilizar a “compreensão de fenómenos científicos e técnicos e da sua aplicação para dar resposta aos desejos e necessidades humanas, com consciência das consequências éticas, sociais, económicas e ecológicas”, de modo a permitir “a tomada de decisão e a participação em fóruns de cidadania” (Martins *et al.*, 2017, p. 29).

Para se alcançarem os objetivos definidos pelo *Perfil dos Alunos*, assim como as metas propostas por organismos internacionais, tais como a OCDE e a Comissão Europeia para o ano de 2030 (Comissão Europeia, 2018; OCDE, 2018), é necessário que os professores adaptem a sua prática letiva a um paradigma, no qual a ação educativa se deve centrar no desenvolvimento integral do aluno e, em particular, nas suas aprendizagens. Como referem Coutinho & Lisbôa (2011), os alunos devem ser preparados para enfrentar os desafios que se lhe colocam numa sociedade em constante mutação “em todos os segmentos sociais”, sendo, portanto, “imprescindível formar alunos com espírito empreendedor, que sejam criativos e que tenham capacidade de resolver problemas aos mais diversos níveis.” (p. 17).

PARTE EMPÍRICA

CAPÍTULO II – METODOLOGIA

O estudo apresentado neste relatório pretende analisar os contributos pedagógicos e didáticos que uma metodologia ativa de aprendizagem (aprendizagem baseada em problemas) com utilização de simuladores computacionais pode dar no âmbito do estudo da Física do som numa turma do 8.º ano de escolaridade.

1. PROBLEMÁTICA, QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO E OBJETIVOS

O currículo de Físico-Química do 8.º ano de escolaridade contempla a aprendizagem do domínio “Produção e propagação do som”. No âmbito deste domínio curricular, os alunos têm que aprender conteúdos que, muito embora sejam do seu conhecimento empírico decorrente das suas vivências quotidianas, têm explicações científicas abstratas. Por esse motivo, são conteúdos curriculares de que os alunos já possuem algum conhecimento, mas que incluem conceções alternativas, as quais comprometem aprendizagens aprofundadas e sustentadas, e que se mantêm ao longo da vida.

Sabemos que as metodologias ativas de aprendizagem, de natureza construtivista e socioconstrutivista, assim como a utilização de simuladores computacionais, apresentam diversas vantagens pedagógicas em comparação com uma abordagem tradicional de ensino, expositivo, centrado no professor e no qual o aluno assume um papel passivo.

Considerando que o ensino das ciências deve promover o desenvolvimento da literacia científica, perspectivada ao longo da vida, e para a qual é necessário que os alunos adquiram competências no domínio científico, em particular que construam modelos mentais que se aproximem dos modelos conceptuais cientificamente aceites, este estudo pretende dar resposta à seguinte questão de investigação:

- Quais os contributos de uma metodologia ativa de aprendizagem com utilização de simuladores para a compreensão conceptual no domínio da Física do som?

Delineada a problemática em estudo, houve que definir os objetivos a alcançar, a saber:

Objetivos de investigação

- Diagnosticar o conhecimento que os alunos possuem acerca da natureza e propriedades do som;

- Conceber e implementar uma sequência didática de atividades à luz de uma metodologia ativa de aprendizagem com utilização de simuladores;
- Avaliar a evolução conceptual, no âmbito do tema “Produção e propagação do som”, numa turma do 8.º ano, após a intervenção didática;
- Conhecer as perceções dos alunos acerca da metodologia utilizada (atividades de aprendizagem baseadas em problemas com utilização de simuladores).

2. PARADIGMA DE INVESTIGAÇÃO E METODOLOGIA

Segundo Coutinho *et al.* (2009), um paradigma é uma forma de desconstruir a complexidade do mundo real e, portanto, reflete a visão que o investigador faz da realidade. A metodologia de investigação consiste no conjunto coerente de métodos e técnicas que se articulam para dar resposta à questão de investigação e aos respetivos objetivos. Por esse motivo, a escolha da metodologia adequada reveste-se da maior importância para o investigador, em particular no campo da educação, devido à complexidade dos fenómenos educativos. O paradigma e a metodologia de investigação são interdependentes, pois a forma como o investigador vê o mundo dita a intencionalidade de atuar perante o mesmo e, portanto, indica o caminho para a metodologia.

Este estudo assenta na metodologia de investigação-ação que se enquadra no paradigma socio-crítico. Este paradigma estabelece-se no princípio de que uma investigação deve conter uma intenção de mudança, de modo que o conhecimento adquirido possa produzir transformações na realidade (Coutinho *et al.*, 2009). Esta perspetiva teórica encara a realidade de forma dinâmica, analisando-a de perto a partir da prática, da participação e da reflexão, e com uma “intencionalidade transformadora” (p. 357).

2.1. PARADIGMA DE INVESTIGAÇÃO – QUANTITATIVO-QUALITATIVO

Considerando a questão de investigação e os respetivos objetivos definidos para este estudo, optou-se por uma metodologia de natureza mista (qualitativa e quantitativa).

Um método qualitativo privilegia técnicas de observação para recolher dados no meio natural, sendo essas observações feitas pelo próprio investigador enquanto elemento ativo do processo. Para Bogden e Biklen (1994), a investigação qualitativa é descritiva, dando mais importância ao processo do que aos resultados. Os dados são recolhidos de uma grande variedade de fontes e são analisados de forma indutiva. Os métodos qualitativos, por serem interpretativos, são mais propensos à subjetividade.

Um método quantitativo caracteriza-se por ser objetivo e proceder à recolha sistemática de dados quantificáveis. É um processo em que o investigador assume uma posição de distanciamento e neutralidade, de modo a não influenciar a situação ou fenómeno em estudo. Os métodos quantitativos, por serem neutros e objetivos, não permitem apreender diversas perspetivas da mesma realidade.

A opção por utilizar uma metodologia mista nesta investigação prendeu-se com os factos seguintes. Em primeiro lugar, pretende-se utilizar instrumentos de recolha de dados objetivos, nomeadamente na avaliação das aprendizagens dos alunos e nas conceções alternativas que possuem acerca do tema em estudo. Em segundo lugar, o investigador, por ser também professor dos alunos participantes, pretende que a investigação permita produzir transformações sobre a realidade investigada. Para tal, necessita de integrar diferentes aspetos dessa mesma realidade, nomeadamente as observações diretas realizadas no decorrer da intervenção, as intervenções dos participantes e as respostas a fichas de trabalho ou outros registos áudio ou vídeo.

2.2. TIPO DE ESTUDO - INVESTIGAÇÃO-AÇÃO

A metodologia de investigação-ação é apresentada por Latorre (2005) como “una forma de indagación realizada por el profesorado para mejorar sus acciones docentes o profesionales y que les possibilita revisar su práctica” (p. 5). Assim, a aula é vista como um espaço de investigação e desenvolvimento profissional onde os professores, enquanto profissionais reflexivos, interpretam a sua realidade e criam situações novas a partir dos problemas da prática quotidiana com o objetivo de a melhorar ou transformar (Latorre, 2005; Ponte, 2008). Segundo Coutinho *et al.* (2009), a metodologia de investigação-ação é a que mais se aproxima da educação por promover uma relação simbiótica entre a prática e a reflexão. Para Latorre (2005), a reflexão sobre a prática gera novas oportunidades de melhoria ou transformação da prática, sendo um processo dinâmico em contínua retroalimentação.

A investigação-ação não tem uma definição única e bem determinada. No seu estudo, Latorre (2005) apresenta definições de vários autores, de tal modo que Coutinho *et al.* (2009) chega a considerar o conceito “ambíguo” (p. 359). Dos autores referenciados por Latorre (2005, p. 24), destacamos as seguintes contribuições: Elliot (1991) define a investigação-ação como um estudo de uma situação social com o fim de melhorar a qualidade da ação dentro da mesma; Lomax (1990) define a investigação-ação como uma

intervenção na prática profissional com a intenção de promover uma melhoria; Bartolomé (1986) que afirma que a investigação-ação é um processo reflexivo que vincula dinamicamente a investigação, a ação e a formação, realizada por profissionais das ciências sociais, acerca da sua própria prática. O estudo de Coutinho *et al.* (2009, p.360) também refere a definição de Watts (1985) que afirma que a investigação-ação é um processo em que os participantes analisam as suas próprias práticas educativas de forma sistemática e aprofundada, usando técnicas de investigação. Assim, a investigação-ação pode ser considerada como uma expressão genérica que abrange uma gama ampla de estratégias realizadas para melhorar a ação educativa.

Baseado na descrição que Kemmis e McTaggart (1988) fizeram das características da investigação-ação, Latorre (2005, p. 25-27) resume as seguintes: é participativa e colaborativa, uma vez que as pessoas trabalham com a intenção de melhorar a própria prática; é prática e interventiva, pois não se limita ao campo teórico, mas intervém na realidade; é cíclica, porque envolve uma espiral de ciclos, nos quais as descobertas iniciais geram possibilidades de mudança, que são implementadas e avaliadas como introdução ao ciclo seguinte; é crítica, uma vez que os participantes não procuram apenas a melhoria das práticas, mas atuam como agentes de mudança; é autoavaliativa, porque as modificações são continuamente avaliadas. Coutinho *et al.* (2009) descrevem a investigação-ação como uma família de metodologias de investigação que incluem simultaneamente dimensões de reflexão (investigação) e de melhoria ou transformação (ação), utilizando um processo cíclico ou em espiral.

Apesar da diversidade de concepções sobre esta metodologia, há muitos aspetos comuns entre os autores que se dedicaram a estudá-la. Um desses aspetos é o carácter cíclico desta estratégia metodológica que se desenvolve por fases, nomeadamente, planificação, ação, observação (avaliação) e reflexão (teorização). Tendo em conta o processo de retroalimentação de todo o processo, o final de um ciclo permite iniciar um novo, desencadeando novas espirais de experiências de ação reflexiva (Coutinho *et al.*, 2009). Vários autores propuseram modelos que consubstanciam a sua visão de desenvolvimento da metodologia de investigação-ação. O modelo proposto por Kemmis em 1989 (figura 1) concretiza as quatro fases atrás referidas.

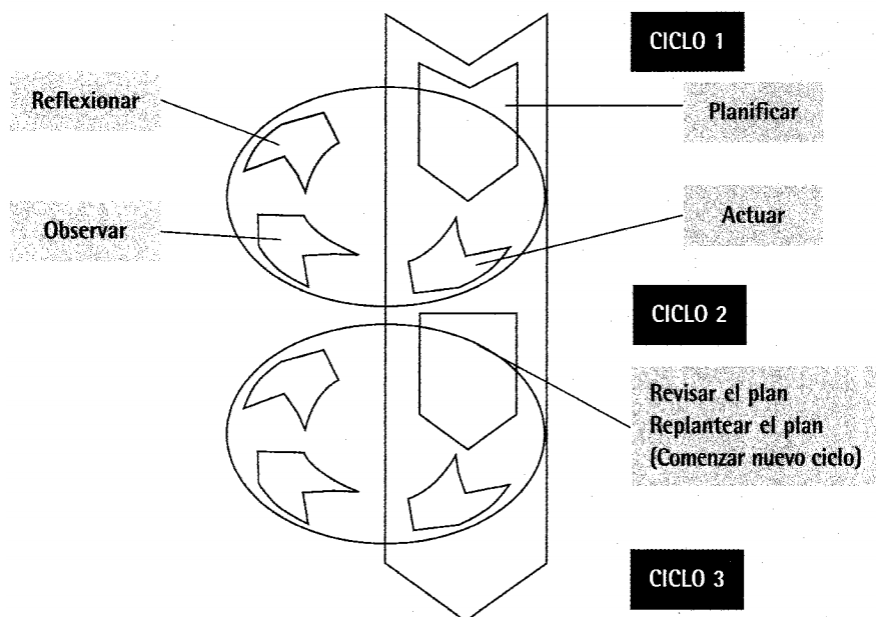


Figura 1 – Modelo da espiral de ciclos da investigação-ação, segundo Kemmis (Latorre, 2003, p. 35)

Apesar do modelo de Kemmis ser consensual relativamente às diversas concepções da investigação-ação, neste estudo optou-se por adotar o modelo proposto por Whitehead em 1991. Segundo Latorre (2003), Whitehead afirma que o modelo de Kemmis e outros semelhantes se distanciam bastante da realidade do contexto educativo e propôs um modelo que se situa entre a teoria educativa e o desenvolvimento profissional. O modelo de Whitehead é apresentado na figura 2.

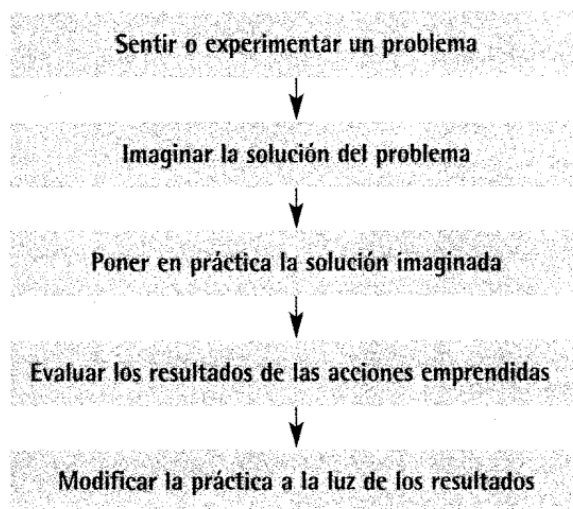


Figura 2 – Modelo de investigação-ação, segundo Whitehead (1991) (Latorre, 2003, p. 38)

Este modelo, apesar de mais simples, é prático porque permite uma fácil implementação em contexto escolar, quando não existe possibilidade de conduzir uma investigação mais prolongada no tempo.

A investigação-ação assume-se, assim, como uma metodologia privilegiada para intervir em contexto educativo, sendo uma das metodologias que mais pode contribuir para a melhoria das práticas educativas, porque aproxima as partes envolvidas na investigação (Coutinho *et al.*, 2009).

2.3. POPULAÇÃO

A população alvo deste estudo é uma turma de 23 alunos do 8.º ano da qual o investigador é professor de Físico-Química. Apesar de todos os alunos da turma participarem deste estudo, os mesmos foram divididos em grupos de trabalho, em função das condições ambientais em que decorreu o estudo e da metodologia de aprendizagem implementada.

A população-alvo selecionada e estudada não permite que os resultados e conclusões a retirar se estendam a outras populações semelhantes, no que diz respeito ao nível de escolaridade e conteúdos curriculares, mas tal não é o pressuposto desta investigação. Por outro lado, a população adequa-se à metodologia de investigação selecionada para este estudo (Coutinho, 2014).

2.4. INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS

A presente investigação tem uma natureza particularista e, como tal, incide sobre uma situação única e não reproduzível. Assim, o investigador tem que recolher dados originais sobre a situação em estudo. De acordo com a natureza da investigação, é desejável que se obtenham dados a partir de diversos instrumentos, de modo a permitir analisar e integrar diversas perspetivas da amostra e da situação em estudo (Coutinho, 2014).

Considerando os objetivos e a natureza da investigação, utilizaram-se os seguintes instrumentos de recolha de dados durante o estudo:

- **Fichas de avaliação** – As fichas de avaliação (ver Anexo 1) foram elaboradas com base na técnica de inquérito por questionário por permitir recolher respostas de um grande número de indivíduos num curto intervalo de tempo. Esta técnica tem sido utilizada com sucesso na identificação de conceções alternativas dos alunos (Braz, 2017). Os dados recolhidos por este instrumento permitem responder ao primeiro e terceiro objetivos de investigação.

As duas fichas de avaliação foram concebidas para recolher dados sobre os conhecimentos e conceções prévias que os alunos possuíam antes da intervenção

(avaliação de diagnóstico, pré-intervenção) e para avaliar as aprendizagens realizadas (pós-intervenção). As fichas são constituídas por questões de resposta aberta e por questões de resposta fechada de escolha múltipla. As fichas de avaliação são iguais, de modo a permitir responder a um dos objetivos deste estudo, nomeadamente, “Avaliar a compreensão conceptual, no âmbito do tema Produção e propagação do som numa turma do 8.º ano, após a intervenção didática”.

- **Questionário de opinião** – Após a implementação da sequência didática, foi aplicado um questionário de opinião (ver Anexo 2) aos alunos participantes, de modo a recolher dados que permitam responder a um dos objetivos de investigação. Utilizou-se a mesma técnica de inquérito por questionário que nas fichas de avaliação, pelos motivos já referidos. Os dados recolhidos por este instrumento permitem responder ao quarto objetivo de investigação.

O questionário estava dividido em duas partes: a primeira destinava-se a descrever a perceção dos alunos relativamente à utilização de simuladores na aprendizagem dos conteúdos relativos ao tema “Produção e Propagação do Som”; a segunda parte teve como objetivo averiguar a opinião acerca da metodologia utilizada, isto é, a Aprendizagem baseada em problemas. No final, os alunos podiam responder a uma questão aberta com considerações gerais sobre a sequência didática. Cada questão era apresentada como uma afirmação, à qual os alunos respondiam numa escala de concordância com cinco graus (escala de Likert). O questionário foi respondido individualmente e de forma anónima.

- **Diário de bordo** – O diário de bordo é um instrumento com registos escritos que serve de suporte à observação direta do investigador, participante e não estruturada. Uma vez que o investigador era, simultaneamente, o professor da turma, tendo que prestar o apoio necessário sempre que solicitado, todos os registos foram realizados após o término de cada atividade, mas no mesmo dia em que decorreram, para minimizar o distanciamento temporal relativamente às ocorrências observadas e, assim, manter a fiabilidade das observações. No diário de bordo, registaram-se todas as observações realizadas o mais pormenorizadamente possível, sobretudo dos constrangimentos ocorridos e dos comentários mais relevantes dos alunos.

Os instrumentos de recolha de dados aqui apresentados foram aplicados em ambiente online, em virtude de se estar em situação de ensino remoto de emergência, devido à pandemia de Covid-19, durante toda a intervenção.

5. TÉCNICAS DE ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

A análise e tratamento de dados é um processo fundamental de qualquer investigação, uma vez que do rigor, clareza e critérios definidos depende a interpretação desses dados e as conclusões do estudo (Coutinho, 2014).

Devido à natureza dos dados que uma metodologia qualitativa produz, a técnica preferencial de tratamento e exploração desses dados é a análise de conteúdo. Para tal, realiza-se um processo de categorização que deve obedecer a critérios de coerência, homogeneidade, pertinência, exclusividade e exaustividade (Bardin, 2016). Esta categorização permite construir uma representação mais simples dos dados através de um processo de condensação ou redução (Coutinho, 2014). As categorias consistem em rubricas que reúnem num mesmo grupo, que possui um título genérico, elementos com características comuns em função dos critérios definidos (Bardin, 2016).

Quanto aos dados relativos à construção das aprendizagens pelos alunos, iniciou-se o processo pela ordenação dos questionários pré e pós-intervenção, tendo-lhes sido atribuído um código. O código permitiu manter a associação entre os respondentes e os respetivos questionários, mas preservando o anonimato. Efetuou-se uma análise de conteúdo das questões de resposta aberta (tratamento qualitativo), de modo a criar categorias, sendo, posteriormente, sujeitas a um tratamento estatístico descritivo (tratamento quantitativo). A análise de conteúdo das respostas abertas consistiu na identificação de conceções alternativas subjacentes a essas respostas. As categorias foram definidas com base na correção científica das respostas, em particular na ausência de conceções alternativas. As categorias estabelecidas para cada pergunta dos questionários encontram-se no anexo 4. Para além da análise global dos resultados da turma, procedeu-se a uma análise individual da evolução conceptual, por aluno e por pergunta, de modo a obter uma descrição mais realista das aprendizagens realizadas.

No âmbito do processo de investigação-ação, a análise dos dados do Diário de Bordo permitiu realizar ajustes em cada uma das atividades de construção de conhecimento, nomeadamente na gestão do tempo de trabalho dos alunos, na formulação das questões-

problema orientadoras da aprendizagem dos alunos, nas indicações dadas sobre a utilização dos simuladores e na explicitação dos objetivos de aprendizagem a alcançar pelos alunos em cada atividade. Apesar deste instrumento de recolha de dados se ter revelado essencial para o processo de investigação-ação, optou-se por não o incluir no Capítulo “Apresentação e Análise de Dados e Discussão”, pelo facto de não ser imprescindível para responder à questão e aos objetivos de investigação.

6. CREDIBILIDADE DA INVESTIGAÇÃO

Numa investigação de natureza qualitativa, o investigador exerce inevitavelmente alguma influência sobre os processos a decorrer no âmbito do estudo, pelo que se corre o risco de introduzir algum grau de subjetividade (Coutinho, 2014). No entanto, esta subjetividade pode ser reduzida através de um processo de triangulação que consiste no confronto de dados obtidos a partir de dois ou mais instrumentos de recolha distintos, de forma a aumentar a fiabilidade da investigação e estabelecer uma análise mais fidedigna da situação ou fenómeno estudado (Coutinho, 2014). No presente estudo, não foi possível recolher dados de diferentes instrumentos, de modo a permitir efetuar uma triangulação, em virtude das circunstâncias impostas pela modalidade de ensino remoto de emergência.

7. PRINCÍPIOS ÉTICOS

Uma investigação, qualquer que seja, não deve ser conduzida de forma cega, sem atender ao contexto e às implicações que acarretará. A ética na investigação rege-se por um conjunto de princípios e regras de conduta que se encontram devidamente estabelecidas. No caso particular do estudo apresentado neste relatório, impunha-se que os participantes fossem adequadamente informados, tendo-lhes sido pedida uma autorização de consentimento informada (ver Anexo 5). Como o estudo foi realizado em contexto escolar, foram pedidas autorizações para a realização do estudo e para a recolha de dados à direção do agrupamento de escolas a que a escola pertence, assim como a todos os encarregados de educação dos alunos participantes. O anonimato dos participantes foi preservado, tendo-lhes sido atribuído um código que permitiu fazer a correspondência entre os questionários pré e pós-intervenção.

CAPÍTULO III – PROJETO DE INTERVENÇÃO

A investigação apresentada neste relatório integra um projeto de intervenção constituído por uma sequência didática de atividades de aprendizagem. Neste capítulo, faz-se a caracterização do contexto, apresentam-se os objetivos de aprendizagem, descrevem-se as atividades de aprendizagem e simuladores, e justificam-se as opções de planeamento didático e pedagógico, à luz do enquadramento teórico.

1. CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO

O agrupamento no qual foi implementado o presente estudo situa-se no concelho de Leiria, tendo a intervenção ocorrido numa escola de 2.º e 3.º ciclos do ensino básico.

A intervenção concretizou-se numa turma do 8.º ano de escolaridade, composta por 23 alunos, dos quais 8 raparigas e 15 rapazes, com uma média de idades de 13 anos. A partir de dados das reuniões de conselho de turma, constata-se que a turma tem um aproveitamento global de bom e um comportamento global de bom, não havendo alunos com retenções no seu percurso escolar. No entanto, há na turma quatro alunos com medidas universais de suporte à aprendizagem e à inclusão, devido a dificuldades de aprendizagem identificadas pelo conselho de turma. Todos os alunos da turma possuem computador e ligação à internet, revelando familiaridade com os sistemas informáticos na ótica do utilizador.

O investigador é docente de Física e Química há dezanove anos, tendo estado colocado na escola onde se realizou a implementação nos últimos quatro anos. O investigador também é professor de Físico-Química e diretor da turma envolvida neste estudo, tendo conhecimento do perfil académico e pessoal dos alunos.

2. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Os objetivos de aprendizagem subjacentes à sequência didática da intervenção explicitada neste capítulo assentam nos princípios expostos nos documentos orientadores “Metas Curriculares do 3.º ciclo do ensino básico – Ciências Físico-Químicas” (MEC, 2013), “Aprendizagens Essenciais, 3.º ciclo do ensino básico, 8.º ano, Físico-Química” (ME, 2018) e “Perfil dos alunos à saída escolaridade obrigatória” (Martins *et al.*, 2017). Estes documentos orientadores da ação docente, dentro do âmbito abrangido, enfatizam os fundamentos de que a aprendizagem da Físico-Química visa contribuir para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos (Marôco *et al.*, 2016). Para tal, a ação

educativa pressupõe a centralidade do trabalho prático, por forma a desenvolver o raciocínio e a capacidade de resolver problemas (observação, formulação de hipóteses e interpretação), estimular a autonomia e o desenvolvimento pessoal e, tendo em conta as potencialidades do trabalho prático a ser realizado em grupo, contribuir para a capacidade de o aluno desenvolver relações interpessoais. Nas Aprendizagens Essenciais, pode ler-se que se pretende que “os alunos desenvolvam trabalho prático em interação com os pares, realizem experiências e explorem simulações, questionem, apresentem justificações e explicações, resolvam não só exercícios, como também problemas” (ME, 2018, p. 3).

Na tabela 1, apresentam-se os objetivos de aprendizagem a alcançar pelos alunos no decorrer das atividades da sequência didática concebida.

Tabela 1 – Objetivos de aprendizagem do Domínio “Som” e Subdomínio “Produção e Propagação do som”

Objetivos de aprendizagem
<ul style="list-style-type: none"> - Indicar que uma vibração é o movimento repetitivo de um corpo, ou parte dele, em torno de uma posição de equilíbrio. - Concluir, a partir da observação, que o som é produzido por vibrações de um material (fonte sonora) e identificar as fontes sonoras na voz humana e em aparelhos musicais. - Definir frequência da fonte sonora, indicar a sua unidade SI e determinar frequências nessa unidade. - Indicar que o som se propaga em sólidos, líquidos e gases com a mesma frequência da respetiva fonte sonora, mas não se propaga no vácuo. - Explicar que a transmissão do som no ar se deve à propagação do movimento vibratório em sucessivas camadas de ar, surgindo, alternadamente, zonas de menor densidade do ar (zonas de rarefação, com menor pressão) e zonas de maior densidade do ar (zonas de compressão, com maior pressão). - Explicar que, na propagação do som, as camadas de ar não se deslocam ao longo do meio, apenas transferem energia de umas para outras. - Associar a velocidade do som num dado material com a rapidez com que ele se propaga, interpretando o seu significado através da expressão $v=d/\Delta t$. - Verificar, experimentalmente, que a velocidade do som é independente da frequência e da amplitude da vibração das partículas do meio material.

3. ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA

A matriz curricular do 3.º ciclo do ensino básico definida pelo Decreto-Lei n.º 139/2012 de 5 de julho estabelece uma carga horária semanal de duzentos e setenta minutos para a área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais, ficando a divisão do tempo pelas disciplinas de Ciências Naturais e de Físico-Química a cargo de cada agrupamento de escolas ou escola não agrupada. No agrupamento de implementação deste projeto de intervenção, a disciplina de Físico-Química do 8.º ano de escolaridade contempla uma carga horária de três tempos letivos de cinquenta minutos cada uma. No entanto, a turma

participante neste estudo está integrada na modalidade de ensino articulado, na componente de música, pelo que, por decisão do agrupamento, apenas tem dois tempos letivos semanais de Físico-Química. Num dos tempos letivos, a turma encontra-se dividida em turnos para permitir a realização de trabalho laboratorial, em sala específica para o efeito (laboratório de Física e Química). No ano letivo durante o qual decorre esta investigação, a turma não usufrui das aulas divididas em turnos, devido às medidas de contenção da pandemia de Covid-19.

Pressupõe-se que, antes da realização das atividades de aprendizagem, os alunos não tenham tido outras experiências de aprendizagem dos assuntos que integram o tema “Produção e Propagação do Som”. Para a implementação da sequência didática concebida, o professor/investigador planeou usar sete tempos letivos de cinquenta minutos, organizados consecutivamente. A sequência de atividades foi desenhada no sentido de respeitar o crescente grau de complexidade e a especificidade didática dos conteúdos curriculares em estudo, indo ao encontro das sugestões metodológicas do currículo da disciplina. As atividades integram diferentes recursos, nomeadamente um guião com questões-problema, simuladores computacionais que permitem testar hipóteses (Jimoyiannis & Komis, 2001) e ajudar a formular respostas para grande parte das questões apresentadas, sendo, por isso, recursos centrais das atividades. Cada atividade tem, também, sugestões de outros recursos disponíveis na Internet, como vídeos ou páginas com conteúdo científico adequado para esta faixa etária. Cada atividade é realizada durante o período correspondente a uma aula de cinquenta minutos.

Os alunos são distribuídos em grupos de trabalho com quatro elementos (apenas um grupo tem três elementos) que se mantêm ao longo do decorrer das quatro atividades, salvo se houver necessidade de os reformular, em virtude da manutenção de relações interpessoais propícias. Esta opção baseia-se numa perspetiva socioconstrutivista, de modo a promover o diálogo, a partilha e a discussão de ideias, assim como a construção do conhecimento de modo colaborativo (Fino, 2001; Liu & Matthews, 2005). Os grupos são elaborados com base em critérios de equilíbrio ao nível do desempenho académico e do relacionamento interpessoal dos elementos de cada grupo. Os grupos de trabalho são formados no início de cada aula através da criação de salas simultâneas na plataforma de comunicação *online* utilizada (Zoom). O professor visita cada grupo de trabalho pelo menos duas vezes em cada aula. Os alunos trabalham de forma autónoma, na medida em que o professor apenas esclarece as dúvidas que surgem ou resolve problemas técnicos

relacionados com os meios informáticos utilizados. O professor orienta os alunos para a resolução das questões-problema, mas não lhes fornece respostas diretas, uma vez que se pretende que sejam os alunos os protagonistas da construção de conhecimento.

O investigador, enquanto professor da turma na qual a intervenção ocorre, acompanha o trabalho desenvolvido pelos vários grupos de alunos e intervém, questionando os alunos, sempre que se proporcione causar conflito cognitivo, de modo a promover a reflexão e a construção de conhecimento (Sisto, 1993). Pretende-se, assim, potenciar no trabalho a realizar pelos alunos a metodologia de aprendizagem por resolução de problemas.

Apesar de não se dedicar uma atividade preparatória para o trabalho com os simuladores utilizados nas atividades de aprendizagem, em função de o professor considerar que os alunos têm facilidade de interação com estas ferramentas digitais, uma vez que já trabalharam com simuladores computacionais do mesmo projeto (PhET) no âmbito de outros conteúdos curriculares, o professor está disponível para prestar esclarecimentos, sempre que seja solicitado. O professor pode fornecer informação oral e exemplificar a utilização de algumas funcionalidades dos simuladores. Uma vez que os alunos já utilizaram outros simuladores do projeto PhET na aprendizagem de outras matérias, não se espera algum tipo de enviesamento decorrente da falta de literacia informática.

4. CONCEÇÃO DAS ATIVIDADES

A sequência didática concebida integra uma atividade de diagnóstico, quatro atividades de aprendizagem (construção de conhecimento) e uma atividade de avaliação das aprendizagens realizadas. Cada uma das quatro atividades de construção de conhecimento consiste num guião constituído por uma série de questões-problema, às quais os grupos de trabalho têm que dar resposta. As questões-problema foram criteriosamente redigidas de modo a que as suas respostas correspondam às aprendizagens que os alunos têm que realizar, no enquadramento do currículo nacional da disciplina, e segundo os princípios do construtivismo, de modo a ir ao encontro de uma base cognitiva comum a todos os alunos nesta faixa etária, base sobre a qual se vão ancorando os novos conhecimentos. Este pressuposto visa proporcionar a aquisição sólida de conhecimentos e a construção de modelos mentais cientificamente válidos.

Cada atividade é acompanhada de sugestões de vídeos ou sítios *online* com conteúdo científico específico que permita ajudar os alunos a formular respostas às questões-

problema. Cada sugestão foi selecionada com critérios de rigor científico, de facilidade de compreensão, tendo em conta a faixa etária dos alunos, e de adequabilidade das representações gráficas (vídeos ou animações) para a construção de modelos mentais que se aproximem dos modelos conceptuais cientificamente aceites.

Todas as atividades a seguir descritas podem ser consultadas nos Anexos 1 e 3.

4.1. ATIVIDADE 0 – DIAGNÓSTICO

Esta primeira atividade consiste na realização de um questionário de diagnóstico acerca das diversas aprendizagens a proporcionar no âmbito do estudo da Física do som, em particular no que respeita ao subdomínio curricular “Produção e Propagação do Som”. O questionário foi concebido para identificar os saberes disponíveis dos alunos relativamente ao tema a estudar e foi explicitado na secção Instrumentos de recolha de dados do capítulo Metodologia.

A identificação e caracterização dos conhecimentos prévios dos alunos tem três objetivos.

- Em primeiro lugar, e à luz dos princípios construtivistas, o diagnóstico do conhecimento prévio dos alunos permite preparar as atividades de aprendizagem em função do que os alunos já sabem. Numa perspetiva de proporcionar a construção de conhecimento de modo significativo, o professor deve partir do conhecimento que os alunos já possuem e criar oportunidades de aprendizagem personalizadas.
- Em segundo lugar, permite ajustar as subseqüentes atividades e recursos materiais potenciadores das aprendizagens a realizar, à luz das orientações curriculares e das aprendizagens essenciais da disciplina. Apesar de, no início da intervenção, todas as atividades e recursos materiais já estarem preparados, a análise do questionário de diagnóstico permite ajustar os recursos ou incluir novos, assim como reorganizar a sequênciade tarefas dentro de cada atividade ou mesmo a dinâmica a implementar numa determinada atividade. Esta metodologia enquadra-se nos princípios orientadores da investigação-ação e será a estrutura de análise e de orientação das atividades a implementar ao longo da intervenção que sustenta o presente estudo.
- O terceiro objetivo que esta primeira sessão da intervenção permite completar prende-se com a necessidade de ter uma base de comparação relativamente às

aprendizagens realizadas pelos alunos ao longo da sequência didática implementada. No final da sequência didática, será aplicado um questionário de avaliação das aprendizagens. Pretende-se, assim, avaliar se as atividades propostas, à luz de uma metodologia ativa de aprendizagem de natureza construtivista e com recurso a simuladores, contribuem para a construção de conhecimento cientificamente aceite, no âmbito do tema em estudo. Para averiguar os contributos e em que medida a sequência didática contribuiu para a construção do conhecimento, é necessário saber quais os conhecimentos que os alunos possuíam antes da intervenção. Tal justifica a realização do questionário de diagnóstico.

O questionário de avaliação dos conhecimentos prévios foi concebido tendo em conta os conhecimentos que os alunos deverão adquirir no enquadramento dado pelas orientações curriculares e pelas aprendizagens essenciais. Uma vez que o regime de frequência das aulas é o de ensino remoto de emergência, optou-se por disponibilizar o questionário através da plataforma *online* Google Forms. Não foi imposto um limite de tempo para responder ao questionário, a não ser o término da aula. Foi explicado o enquadramento e objetivos para a realização do questionário, tendo sido salientado que os resultados não seriam relevantes para a classificação dos alunos na disciplina. Foi necessário explicitar este último aspeto, uma vez que alguns alunos revelaram preocupação quanto ao seu desempenho na resposta ao questionário. No presente caso e ao longo da sequência didática implementada, o investigador não terá a possibilidade de controlar as variáveis ambientais do ponto de vista do aluno, o que, por um lado, constitui uma limitação, mas também se aproxima das condições reais nas quais os alunos realizam as suas aprendizagens. Isto vai ao encontro da linha de investigação pretendida, com a qual se pretende averiguar em que medida a sequência didática contribui significativamente para a construção de conhecimento cientificamente aceite.

4.2. ATIVIDADE 1 – CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO

Esta atividade é efetivamente a primeira da sequência didática concebida para a construção de conhecimento. Pretende-se que os alunos construam os conceitos fundamentais que lhes permitirão compreender as relações associadas às propriedades dos fenómenos envolvidos no estudo da acústica, tais como, saber identificar a origem de um som como sendo a vibração de um corpo ou material elástico, e compreender o significado de frequência e amplitude de uma vibração.

Esta atividade constitui-se como uma introdução ao tema que os alunos vão estudar. Apesar de se assumir que alguns conceitos fazem parte do léxico dos alunos desta faixa etária, em particular na turma na qual a intervenção decorre, uma vez que todos são alunos de ensino articulado na modalidade de música desde, pelo menos, o 5.º ano de escolaridade, a atividade foi desenhada para proporcionar a aprendizagem dos conceitos por qualquer aluno que se encontre no 8.º ano.

A atividade enquadra-se numa metodologia ativa de aprendizagem, de natureza construtivista e socio-construtivista, em particular na aprendizagem baseada em problemas realizada em grupos de trabalho. A atividade foi concebida para os alunos trabalharem de forma autónoma, com intervenção mínima do professor. O papel do professor consiste em ajudar a resolver problemas técnicos decorrentes da atividade se realizar por videoconferência (via plataforma *online* Zoom) em salas simultâneas, em esclarecer dúvidas sobre o procedimento e em orientar a aprendizagem através do questionamento, levando os alunos a ponderarem as opções tomadas, a questionarem criticamente as respostas dadas, nomeadamente quanto à sua consistência e fundamentação científica, mas sem lhes fornecer as respostas que procuram de forma direta. Este modo de atuar do professor posiciona-se na linha das metodologias ativas de aprendizagem, cuja natureza é construtivista, e irá ser o padrão de atuação para todas as atividades de construção de conhecimento da sequência didática.

A atividade consiste num conjunto de recursos que se complementam mutuamente para proporcionarem aos alunos as aprendizagens estabelecidas no currículo da disciplina. Os recursos integram um questionário, sítios e vídeos disponíveis na Internet, e um simulador. As questões-problema que constituem o questionário estão formuladas de modo a orientar os alunos nas suas aprendizagens, segundo o paradigma construtivista, tentando alicerçar os novos conhecimentos nos pré-existentes ou recém-adquiridos, de forma a que a aprendizagem se situe numa zona de desenvolvimento proximal (Vygotsky, 1978, citado por Fino, 2001). Cada pergunta potencia a exploração de um conceito ou relação entre conceitos ou parte deles, e a resposta à pergunta constitui-se como base para a construção de conhecimentos subsequentes. A sequência de perguntas pretende conduzir os alunos a alcançarem os objetivos de aprendizagem definidos para uma aula ou conjunto de aulas. Os sítios e vídeos na Internet são fontes de informação multimédia que são sugeridos aos alunos. No entanto, estes têm liberdade para consultar outras fontes de informação, para além das sugeridas. As fontes sugeridas foram selecionadas com base

em critérios de simplicidade e clareza no modo como a informação é apresentada, mas mantendo o rigor científico requerido para este nível de escolaridade, par além de tentar conciliar elementos multimédia diversificados, para ir ao encontro das preferências e estilos de aprendizagem diferenciados dos alunos. A descrição do simulador será feita na próxima secção deste capítulo.

A atividade inicia-se com uma breve explicação sobre a dinâmica de trabalho a adotar, após a qual os alunos são divididos em grupos. O professor passa pelos vários grupos, para verificar se os alunos se encontram a trabalhar, esclarecer dúvidas, mas sempre numa perspetiva construtivista, promovendo o questionamento e o espírito crítico.

No que diz respeito às aprendizagens esperadas, o ponto de partida é um conhecimento que todos os alunos possuem, nomeadamente a perceção sensorial dos sons no quotidiano através do sentido da audição. A partir da descrição do que é um som, segundo a perceção auditiva, exploram-se os processos de produção de som por diferentes instrumentos musicais, categorizando-os, o que possibilita a generalização do processo de produção de som por qualquer corpo ou material, a saber a vibração mecânica dos mesmos. Seguidamente, é pedida uma explicação sobre o conceito de vibração, pelo que os alunos têm que debater as suas conceções e chegar a um consenso, o que está de acordo com os princípios do socioconstrutivismo (Vygotsky, 1978, citado por Fino, 2001). Nesta sequência, aprofunda-se o conhecimento sobre as características de uma vibração, a partir do conhecimento que os alunos já possuem sobre os instrumentos musicais. Assim, pretende-se que se estabeleça uma relação entre o modo de produzir diferentes sons num instrumento musical (força aplicada e controlo da dimensão do corpo ou material) e as características observáveis da vibração (amplitude e frequência). Para finalizar, os alunos têm que explorar o simulador indicado para esta atividade, controlando as variáveis frequência e amplitude de vibração de uma corda, para explicitarem o significado físico dessas variáveis. Pretende-se, assim, que os alunos estabeleçam a relação entre a frequência de uma vibração e a altura de um som, e entre a amplitude de uma vibração e a intensidade de um som.

4.3. ATIVIDADE 2 – CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO

A segunda atividade de aprendizagem pretende que os alunos contruam um modelo mental do mecanismo de propagação do som que seja conceptualmente aceitável, ou seja, que esteja cientificamente validado.

Quanto à metodologia seguida para o decorrer da atividade, foi seguido o mesmo procedimento já adotado na atividade 1, uma vez que se verificou que não havia necessidade de proceder a alterações. Toda a atividade está centrada na utilização de um simulador e na discussão de questões-problema nas quais os alunos têm que fazer previsões e testá-las com o simulador, para formularem respostas.

Relativamente ao desenho da atividade para potenciar as aprendizagens esperadas, esta é a atividade que apresenta maiores desafios, em virtude do conhecimento acerca das conceções alternativas identificadas na literatura e da experiência empírica do professor/investigador, no âmbito do assunto que os alunos vão estudar. Assim, as questões-problema são orientadas para o conhecimento prévio já adquirido pelos alunos, nomeadamente para as aprendizagens realizadas na atividade anterior, permitindo que a construção do novo conhecimento se realize de forma sustentada. As questões-problema proporcionam aprendizagens em pequenos passos, para que os alunos não tenham que dar saltos cognitivos que não consigam acompanhar. O que se pretende é que as zonas de desenvolvimento proximal sejam criadas progressivamente. As primeiras perguntas sugerem aos alunos para fazerem previsões sobre o que irá acontecer numa determinada situação e, posteriormente, verificam as suas hipóteses através do simulador. Inicia-se por ativar o conhecimento prévio de que um som é produzido pela vibração de um corpo. Segue-se a construção do conhecimento de que a propagação do som através de um meio material consiste na propagação da vibração efetuada pelo corpo que é a fonte sonora, isto é, que o meio material também vibra e que essa vibração tem as mesmas características de frequência e amplitude que a fonte sonora que a originou. Também é esperado que os alunos construam as conceções de que a vibração do meio material se traduz na criação de zonas de compressão e de rarefação (zonas de maior e menor densidade do meio material, respetivamente) que se propagam alternadamente a partir da fonte sonora. Esta última observação permite que os alunos adquiram a ideia de que o meio material não se desloca com a propagação do som (que pode ser uma conceção alternativa do aluno), mas que apenas tem um movimento de oscilação em torno de uma posição de equilíbrio. A última questão-problema proporciona a consolidação dos conhecimentos construídos, solicitando aos alunos que descrevam o processo de transmissão do som através de um meio material. Esta consolidação pressupõe que os alunos tenham construído um modelo mental cientificamente aceite, tendo desconstruído

as possíveis concepções alternativas pré-existentes através de conflitos cognitivos gerados pela representação gráfica apresentada pelo simulador.

4.4. ATIVIDADE 3 – CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO

Esta atividade está dividida em duas partes. A primeira tem como objetivo que os alunos descubram as relações qualitativas existentes entre a altura (frequência) e a intensidade de um som em função da distância do recetor à fonte sonora. A segunda parte consiste em utilizar o mesmo simulador para investigar a propagação do som na presença ou ausência de atmosfera (vácuo).

Ao nível do grau de complexidade conceptual, espera-se que esta atividade não ofereça dificuldades de realização e compreensão. Esta consideração decorre do facto de que as questões-problema colocadas podem ser respondidas com o conhecimento que qualquer pessoa possui da sua experiência quotidiana, no que diz respeito aos fenómenos sonoros. Ainda assim, para continuar a potenciar a metodologia de resolução de problemas pelos alunos, estes são solicitados a formular hipóteses para as questões-problema e, posteriormente, a testá-las com recurso ao simulador. Relativamente à segunda parte da atividade, naturalmente os alunos não possuem experiência empírica que lhes permita dar uma resposta às questões colocadas. No entanto, considera-se que é um conhecimento socialmente adquirido que o som não se propaga no vácuo (vazio físico). Por tal pressuposto não se basear em literatura, mas numa percepção do professor, os alunos seguem a mesma metodologia de previsão e testagem de hipóteses antes da formulação de respostas.

4.5. ATIVIDADE 4 – CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO

Esta última atividade de aprendizagem da sequência didática concebida pretende que os alunos descubram se existem relações qualitativas entre a altura (frequência) e a amplitude de um som e a sua velocidade de propagação, isto é, se a velocidade de propagação do som varia com aquelas variáveis. Tal como na atividade anterior, os alunos fazem previsões sobre a situação-problema que lhes é apresentada e, seguidamente, testam as suas hipóteses com o simulador. Os alunos, para verificarem as suas hipóteses, para além de utilizarem o simulador, tinham que elaborar um procedimento experimental que lhes permitisse efetuar as medições necessárias à elaboração de conclusões.

À semelhança da atividade anterior, as questões-problema colocadas aos alunos podem ser respondidas com base na experiência empírica (podendo existir concepções

alternativas) que estes já possuem, uma vez que se trata de situações vivenciadas no cotidiano. No entanto, e não obstante o atrás referido, perante a circunstância de ter que formular uma resposta para estas questões, a literatura aponta que é frequente verificarem-se concepções alternativas sobre este assunto, em particular de se pensar que tanto os sons mais fortes (maior intensidade), como os sons mais agudos (de maior frequência), têm uma maior velocidade de propagação. Tais concepções são cientificamente erradas, uma vez que se verifica experimentalmente que a velocidade do som não varia com a frequência, nem com a intensidade, mas depende das propriedades do meio material no qual se propaga.

4.6. ATIVIDADE 5 – AVALIAÇÃO DAS APRENDIZAGENS

Nesta última atividade da intervenção, procedeu-se à administração de um questionário por inquérito, para avaliar as aprendizagens realizadas ao longo da sequência didática de atividades de aprendizagem. Para além da avaliação das aprendizagens, também se aplicou um segundo questionário por inquérito, para recolher as opiniões dos alunos acerca da metodologia de aprendizagem implementada pelo professor/investigador, assim como acerca da utilização de simuladores computacionais na aprendizagem dos conteúdos curriculares relativos ao tema “Produção e Propagação do Som”. Estes questionários foram explicitados na secção Instrumentos de recolha de dados do capítulo Metodologia.

Os resultados destes questionários, assim como os da avaliação de diagnóstico, serão analisados no Capítulo IV.

5. SOBRE OS SIMULADORES COMPUTACIONAIS UTILIZADOS

Os simuladores computacionais há muito que são utilizados nos meios científicos e, por conseguinte, essa utilização passou para as salas de aula de ciências. Em Física e em Química, a diversidade de simuladores existentes é imensa e cobre todas as áreas temáticas que se abordam ao longo do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário. No entanto, esta diversidade não se verificou no domínio da Física do som, devido à complexidade dos modelos físico-matemáticos que descrevem estes fenómenos. Por esse motivo, os simuladores computacionais pesquisados para integrar a sequência de atividades didáticas de aprendizagem foi menor do que o esperado inicialmente.

Na seleção dos simuladores a utilizar, o docente teve de ter em conta os seguintes critérios:

- Língua: não sendo um critério impeditivo, é preferível utilizar um simulador que esteja disponível na língua materna dos alunos;
- Compatibilidade: os simuladores selecionados devem poder ser multiplataforma, de modo a permitir a sua utilização em diferentes sistemas operativos e dispositivos móveis;
- Usabilidade: a interface gráfica do utilizador (GUI) deve permitir que este se familiarize facilmente com os comandos, de modo a operar o simulador sem constrangimentos.

Os simuladores computacionais utilizados pertencem ao conjunto disponibilizado pelo projeto *Physics Educational Technology* (PhET). Foram utilizados os simuladores “Onda numa corda” (disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string>), “Ondas: Intro” (disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/waves-intro) e “Ondas Sonoras” (disponível em <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/sound>). Foram utilizadas as versões dos simuladores com a tradução em português, para que a língua não fosse um constrangimento para os alunos na compreensão dos controlos e na interpretação das representações visualizadas. Os simuladores “Onda numa corda” e “Ondas: Intro” podem ser executados diretamente a partir de um navegador de Internet, existindo também uma aplicação para dispositivos móveis com sistema Android. O simulador “Ondas Sonoras” não tem uma versão online, uma vez que apenas está disponível uma versão com programação em linguagem Java. Para ser executado num computador, este tem que ter instalado um programa, o qual é disponibilizado gratuitamente pela empresa responsável pelo seu desenvolvimento. Por esse motivo, nem todos os alunos tiveram possibilidade de interagir diretamente com o simulador. No entanto, foi garantido que pelo menos um elemento de cada grupo tivesse acesso ao simulador, podendo partilhar a visualização através da plataforma de comunicação online utilizada.

Tendo em conta os critérios atrás mencionados, selecionaram-se três simuladores.

O primeiro **simulador**, “**Onda numa corda**”, permite que os alunos visualizem o efeito da variação da frequência e da amplitude de uma oscilação sobre uma corda. A possibilidade de manipular estas variáveis de entrada permite que os alunos construam os conceitos de frequência e de amplitude de uma oscilação, que são características

fundamentais de um som, enquanto vibração mecânica (atividade 1). Na figura 3, apresenta-se a interface do simulador, mostrando-se as configurações que permitem que os alunos realizem as aprendizagens previstas para a atividade 1, descrita na secção 4.2.

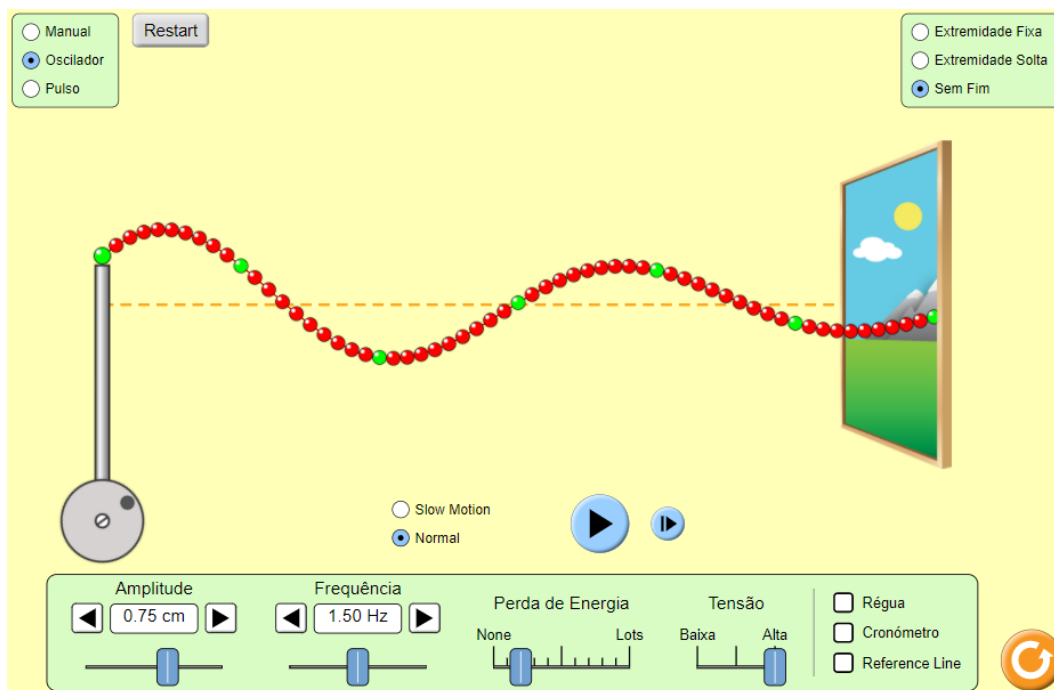


Figura 3 – Interface do simulador “Onda numa corda” (PhET, 2021)

Apesar de este simulador mostrar uma representação de uma onda numa corda, este conceito não é explorado. Pretende-se apenas que os alunos relacionem as variáveis frequência e amplitude com as representações visuais geradas e, assim, desenvolvam a noção destes conceitos. Assim, apesar de existirem diversos controlos disponíveis, os alunos apenas têm que interagir com dois deles, sendo a interação e os respetivos resultados bastante simples de interpretar.

O segundo **simulador “Ondas: Intro”** permite que os alunos desenvolvam a conceção de propagação de uma vibração mecânica, a qual é essencial para a construção de um modelo mental de propagação do som cientificamente validado. A figura 4 apresenta a interface do simulador com as configurações iniciais sugeridas aos alunos.

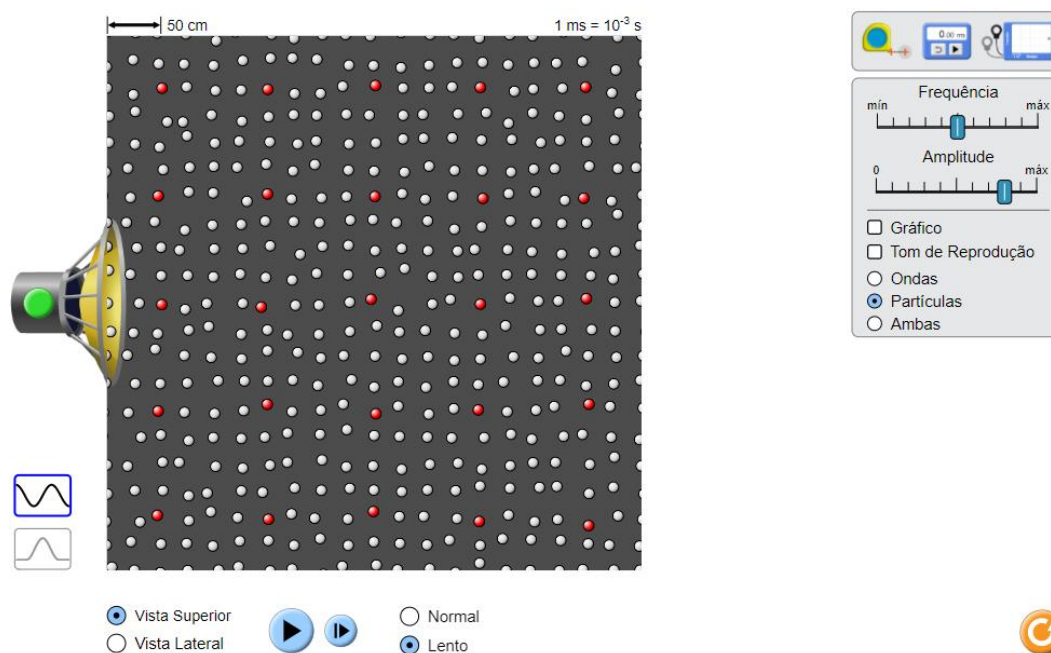


Figura 4 – Interface do simulador “Ondas:Intro” (PhET, 2021)

Este simulador mostra uma representação de um meio material em microescala que necessita de ser explorada com os alunos antes da sua utilização autónoma. Caso contrário, os alunos poderão fazer interpretações erradas da representação. Os controlos disponíveis para interação são de fácil compreensão, uma vez que se limitam à frequência e à amplitude do som produzido pela fonte sonora (altifalante). A manipulação destas variáveis e a observação dos efeitos sobre a representação do meio material proporciona o desenvolvimento da conceção do processo de propagação de uma vibração através de um meio material. Este processo de propagação envolve também as conceções de zonas de compressão e de rarefação do meio que se vão alternando ao longo do tempo com a mesma frequência da fonte sonora.

O terceiro **simulador “Ondas Sonoras”** integra cinco módulos que oferecem diferentes opções de manipulação de variáveis e, portanto, proporciona aprendizagens diferenciadas. Para o presente estudo, apenas se utilizam os módulos “Ouça de uma única fonte”, “Medida” e “Ouça variando a pressão do ar”, dos quais se apresentam as interfaces gráficas nas figuras 5, 6 e 7, respetivamente.

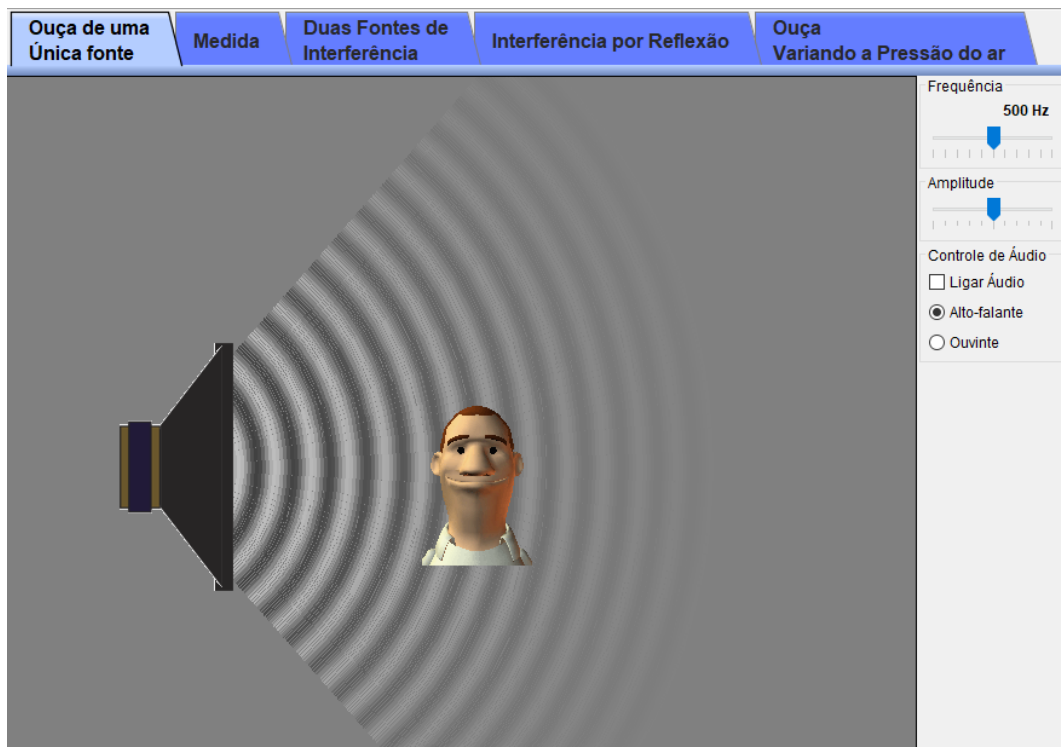


Figura 5 – Interface do módulo “Ouça de uma única fonte”, simulador “Ondas Sonoras” (PhET, 2021)

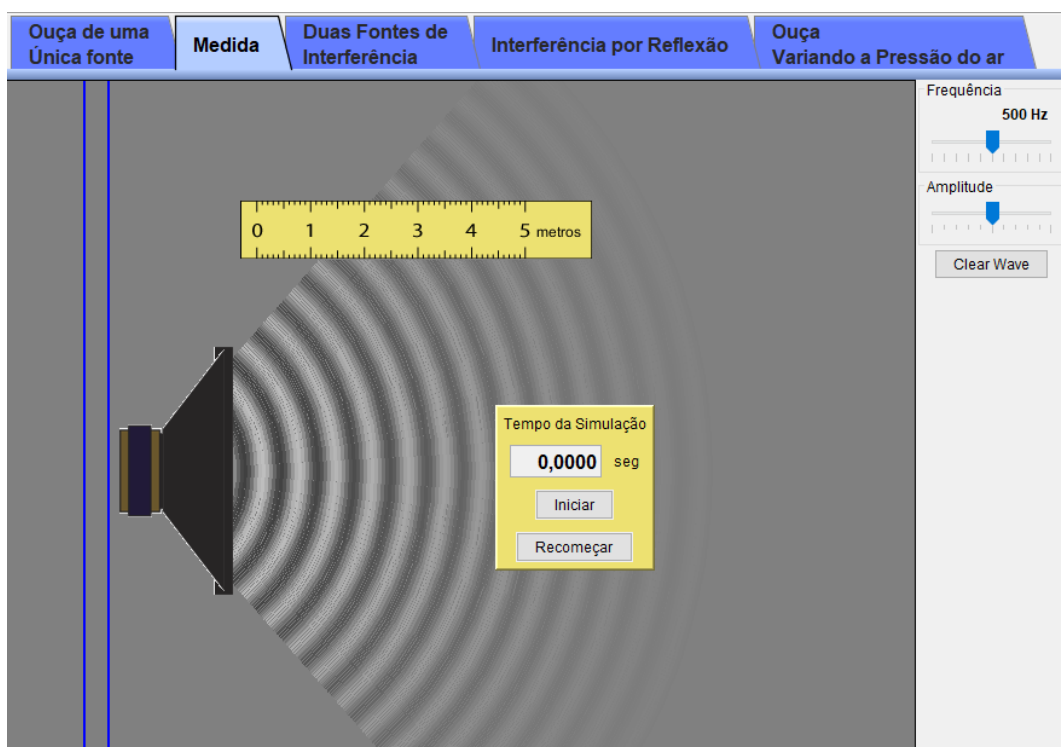


Figura 6 – Interface do módulo “Medida” do simulador “Ondas Sonoras” (PhET, 2021)

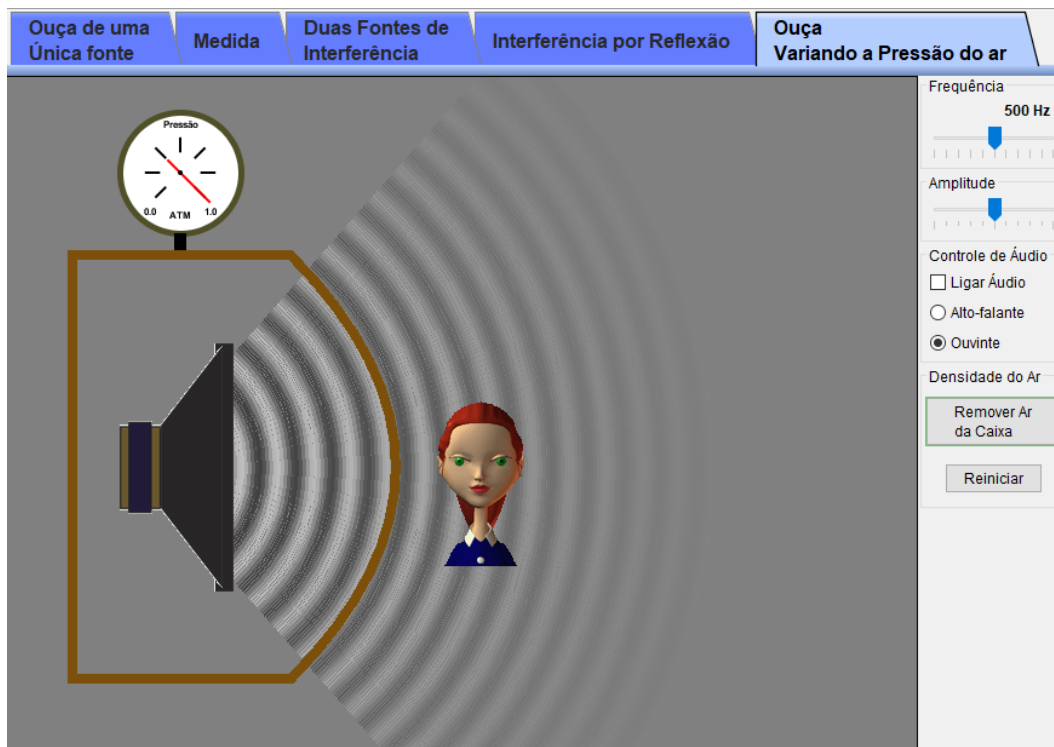


Figura 7 – Interface do módulo “Ouça variando a pressão do ar”, simulador “Ondas Sonoras” (PhET, 2021)

Os módulos “Ouça de uma única fonte” e “Ouça variando a pressão do ar” são intuitivos e os alunos apenas têm que efetuar observações qualitativas do efeito da manipulação das variáveis sobre a sensação auditiva do som recebido pelo recetor. Pretende-se que os alunos estabeleçam relações qualitativas entre as variáveis frequência e amplitude com a distância do recetor à fonte sonora, com base na perceção auditiva. O módulo “Medida” é utilizado para efetuar medidas indiretas que permitem calcular a velocidade do som. Pretende-se que os alunos verifiquem experimentalmente se a velocidade de propagação do som varia com a frequência e a amplitude.

Os três simuladores apresentados são interativos, na medida em que os alunos podem manipular variáveis de entrada e verificar os seus efeitos. As variáveis de saída geradas consistem em efeitos sonoros e em representações visuais que correspondem aos fenómenos sonoros que estão a ocorrer. Estas representações visuais não podem ser vistas na realidade, devido à natureza física dos fenómenos. Os simuladores podem classificar-se como simulações conceptuais, segundo de Jong & Joolingen (1998) e Ribeiro & Greca (2003), porque proporcionam a aprendizagem de conceitos, ao invés de procedimentos.

CAPÍTULO IV– APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados e analisados os dados recolhidos, em consonância com os objetivos de investigação definidos na “Introdução”. Os dados são apresentados em duas partes. A primeira parte diz respeito às aprendizagens realizadas pelos alunos desde a situação de pré-intervenção (diagnóstico) até à situação de pós-intervenção (após a implementação da sequência didática) (objetivos de investigação “Diagnosticar o conhecimento que os alunos possuem acerca da natureza e propriedades do som“ e “Avaliar a evolução conceptual, no âmbito do tema “Produção e propagação do som” numa turma do 8.º ano, após a intervenção didática”). A análise incide sobre as conceções dos alunos acerca dos diversos assuntos curriculares abordados ao longo da sequência didática, sendo efetuada por cada pergunta dos questionários pré e pós- intervenção. A segunda parte diz respeito à perceção dos alunos sobre a metodologia pedagógica implementada pelo professor e sobre a utilização de simuladores para a aprendizagem do tema “Produção e propagação do som” (quarto objetivo de investigação “Conhecer as perceções dos alunos acerca da metodologia utilizada (atividades de aprendizagem baseadas em problemas com utilização de simuladores)”).

A implementação do projeto de intervenção decorreu durante o período de ensino remoto de emergência, em ambiente online e remotamente, em virtude de a sociedade civil se encontrar em estado de confinamento geral, em função dos constrangimentos impostos pela pandemia de Covid-19. Este facto introduziu várias limitações ao nível da realização das atividades de aprendizagem, tendo condicionado as opções metodológicas em todas as fases da intervenção, desde as estratégias pedagógicas, à conceção e implementação das atividades, aos recursos utilizados e aos instrumentos de recolha de dados. Apesar dos instrumentos de recolha de dados estarem previstos desde o início da planificação desta investigação, por se considerarem necessários e adequados para responder aos objetivos do estudo, o investigador tinha, também, previsto outros instrumentos, nomeadamente, a gravação áudio e a gravação do ecrã dos alunos. No entanto, não foi possível aplicar estes instrumentos devido aos constrangimentos já referidos.

Os dados obtidos e tratados assumiram a forma de tabelas e gráficos, tendo a sua apresentação sido escolhida de modo a facilitar a interpretação e retirar conclusões.

PARTE I – APRENDIZAGENS REALIZADAS DURANTE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O tratamento e a análise dos questionários serão efetuados por pergunta, uma vez que cada uma pretendia identificar as concepções dos alunos acerca de determinado assunto curricular, no âmbito da Física do som. Os questionários encontram-se nos anexos 1 e 2. Na primeira pergunta são apresentadas as categorias de respostas definidas, em função das respostas dos alunos, assim como três gráficos elaborados para proceder à respetiva análise. Nas restantes perguntas, apenas é apresentado o gráfico de evolução individual dos alunos, estando os restantes no anexo 4.

1. CONCEÇÕES ACERCA DA NATUREZA DO SOM.

Esta pergunta pretendia identificar as concepções dos alunos acerca do comportamento de uma bolinha de alumínio suspensa de um fio que se encontra em frente a um altifalante que está a produzir um som (ver Figura 8).

1. Considera a imagem seguinte, que mostra uma bolinha feita com folha de alumínio que está em frente a um altifalante. (Figura: fonte própria)



- 1.1. O que prevês que acontece à bolinha de alumínio quando se liga o altifalante?

Figura 8 - Enunciado da pergunta sobre as concepções acerca da natureza do som

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído as quatro categorias, três de concepções alternativas (CA) e uma da concepção verdadeira (CV), apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Categorias definidas em função das respostas dos alunos à pergunta sobre as concepções acerca da natureza do som

Categorias	Exemplos de respostas dos alunos
movimento oscilatório (CV)	“Vai começar de abanar por causa da vibração” “ela balance ou vibre” “Eu prevejo que a bola se irá vibrar ligeiramente.”
movimento linear (sentido único) (CA)	“vai se afastar do altifalante” “A bolinha de alumínio irá afastar-se da coluna.” “A bolinha de alumínio irá afastar-se quando o altifalante for ligado, uma vez que esta vai emitir ondas sonoras que vão afastar a bolinha.”
movimento indeterminado (CA)	“A bolinha vai se mexer.” “vai se mexer pouquinho” “A bolinha mexe-se ligeiramente”
ausência de movimento (CA)	“Penso que o som não ira afectar a bolinha de alumínio” “Nada”

Com base nas respostas dadas, e feita a categorização indicada acima, apresentam-se, de seguida, no gráfico 1, as frequências relativas das concepções identificadas nas respostas dos 23 alunos da turma nos questionários da pré-intervenção e da pós-intervenção.

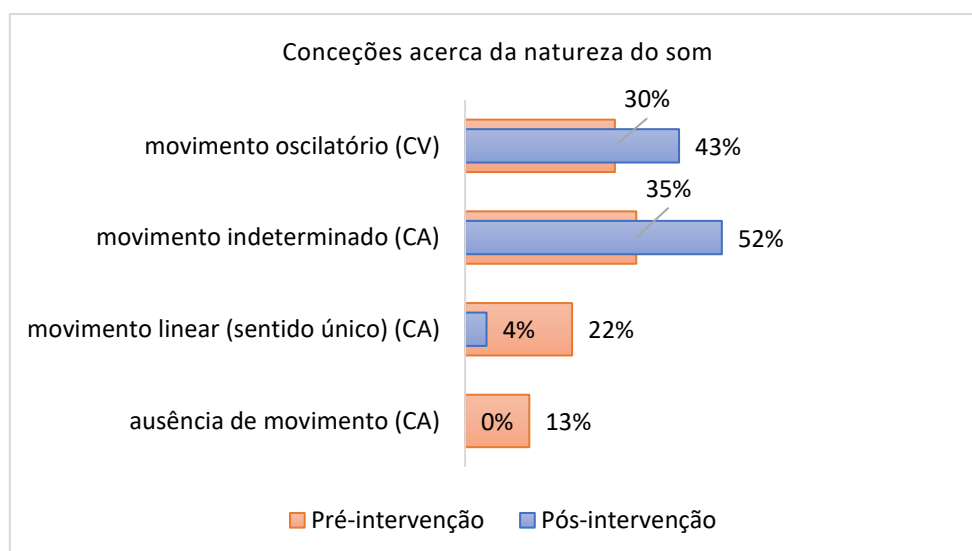


Gráfico 1 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados globais da turma da pré e pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza do som.

De seguida, obtidos os resultados da evolução global da turma, considerou-se pertinente analisar a evolução conceptual de cada aluno. Esta análise mais pormenorizada proporciona uma descrição mais realista das aprendizagens realizadas, na medida em que permite verificar a evolução ou regressão de cada aluno. O gráfico 2 apresenta a evolução conceptual individual para as quatro categorias indicadas.

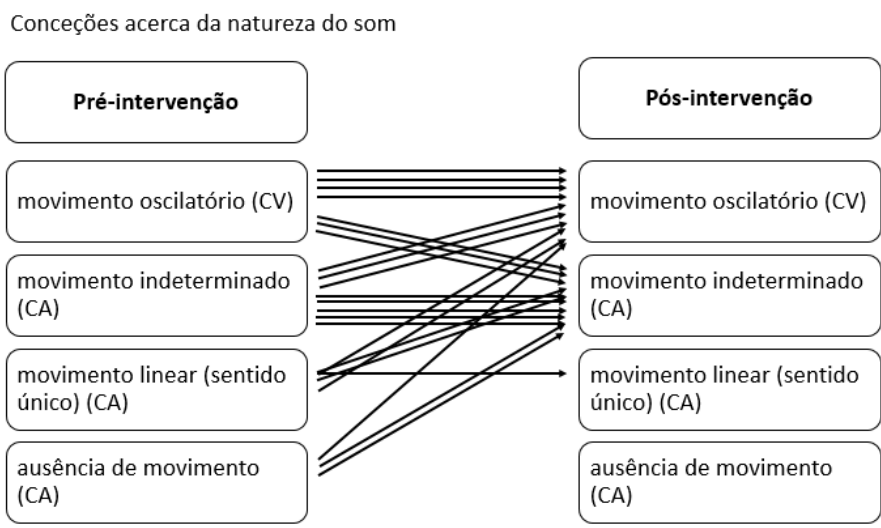


Gráfico 2 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza do som.

A informação apresentada no gráfico 2 pode agora ser representada noutra gráfico (gráfico 3), onde se sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma).

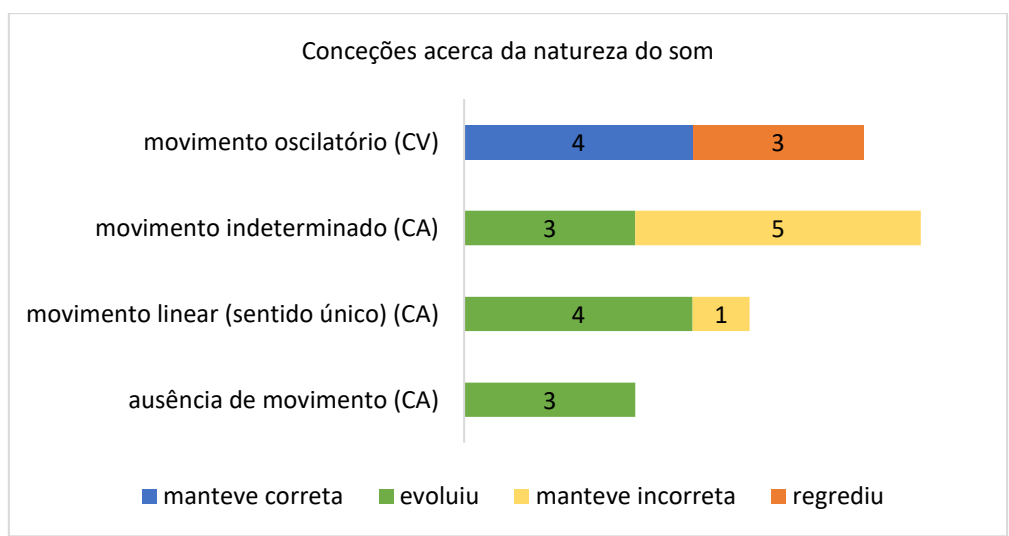


Gráfico 3 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza do som.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica, verifica-se a existência de diferentes concepções alternativas em 70% dos alunos da turma. Esse número desce ligeiramente para 57% na avaliação efetuada após a intervenção. A concepção cientificamente aceite de que o tipo de movimento é oscilatório ou vibratório apenas é identificada em 30% das respostas antes

da intervenção e em 43% depois da intervenção. A concepção alternativa dominante, em ambas as situações, é que a bolinha de alumínio se irá mover devido à existência de som na sua proximidade, mas sem identificar o tipo de movimento. Esta categoria de respostas é semelhante à categoria “movimento linear”, segundo a qual o som é visto como uma “espécie de vento” ou de “corrente de ar”. Esta concepção é designada por “modelo de transporte” e está associada a um modelo mental que concebe o som como uma substância que se espalha a partir da fonte sonora, arrastando consigo outros corpos.

Nesta pergunta, verifica-se uma evolução na compreensão conceptual acerca da natureza do som em 43% dos alunos, sendo que 17% manteve a concepção verdadeira. Salienta-se que a sequência didática contribuiu para a construção de conhecimentos, nomeadamente quanto à desconstrução de concepções que consideravam que o som não teria qualquer efeito sobre o meio material (categoria “ausência de movimento”) ou que o som fazia com que o material voltasse para trás (categoria “movimento linear”). Apesar do conhecimento construído não ser cientificamente aceite (categorias “movimento indeterminado” e “movimento linear”), a concepção de que o som tem um efeito mecânico sobre o meio material no qual se propaga é verdadeira. As concepções alternativas identificadas, quer na avaliação diagnóstica, quer após a proposta didática, estão de acordo com as identificadas pela literatura consultada (Leite & Afonso, 1999).

2. CONCEÇÕES ACERCA DA INFLUÊNCIA DA ALTURA DO SOM NA VIBRAÇÃO DAS PARTÍCULAS DO MEIO MATERIAL.

Esta pergunta pretendia identificar as concepções dos alunos acerca do comportamento de uma bolinha de alumínio suspensa de um fio que se encontra em frente a um altifalante que está a produzir um som mais agudo, ou seja, com maior frequência de vibração do que um som inicial (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído quatro categorias e agregado os dados nos gráficos 24 e 25 (ver anexo 4) e no gráfico 4. O gráfico 4 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

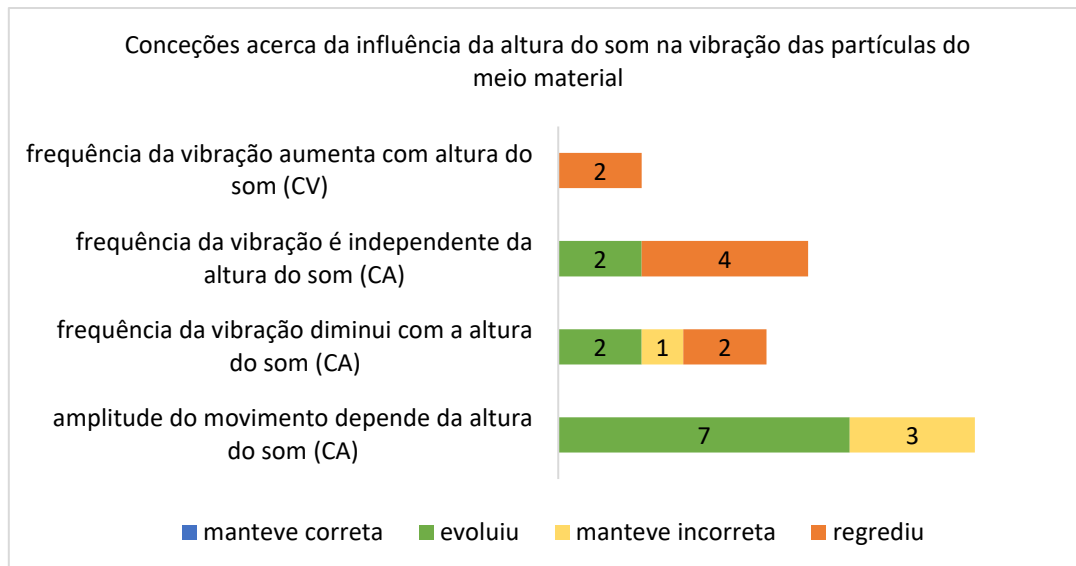


Gráfico 4 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da influência da altura do som na vibração das partículas do meio material.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica, verifica-se a existência de diferentes concepções alternativas em cerca de 91% dos alunos da turma. Esse número desce para 70% na avaliação efetuada após a intervenção. A concepção cientificamente aceita de que as partículas do meio material vibram com a mesma frequência do som (“Vai vibrar na mesma intensidade mas com frequência maior.”) que se está a propagar apenas é identificada em 9% das respostas antes da intervenção e em 30% depois da intervenção. A concepção alternativa dominante varia da situação inicial de diagnóstico para a pós-intervenção. Inicialmente, 43% das respostas revelavam a concepção de que um som mais agudo corresponde a uma vibração mais intensa das partículas do meio material, ou seja, com maior amplitude (“vai tremer com mais força”). Esta concepção está associada à ideia de que um aumento de energia deve corresponder a um aumento de “força” (primitiva fenomenológica de diSessa, 1993). A segunda concepção alternativa mais identificada no diagnóstico foi a de que um som mais agudo iria influenciar o movimento das partículas do meio, mas no sentido de diminuir a frequência com que oscilam (“A bola vai se mexer mais lentamente.”). Na avaliação realizada após a implementação da sequência didática, verifica-se uma diminuição da ocorrência destas duas concepções alternativas, mas tal não correspondeu, na totalidade, a uma mudança conceptual para um modelo cientificamente aceite. Efetivamente, houve um aumento significativo da concepção alternativa de que um som mais agudo não influencia a vibração do meio.

Nesta pergunta, verifica-se uma evolução na compreensão conceptual acerca da natureza do som em 48% dos alunos. A constatação de que as concepções alternativas dos alunos são alteradas durante a sequência didática sugere que esta contribuiu para a desconstrução e reconstrução de novo conhecimento. No entanto, a prevalência de concepções alternativas no pós-intervenção indica que a sequência didática não teve o efeito esperado de promover a construção de modelos mentais cientificamente aceites, mas, pelo contrário, de contribuir para a construção de novas concepções alternativas.

3. CONCEÇÕES ACERCA DA INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DO SOM NA VIBRAÇÃO DAS PARTÍCULAS DO MEIO MATERIAL.

Esta pergunta pretendia identificar as concepções dos alunos acerca do comportamento de uma bolinha de alumínio suspensa de um fio que se encontra em frente a um altifalante que está a produzir um som mais forte (intenso), ou seja, com maior amplitude de vibração do que um som inicial (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído cinco categorias e agregado os dados nos gráficos 26 e 27 (ver anexo 4) e no gráfico 5. O gráfico 5 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

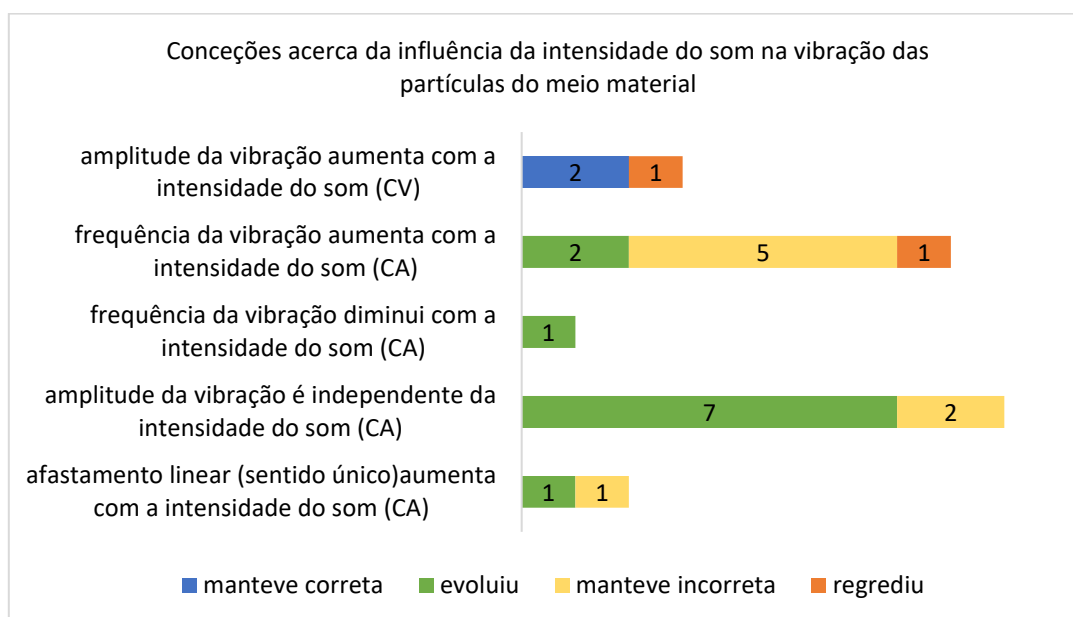


Gráfico 5 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da influência da intensidade do som na vibração das partículas do meio material.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica, verifica-se a existência de diferentes concepções alternativas em cerca de 87% dos alunos da turma. Esse número desce para 70% na avaliação efetuada após a intervenção. A concepção cientificamente aceita de que um som mais forte corresponde a uma maior amplitude de vibração das partículas do meio material apenas é identificada em 13% das respostas antes da intervenção e em 30% depois da intervenção. De um modo geral, os alunos associam um som mais intenso a um som mais alto e, no sentido oposto, associam um som mais fraco a um som mais baixo. A mistura de conceitos associados à altura de um som (frequência de vibração) e à sua intensidade (amplitude de vibração) tem a sua origem na linguagem quotidiana (Caldeira *et al.*, 1991). De facto, as expressões “fala mais alto porque não te oiço” ou “põe a música mais baixo” referem-se à intensidade do som e não à sua altura. Esta confusão de conceitos era esperada na avaliação diagnóstica, mas previa-se uma clarificação de conceitos no decorrer da sequência didática, o que não se verificou de modo significativo. Ainda assim, verifica-se uma diminuição da ocorrência de concepções alternativas cujo poder explicativo da situação física em estudo é menor (categorias “frequência da vibração diminui com a intensidade do som”, “amplitude da vibração é independente da intensidade do som” e “afastamento linear aumenta com a intensidade do som”).

A análise dos dados permite concluir que a sequência didática contribuiu para a evolução conceptual de 48% dos alunos, tendo 9% mantido a concepção verdadeira. No entanto, a evolução conceptual não é necessariamente no sentido de construir concepções cientificamente válidas, uma vez que houve um aumento da ocorrência destas concepções, mas também das concepções alternativas (categoria “frequência da vibração aumenta com a intensidade do som”). Apesar da concepção identificada nesta categoria não ser cientificamente válida, a sua persistência mesmo após a implementação da sequência didática pode ser associada ao facto de a linguagem do quotidiano exercer uma forte influência nesse sentido (Sequeira & Leite, 1991; Periago, Pejuan, Jaén & Bohigas, 2009). Assim, os resultados sugerem que as atividades de aprendizagem não foram suficientes para desconstruir esta concepção prévia. Por outro lado, a sequência didática parece ter contribuído para a diminuição de concepções alternativas com menor poder explicativo, ou seja, concepções que falham quando são confrontadas com a necessidade de explicar um determinado fenómeno.

4. CONCEÇÕES ACERCA DA ORIGEM DOS SONS.

Esta pergunta pretendia verificar se os alunos sabiam qual o fenómeno que origina os sons (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes conceções, tendo-se constituído cinco categorias e agregado os dados nos gráficos 28 e 29 (ver anexo 4) e no gráfico 6. O gráfico 6 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

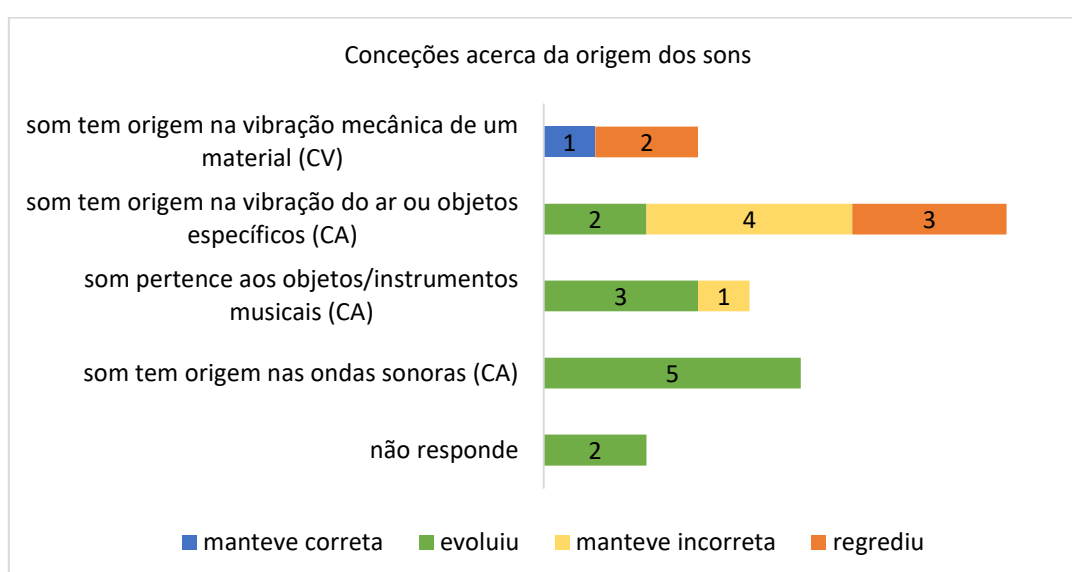


Gráfico 6 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as conceções acerca da origem dos sons.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 87% de conceções alternativas, valor que desce para os 70% na situação pós-intervenção. Por outro lado, verifica-se um aumento da ocorrência de conceções alternativas na categoria “som tem origem na vibração do ar ou objetos específicos”. A análise individual mostra que 52% dos alunos teve uma evolução na compreensão conceptual. A diminuição de ocorrências das conceções alternativas nas categorias “som pertence aos objetos/instrumentos musicais” e “som tem origem nas ondas sonoras” eram esperadas, uma vez que estas conceções são poucos explícitas no que diz respeito a produzir uma resposta completa à pergunta. De facto, as respostas enquadradas na categoria “som tem origem nas ondas sonoras” provêm de um conhecimento muito supérfluo sobre a natureza do som e decorre de os alunos

terem ouvido a expressão “ondas sonoras” nalguma circunstância do seu quotidiano ou em contexto escolar. As respostas atribuídas à categoria “som pertence aos objetos/instrumentos musicais” decorrem de uma falta de conhecimento geral sobre esta temática, uma vez que são respostas expectáveis em ciclos de ensino anteriores ao que os alunos participantes se encontram.

A conceção evidenciada na categoria “som tem origem na vibração do ar ou objetos específicos” é comum e consiste na crença empírica de que o som apenas se propaga no ar e, portanto, a sua origem associa-se à vibração do ar. Tal conceção é errada, uma vez que o som se propaga em meios materiais gasosos, líquidos e sólidos. A mesma categoria também encerra outra conceção alternativa, na medida que é limitativa, ao nível do poder explicativo, quanto ao fenómeno geral que permite a produção de sons. Qualquer som tem a sua origem na vibração de um corpo ou material e não apenas em instrumentos musicais ou em objetos específicos.

A atribuição de algumas respostas às categorias “som tem origem na vibração mecânica de um material” e “som tem origem na vibração do ar ou objetos específicos” envolveu algum grau de interpretação por parte do investigador. Tal significa que uma interpretação ligeiramente diferente poderia produzir uma categorização diferente, o que alteraria a presente análise. A análise dos resultados sugere que possa ter havido uma dificuldade na interpretação da pergunta, que pode ter origem na redação da mesma. As dúvidas de interpretação do investigador poderiam ser colmatadas mediante a realização de entrevistas aos alunos, sendo a análise feita por triangulação dos dados.

De um modo geral, há uma conceção que sobressai e que é fruto de um aumento, da avaliação diagnóstica para a situação pós-intervenção, e que é característica das categorias “som tem origem na vibração mecânica de um material” e “som tem origem na vibração do ar ou objetos específicos”, nomeadamente o facto de a origem dos sons se dever a uma vibração. Apesar das conceções evidenciadas na categoria “som tem origem na vibração do ar ou objetos específicos” não serem cientificamente válidas, a associação da origem dos sons a uma vibração é verdadeira, pelo que se pode concluir que a sequência didática teve um contributo positivo na construção dos modelos mentais dos alunos.

5. CONCEÇÕES ACERCA DA VELOCIDADE DO SOM

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à velocidade de propagação do som (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise das respostas dos alunos à pergunta fechada de escolha múltipla, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído duas categorias e agregado os dados nos gráficos 30 e 31 (ver anexo 4) e no gráfico 7. O gráfico 7 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

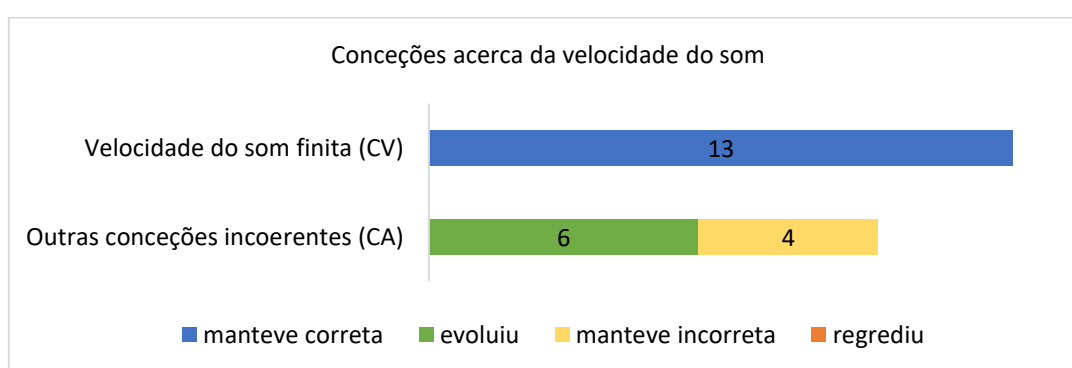


Gráfico 7 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da velocidade do som.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 43% de concepções alternativas, valor que desce para os 17% na situação pós-intervenção. Os dados mostram uma evolução conceptual de 26% dos alunos, tendo 57% mantido a concepção correta. A maioria dos alunos respondeu corretamente à pergunta, quer na avaliação diagnóstica, quer na situação pós-intervenção. Esta pergunta pretendia avaliar as ideias dos alunos relativamente à velocidade de propagação do som, nomeadamente, quanto ao facto de essa propagação ocorrer instantaneamente, o que corresponderia a um valor de velocidade infinito, ou se a propagação vai ocorrendo gradualmente, demorando um certo intervalo de tempo a percorrer uma determinada distância, como acontece na realidade. Verifica-se, então, que a maioria dos alunos concebe a propagação do som como tendo um valor finito de velocidade.

Apesar de ainda se registar uma percentagem significativa de alunos que possuem concepções alternativas acerca da velocidade de propagação do som, mesmo após a implementação da sequência didática, os resultados sugerem que as atividades de

aprendizagem tiveram um efeito positivo na construção do conhecimento cientificamente aceite.

6. CONCEÇÕES ACERCA DA NATUREZA DAS ONDAS SONORAS

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à natureza das ondas sonoras (ver anexo 1), tendo que mobilizar diversos conceitos e estruturar um modelo mental coerente e com poder explicativo que permita responder aos fenómenos acústicos.

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído quatro categorias e agregado os dados nos gráficos 32 e 33 (ver anexo 4) e no gráfico 8. O gráfico 8 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

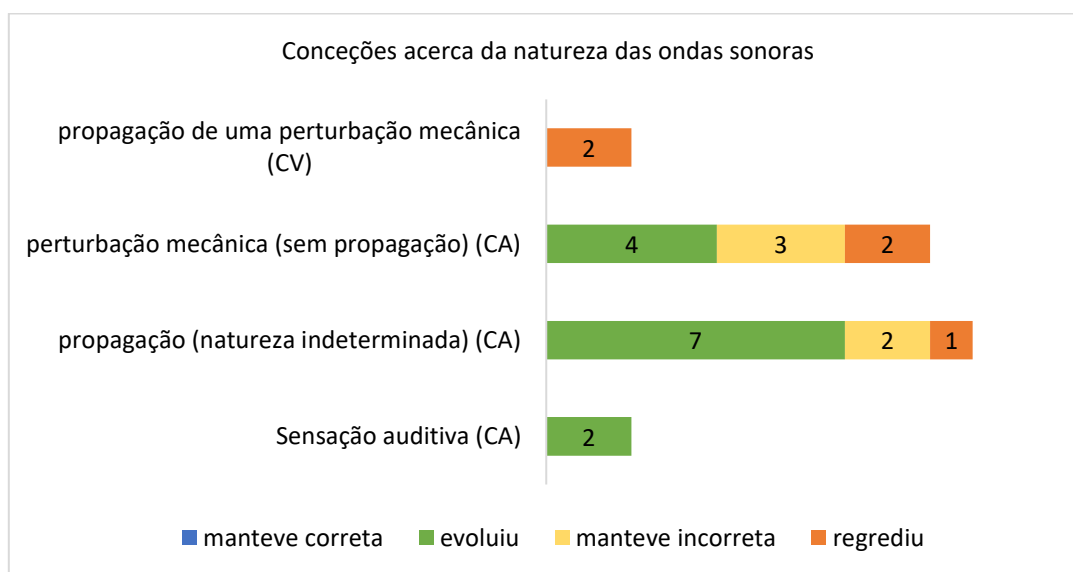


Gráfico 8 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza das ondas sonoras.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 91% de concepções alternativas, valor que desce para os 65% na avaliação das aprendizagens realizadas pós-intervenção. A análise individual mostra que 57% dos alunos teve uma evolução na compreensão conceptual. Verifica-se que as concepções alternativas que os alunos já possuíam na categoria “perturbação mecânica (sem propagação)” se mantêm na situação pós-intervenção. Houve uma diminuição significativa no número de concepções alternativas

que consideravam as ondas sonoras como algo que se propaga (de natureza indeterminada), a qual era uma descrição meramente empírica, sem apresentar uma explicação com argumentos de natureza científica. Também se verifica a persistência de concepções cuja explicação para as ondas sonoras reside simplesmente na sensação auditiva, sem apresentar uma descrição do fenómeno físico. Por outro lado, constata-se um aumento no número de concepções cientificamente aceites para uma descrição das ondas sonoras, para além da evolução conceptual já referida, pelo que se considera que a sequência didáctica contribuiu para a construção de conhecimento.

No quadro da literatura consultada (Leite & Afonso, 1999; Saura Llamas & Pro Bueno, 1999) e da experiência empírica do professor, considera-se que esta pergunta cria, geralmente, muitas dificuldades aos alunos, por envolver a mobilização de vários conceitos, que *per se* podem estar incorretamente ancorados na estrutura cognitiva dos alunos, e relacioná-los numa cadeia de raciocínio que constitui um modelo mental do que são as ondas sonoras. O modelo cientificamente aceite envolve o estabelecimento de relações entre conceitos, relações essas que entram frequentemente em conflito com as concepções alternativas construídas na base da experiência quotidiana.

7. CONCEÇÕES ACERCA DA PROPAGAÇÃO DO SOM EM DIFERENTES MEIOS MATERIAIS

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à propagação do som num meio material que não lhes é familiar, como o dióxido de carbono (anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído quatro categorias e agregado os dados nos gráficos 34 e 35 (ver anexo 4) e no gráfico 9. O gráfico 9 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

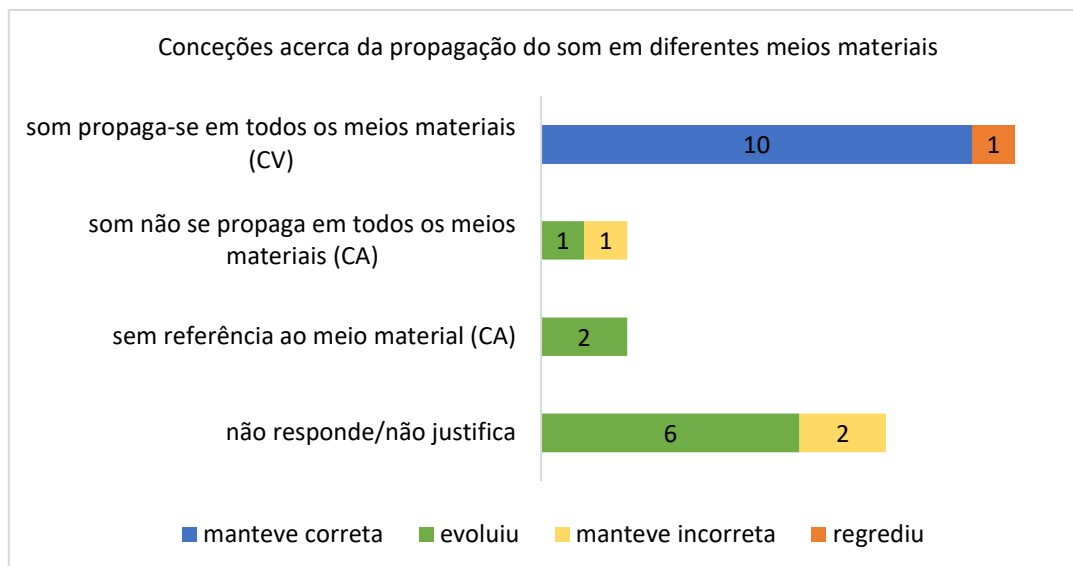


Gráfico 9 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 52% de concepções alternativas, valor que desce para 22% após as atividades de aprendizagem. Verifica-se uma diminuição das concepções alternativas em todas as categorias, registrando-se uma evolução conceptual em 39% dos alunos. Na avaliação de diagnóstico, 43% dos alunos já considerava que o som se poderia propagar no dióxido de carbono (um meio material que não lhes é familiar). Ainda assim, os resultados parecem sugerir que as atividades de aprendizagem contribuíram positivamente para uma correta construção de conhecimento. De um modo geral, os alunos sabem reproduzir a informação de que o som se propaga em todos os meios materiais. No entanto, numa situação em que têm que aplicar este conhecimento, não o fazem de modo lógico, chegando a afirmar que o som não se deve propagar no dióxido de carbono ou, em alternativa, sustentam que o som apenas se propaga no ar (entendendo “ar” como a mistura gasosa que o ser humano respira) (Leite & Afonso, 1999).

8. CONCEÇÕES ACERCA DA PROPAGAÇÃO DO SOM NO VÁCUO

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à propagação do som no vácuo (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído três categorias e agregado os dados nos gráficos 36 e 37 (ver anexo 4) e no gráfico 10. O gráfico 10 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

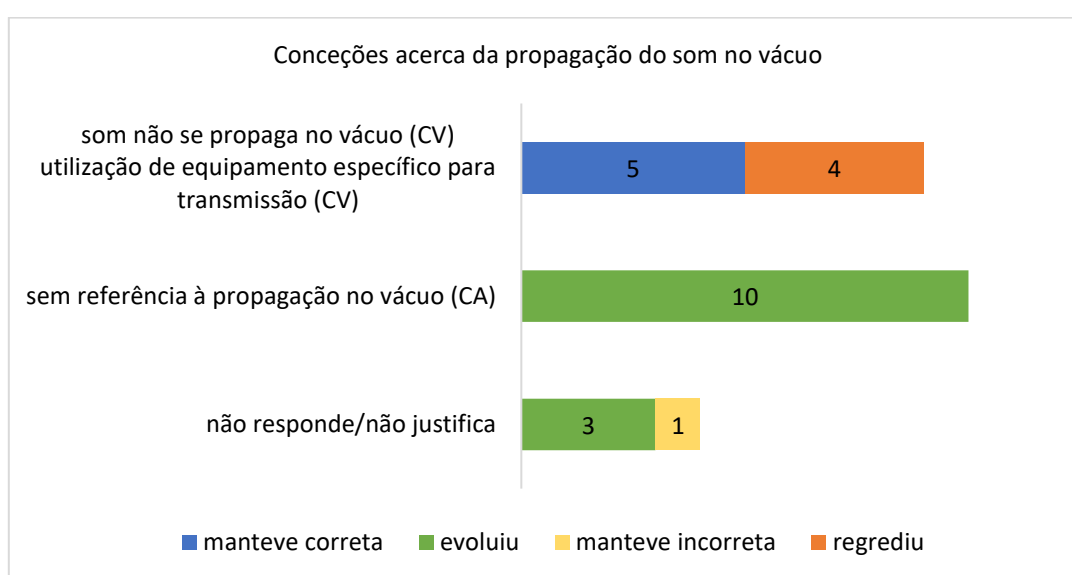


Gráfico 10 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 61% de concepções alternativas, valor que desce para 26% na situação pós-intervenção. A análise individual mostra que 57% dos alunos teve uma evolução na compreensão conceptual. A percentagem de concepções alternativas reduz-se em todas as categorias, sugerindo que as atividades de aprendizagem contribuíram positivamente para a construção de conhecimento. Na análise de conteúdo realizada, verificou-se que na situação pós-intervenção surgiram respostas de uma categoria que não aparecia na avaliação diagnóstica, mas que, por motivos de ordem científica e pedagógica, foi considerada como válida. As respostas enquadradas nesta categoria têm uma relação direta com uma das atividades realizadas, na medida em que se utilizava um simulador para verificar se o som se poderia propagar no vácuo, o que

coincide com a justificação dada por 30% dos alunos de que sons produzidos em Marte não se poderiam ouvir na Terra, uma vez que o som não se propaga no vácuo. As respostas da categoria “utilização de equipamento específico para transmissão”, são afirmativas, mas apresentam uma justificação válida, nomeadamente de que os sons captados em Marte podem ser transmitidos para a Terra por meio de equipamento de telecomunicações. Esta conceção pressupõe que os alunos entenderam que o som não se propaga no vácuo, mas solucionaram este constrangimento com meios que sabem existir.

Apesar de a generalidade dos alunos afirmar, quando questionados diretamente, que o som não se propaga no vácuo, os resultados sugerem que alguns alunos não têm este conhecimento adequadamente ancorado no modelo mental que possuem sobre este assunto. Esta constatação decorre da análise das respostas, nomeadamente das que consideram que os sons produzidos em Marte se podem ouvir na Terra, mas com uma intensidade muito mais fraca, ou aquelas que negam esta possibilidade, mas com o argumento da distância entre os dois planetas.

9. CONCEÇÕES ACERCA DA PROPAGAÇÃO DO SOM NO VÁCUO

Esta pergunta pretendia verificar as conceções dos alunos relativamente à propagação do som no vácuo (ver anexo 1), sendo complementar da pergunta anterior.

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes conceções, tendo-se constituído três categorias e agregado os dados nos gráficos 38 e 39 (ver anexo 4) e no gráfico 11. O gráfico 11 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

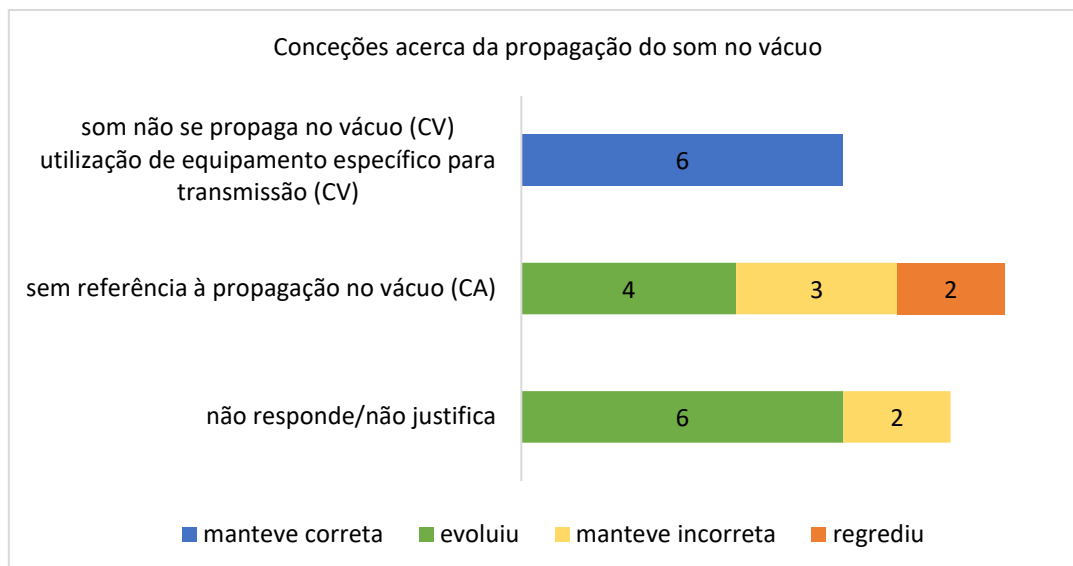


Gráfico 11 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 74% de concepções alternativas, valor que desce para 30% após a intervenção didática. Houve uma diminuição da percentagem de concepções alternativas em todas as categorias constituídas e regista-se uma evolução conceptual em 43% dos alunos, pelo que se infere que a implementação das atividades de aprendizagem contribuiu para uma adequada construção de conhecimento. Os resultados são semelhantes aos da pergunta anterior, o que é consentâneo com a natureza do assunto sobre o qual os alunos foram questionados.

10. CONCEPÇÕES ACERCA DA PROPAGAÇÃO DO SOM EM DIFERENTES MEIOS MATERIAIS

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à possibilidade de propagação do som em diferentes meios materiais (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise de conteúdo das respostas dos alunos à pergunta aberta, encontraram-se diferentes concepções, tendo-se constituído quatro categorias e agregado os dados nos gráficos 40 e 41 (ver anexo 4) e no gráfico 12. O gráfico 12 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

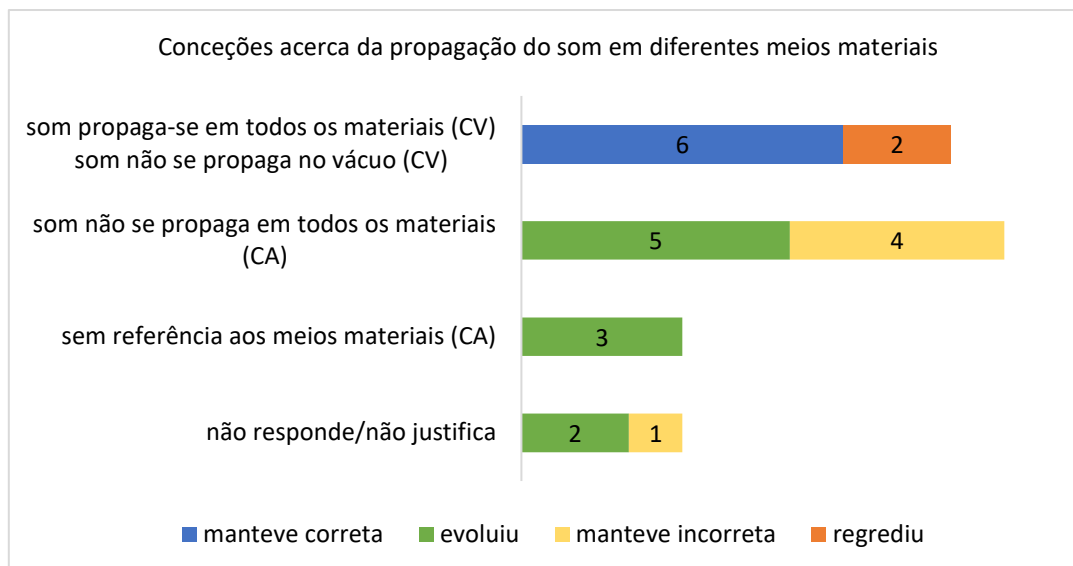


Gráfico 12 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 65% de concepções alternativas, valor que desce para 30% após a intervenção. Constatou-se que houve uma evolução conceptual em 43% dos alunos, tendo 26% mantido a concepção correta. Para o apuramento destes resultados, foi contabilizada a categoria “som não se propaga no vácuo”, que não aparecia na avaliação diagnóstica. Apesar de as respostas enquadradas nesta categoria afirmarem que não é possível o som se propagar em todos os meios materiais, a explicação fornecida foi considerada cientificamente válida, uma vez que referem que o som não se propaga no vácuo. Neste caso, o único erro presente nas respostas evidencia que os alunos consideram que o vácuo é um meio material, o que não é considerado um erro conceptual, mas apenas um conhecimento factual, que é facilmente corrigido. As respostas da categoria “som não se propaga em todos os materiais” traduzem a concepção de que alguns materiais não permitem a propagação do som, mas não explicitam os motivos. As respostas enquadradas na categoria “sem referência aos meios materiais” evidenciam a concepção de que o som apenas se propaga no ar.

Considerando os resultados, infere-se que a intervenção didática contribuiu positivamente para a construção de conhecimento cientificamente aceite, muito embora o número de concepções alternativas que persistem seja significativo e indicador de que será necessário implementar estratégias pedagógicas diferentes para reconstruir estes conhecimentos.

II. CONCEÇÕES ACERCA DA RELAÇÃO ENTRE A INTENSIDADE E A VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à relação entre a intensidade do som e a sua velocidade de propagação (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise das respostas dos alunos à pergunta fechada de escolha múltipla, agregaram-se os dados no gráfico 42 e no gráfico 13, segundo as três categorias pré-estabelecidas (ver anexo 4). O gráfico 13 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

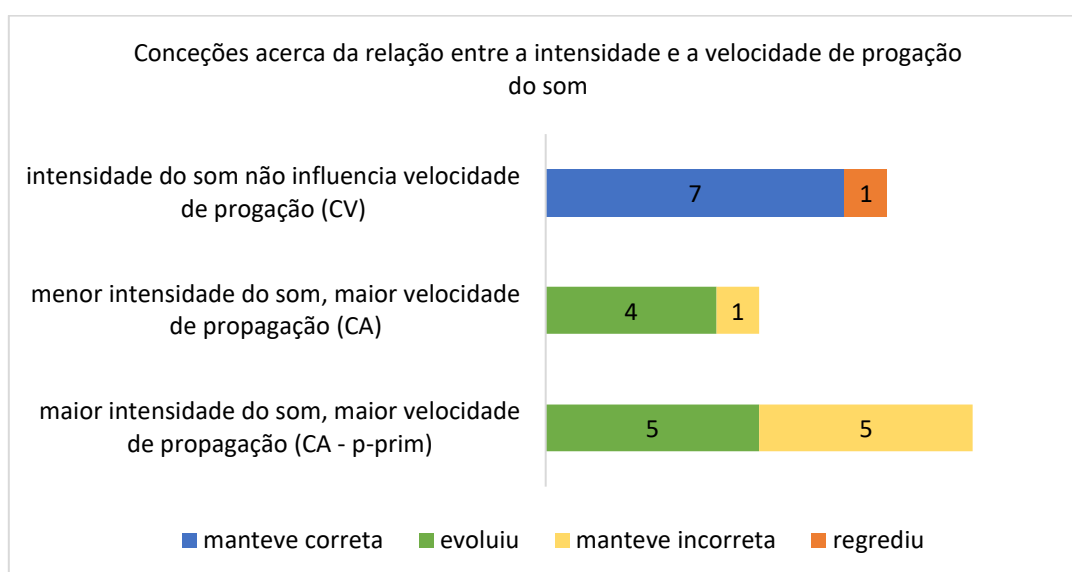


Gráfico 13 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a intensidade e a velocidade de propagação do som.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 65% de concepções alternativas, valor que desce para os 43% após a intervenção didática. A nível individual, regista-se uma evolução conceptual em 39% dos alunos, tendo 30% mantido a concepção correta. Apesar de se verificar um ligeiro aumento na percentagem de concepções verdadeiras e uma diminuição de concepções alternativas na categoria “menor intensidade do som, maior velocidade de propagação”, houve um aumento de concepções alternativas na categoria “maior intensidade do som, maior velocidade de propagação”. As respostas dadas a esta categoria revelam a concepção de que um som mais forte se propagará com maior velocidade (primitiva fenomenológica de diSessa, 1993).

Os resultados deste estudo sugerem que as atividades de aprendizagem contribuíram positivamente no sentido de provocar uma evolução conceptual. A atividade de aprendizagem especificamente concebida para atender a estas conceções alternativas já identificadas na literatura consultada tinha uma natureza mais aberta e menos direcionada. Neste sentido, os alunos tinham que planificar um procedimento experimental que lhes permitisse efetuar medições, em ordem a determinar a velocidade de propagação do som para diferentes frequências. Como os alunos não estão familiarizados com esta liberdade de procedimentos, que apela a uma maior autonomia e espírito crítico, evidenciaram mais dificuldades em alcançar os objetivos de aprendizagem estabelecidos para esta atividade.

12. CONCEÇÕES ACERCA DA RELAÇÃO ENTRE A ALTURA E A VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM

Esta pergunta pretendia verificar as conceções dos alunos relativamente à relação entre a altura do som e a sua velocidade de propagação (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise das respostas dos alunos à pergunta fechada de escolha múltipla, agregaram-se os dados no gráfico 43 e no gráfico 14, segundo as três categorias pré-estabelecidas (ver anexo 4). O gráfico 14 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

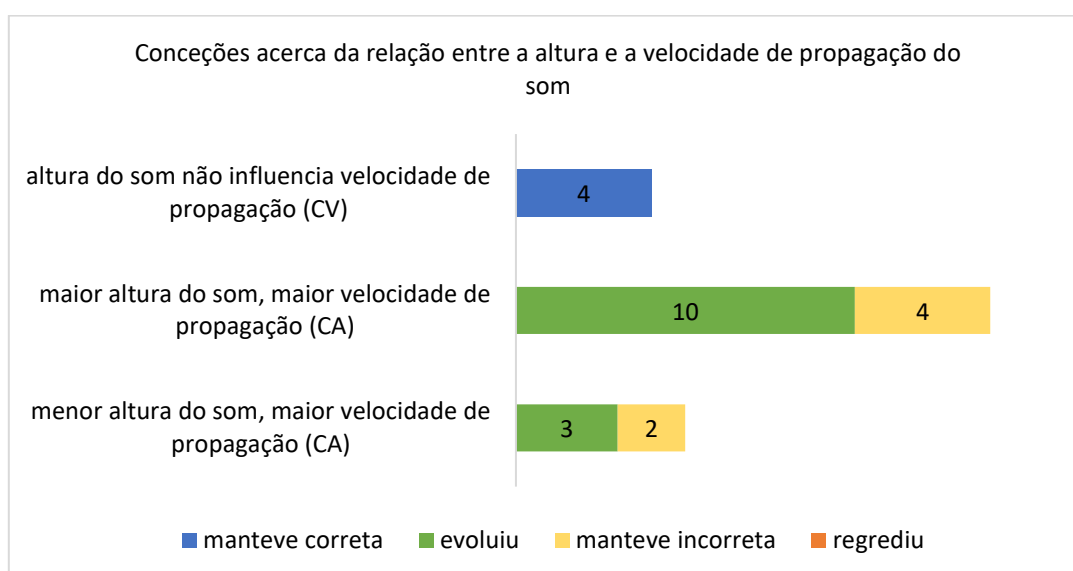


Gráfico 14 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as conceções acerca da relação entre a altura e a velocidade de propagação do som.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 83% de concepções alternativas, valor que desce para 39% após a intervenção. A nível individual, regista-se uma evolução conceptual em 57% dos alunos. A percentagem de respostas na categoria cientificamente aceite aumentou substancialmente, pelo que se infere que, neste caso, a sequência didática implementada teve um contributo significativo para a construção de conhecimento. Ainda assim, continua a verificar-se a persistência de concepções alternativas que consideram que os sons mais agudos têm maior velocidade de propagação ou, por outro lado, que são os sons mais graves que se propagam mais rapidamente. Apesar de se ter referido que as atividades de aprendizagem deram um contributo positivo, considera-se que este não foi suficiente, tendo em conta os objetivos de ensino para a disciplina e nível de escolaridade.

13. CONCEÇÕES ACERCA DA RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA PERCORRIDA PELO SOM E A SUA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à relação entre a distância percorrida pelo som e a sua velocidade de propagação ao longo desse percurso (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise das respostas dos alunos à pergunta fechada de escolha múltipla, agregaram-se os dados no gráfico 44 e no gráfico 15, segundo as três categorias pré-estabelecidas (ver anexo 4). O gráfico 15 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

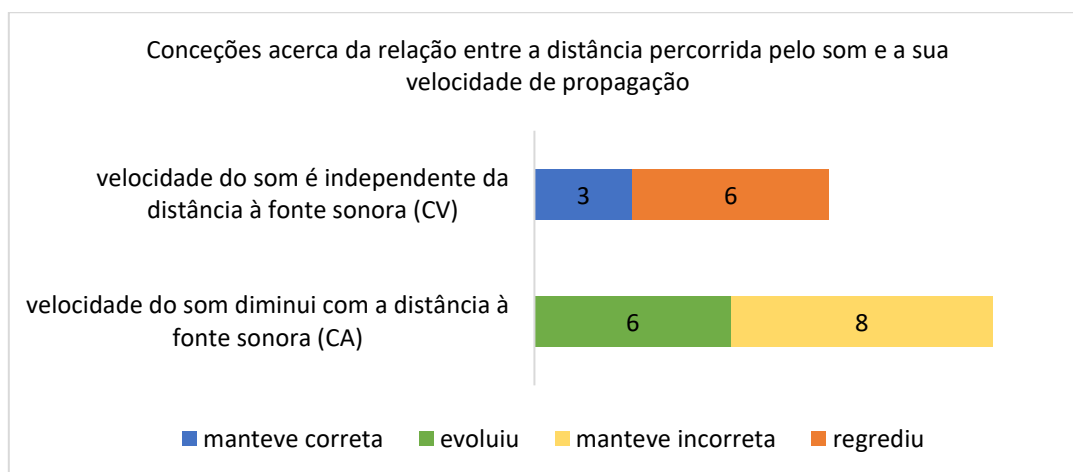


Gráfico 15 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a distância percorrida pelo som e a sua velocidade de propagação.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 61% de concepções alternativas, valor que aumenta para 70% após a intervenção. Regista-se uma evolução conceptual em 26% dos alunos, mas uma regressão, a partir da concepção correta, em 26% de outros alunos. À diminuição de repostas cientificamente aceites corresponde um aumento de concepções alternativas na categoria “velocidade do som aumenta com a distância à fonte sonora”. A diminuição de concepções na categoria “velocidade do som diminui com a distância à fonte sonora” é pouco expressiva e pode ter contribuído para o aumento das concepções na outra categoria de concepções alternativas, ao invés da concepção válida. Estes resultados são ambíguos, na medida em que parecem sugerir que as atividades de aprendizagem contribuíram para uma evolução conceptual, mas, por outro lado, também promoveram a construção de concepções alternativas.

Apesar de não se ter concebido uma atividade específica para atender a esta concepção alternativa, esperava-se que, na sequência da atividade que permitia construir respostas às perguntas sobre as concepções acerca das relações entre a intensidade e a altura do som e a sua velocidade de propagação, os alunos adquirissem a ideia de que a velocidade do som apenas depende das propriedades do meio material e não de outras variáveis, tais como a frequência e altura do som ou a distância à fonte sonora. Esta assunção parece ter comprometido uma correta aprendizagem deste conteúdo. É de referir, ainda, que o simulador computacional utilizado não oferecia opções que permitissem efetuar as medições atrás mencionadas, isto é, que possibilitasse a determinação da velocidade do som a diferentes distâncias da fonte sonora. O investigador considera que, caso o simulador proporcionasse essas opções, um maior número de alunos poderia ter reconstruído o seu conhecimento acerca deste conteúdo.

14. CONCEÇÕES ACERCA DA RELAÇÃO ENTRE A ALTURA DO SOM PERCECIONADA E A DISTÂNCIA À FONTE SONORA

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à relação entre a percepção auditiva, ao nível da altura do som, e a distância à fonte sonora (ver anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise das respostas dos alunos à pergunta fechada de escolha múltipla, agregaram-se os dados no gráfico 45 e no gráfico 16, segundo as três categorias pré-

estabelecidas (ver anexo 4). O gráfico 16 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

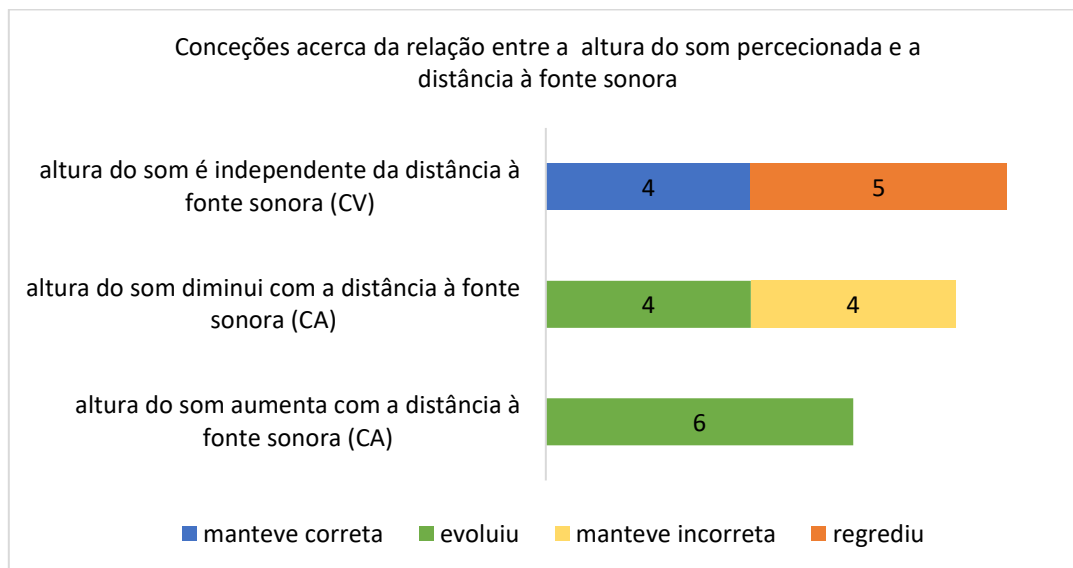


Gráfico 16 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a altura do som percebida e a distância à fonte sonora.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 61% de concepções alternativas, valor que desceu para 48% após a intervenção. Ao nível da análise individual, regista-se uma evolução conceptual em 43% dos alunos, sendo que 17% manteve a concepção correta. Verificou-se uma diminuição das concepções associadas à categoria “altura do som aumenta com a distância à fonte sonora”, mas em contrapartida a percentagem de concepções associadas à outra categoria de concepções alternativas aumentou, ainda que o aumento não tenha sido notório. Também nesta pergunta se considera que a sequência didática teve um contributo positivo para a construção de conhecimento cientificamente aceite ou para a reconstrução do conhecimento, à luz da Teoria da Evolução Conceptual.

O conteúdo associado a esta pergunta é passível de ser abordado num contexto informal, no sentido que é um fenómeno comum do quotidiano. De modo geral, os alunos afirmam que a percepção sonora, ao nível da altura dos sons, não varia com a distância à fonte sonora. No entanto, perante uma situação de avaliação em contexto escolar, os alunos parecem procurar explicações que entram em conflito com as suas percepções da realidade física. Isto sugere que os alunos, por um lado, acreditam que as explicações científicas são mais complexas que as próprias concepções adquiridas através da experiência

quotidiana e, por outro, denotam falta de confiança na sua capacidade de análise dos fenômenos físicos estudados.

15. CONCEÇÕES ACERCA DA RELAÇÃO ENTRE A INTENSIDADE DO SOM PERCECIONADA E A DISTÂNCIA À FONTE SONORA

Esta pergunta pretendia verificar as concepções dos alunos relativamente à relação entre a percepção auditiva, ao nível da intensidade do som, e a distância à fonte sonora (Anexo 1).

Tratamento dos resultados

Após a análise das respostas dos alunos à pergunta fechada de escolha múltipla, agregaram-se os dados no gráfico 46 e no gráfico 17, segundo as três categorias pré-estabelecidas (ver anexo 4). O gráfico 17 sintetiza a informação da evolução conceptual individual (para toda a turma), para esta pergunta.

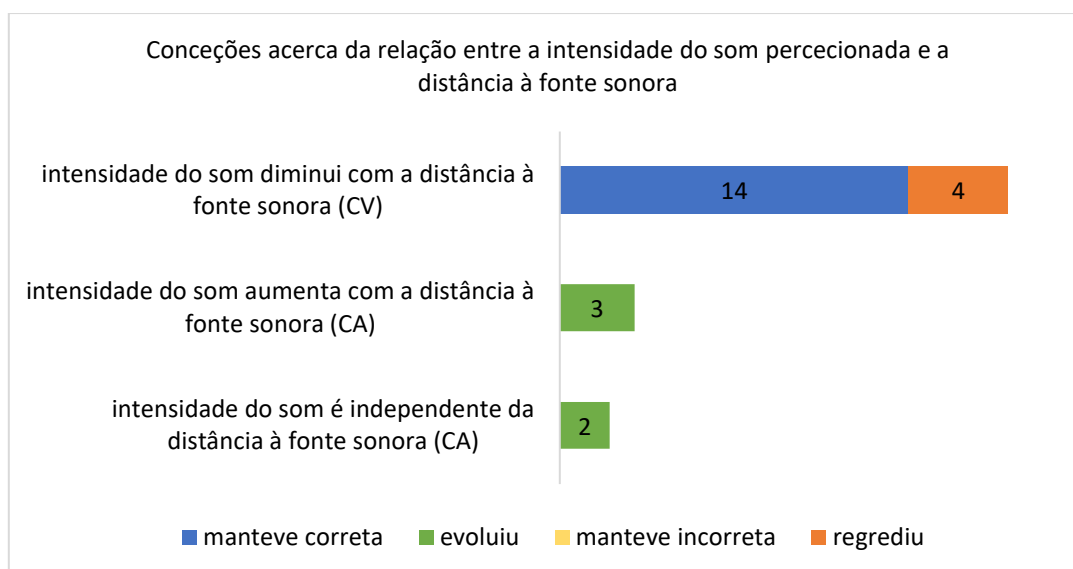


Gráfico 17 – Representação gráfica da evolução dos resultados individuais dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da relação entre a intensidade do som percebida e a distância à fonte sonora.

Análise e discussão dos resultados

Na avaliação diagnóstica verifica-se a ocorrência de 22% de concepções alternativas, valor que aumentou para 26% após a intervenção. Ao nível individual, regista-se uma evolução conceptual em 22% dos alunos, tendo 61% mantido a concepção correta. A alteração mais significativa dos resultados pré-intervenção para os pós-intervenção prendem-se com o aumento de concepções alternativas na categoria “intensidade do som é independente da distância à fonte sonora”.

Os resultados mostram que a atividade de aprendizagem concebida para abordar este conteúdo contribuiu para a evolução da compreensão conceptual e para a construção de conhecimento cientificamente válido, ainda que também tenha contribuído para a construção de concepções alternativas. No entanto, o fenómeno físico sobre o qual a pergunta incide é experienciado no quotidiano; é trivial perceber uma diminuição da intensidade do som à medida que a distância à fonte sonora aumenta. Mesmo em níveis escolares mais precoces, os alunos estão familiarizados com este fenómeno. Assim, uma possível explicação para os resultados desta pergunta é que alguns alunos tiveram alguma dificuldade com a interpretação da mesma ou, então, por ser a última pergunta do questionário, não ponderaram a resposta, tendo assinalado a última opção da escolha múltipla, à semelhança das questões anteriores.

PARTE II – PERCEÇÃO DOS ALUNOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES E SOBRE A METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM UTILIZADA DURANTE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O quarto objetivo desta investigação pretendia aferir as percepções dos alunos acerca da metodologia utilizada (aprendizagem baseada em problemas com utilização de simuladores). Para responder a este objetivo, elaborou-se um inquérito por questionário, ao qual os participantes responderam. O questionário estava organizado em três secções, incluindo, respetivamente, perguntas direcionadas para a utilização dos simuladores computacionais, perguntas direcionadas para a metodologia de aprendizagem implementada pelo professor e uma pergunta de resposta aberta para exprimirem as suas reflexões acerca de toda a sequência didática. O questionário encontra-se no Anexo 2.

SECÇÃO I – SOBRE A UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES NA APRENDIZAGEM

O gráfico 18, a seguir apresentado, mostra as frequências absolutas de respostas a cada uma das perguntas relativas à utilização de simuladores na aprendizagem dos conteúdos do domínio curricular em estudo. Os alunos responderam a estas perguntas selecionando um nível numa escala de Likert.

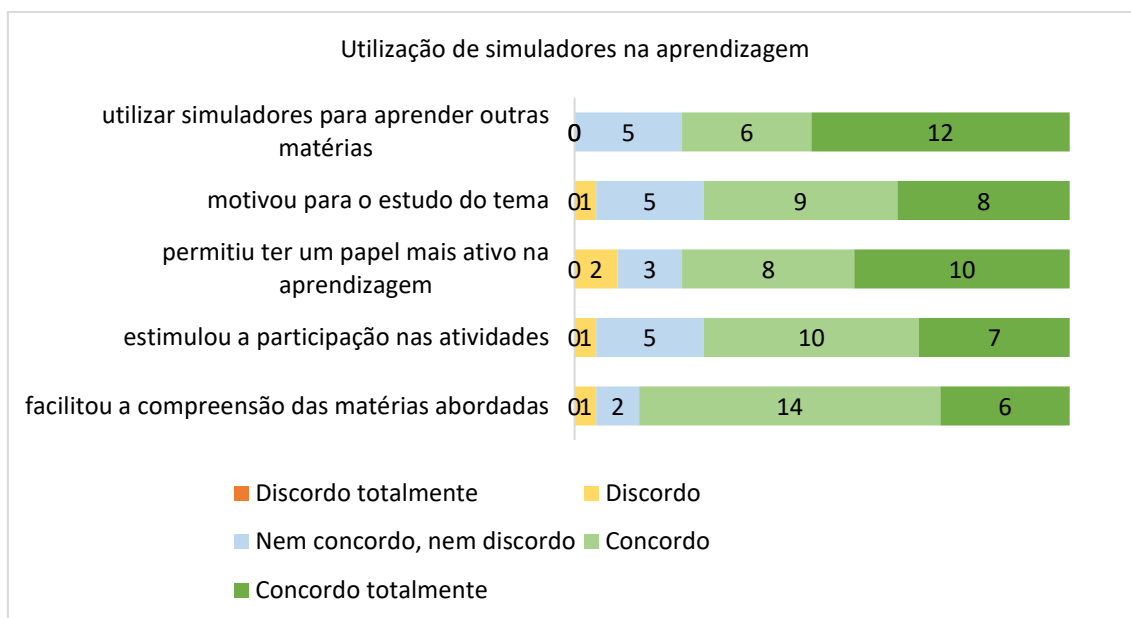


Gráfico 18 – Respostas dos alunos às perguntas relacionadas com a utilização dos simuladores.

A pergunta seguinte pretendia aferir a satisfação dos alunos quanto à utilização dos simuladores. Os resultados obtidos apresentam-se no gráfico 19.

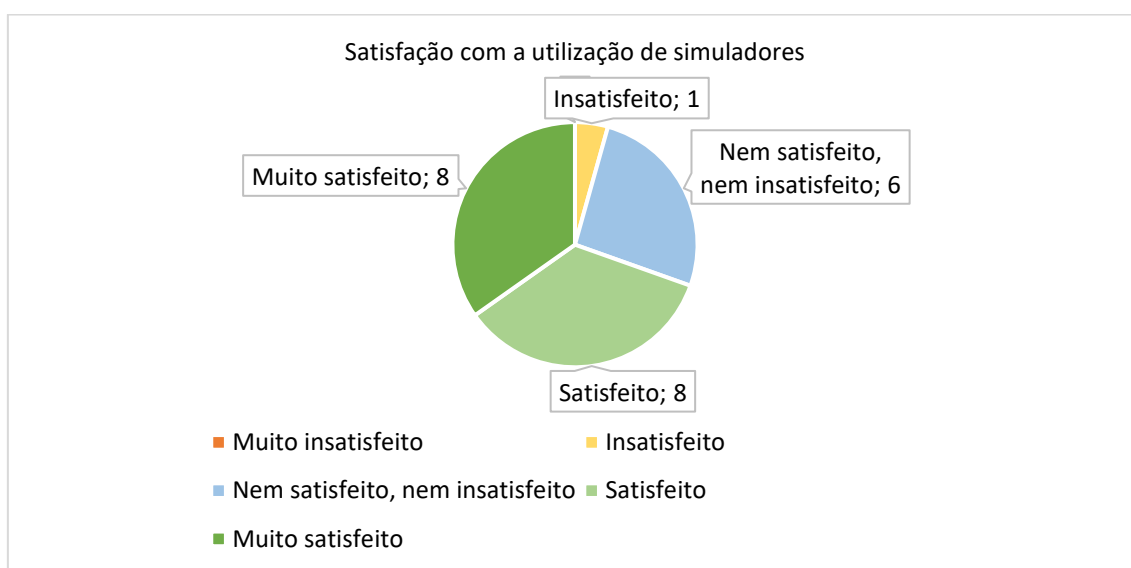


Gráfico 19 – Respostas dos alunos à pergunta relacionada com a satisfação com a utilização dos simuladores.

Ainda no âmbito da utilização dos simuladores, perguntou-se aos alunos se desejariam utilizar simuladores como ferramentas de aprendizagem. O gráfico 20 apresenta os resultados obtidos.

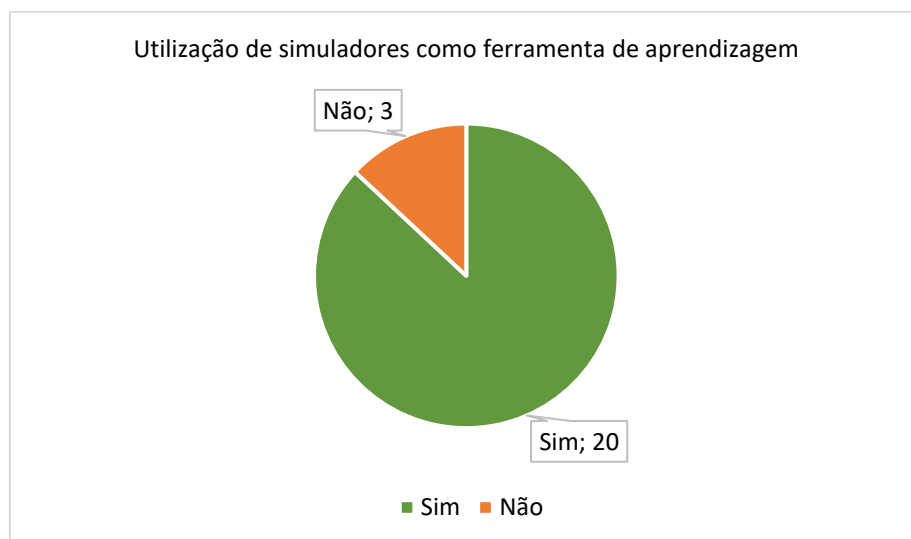


Gráfico 20 – Respostas à pergunta relacionada com a utilização de simuladores como ferramentas de aprendizagem.

A análise dos resultados relativos à utilização de simuladores na aprendizagem do tema “Produção e propagação do som” permite tecer as seguintes considerações:

- A maioria dos alunos considera que a utilização dos simuladores facilitou a compreensão das matérias abordadas (78%) e estimulou a sua participação nas atividades (74%).
- A maioria dos alunos refere que sentiu que a utilização dos simuladores lhes permitiu ter um papel mais ativo na aprendizagem (78%) e que a motivação para o estudo do tema foi maior com a utilização dos simuladores (74%).
- A maioria dos alunos afirma que gostaria de utilizar simuladores para aprender outras matérias (78%) e que, caso pudessem optar, escolheriam simuladores enquanto ferramentas de aprendizagem (87%).
- A maioria dos alunos (70%) classifica como “Muito satisfeito” ou “Satisfeito” o seu grau de satisfação com a utilização dos simuladores.

SECÇÃO II – SOBRE A METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM

O gráfico 21, a seguir apresentado, mostra as frequências absolutas de respostas a cada uma das perguntas relativas à metodologia de aprendizagem implementada pelo professor no âmbito dos conteúdos curriculares em estudo.

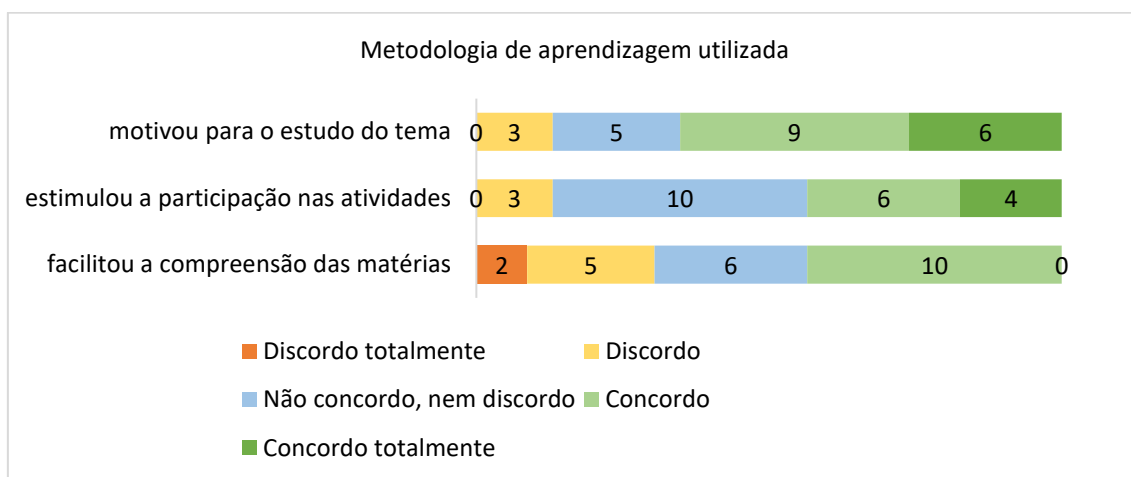


Gráfico 21 – Respostas dos alunos às perguntas relacionadas com a metodologia de aprendizagem.

A pergunta seguinte pretendia aferir a satisfação dos alunos quanto à metodologia de aprendizagem. Os resultados obtidos apresentam-se no gráfico 22.

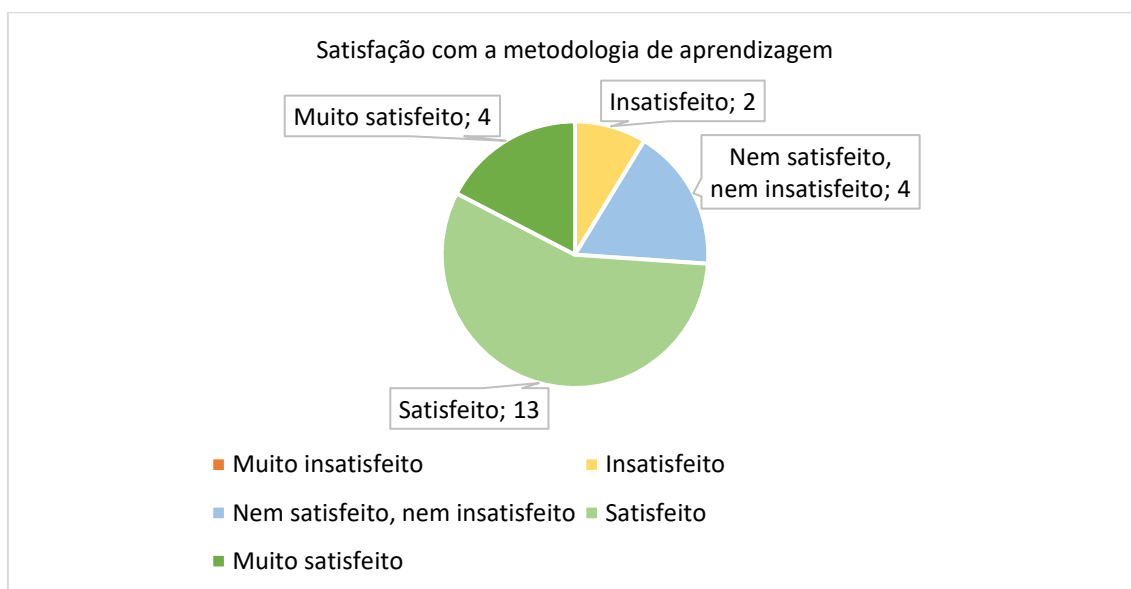


Gráfico 22 – Respostas dos alunos à pergunta relacionada com a satisfação com a metodologia de aprendizagem.

Ainda no âmbito da metodologia de aprendizagem implementada pelo professor, perguntou-se aos alunos se desejariam que esta metodologia fosse utilizada para realizar aprendizagens noutros domínios curriculares. O gráfico 23 apresenta os resultados obtidos.

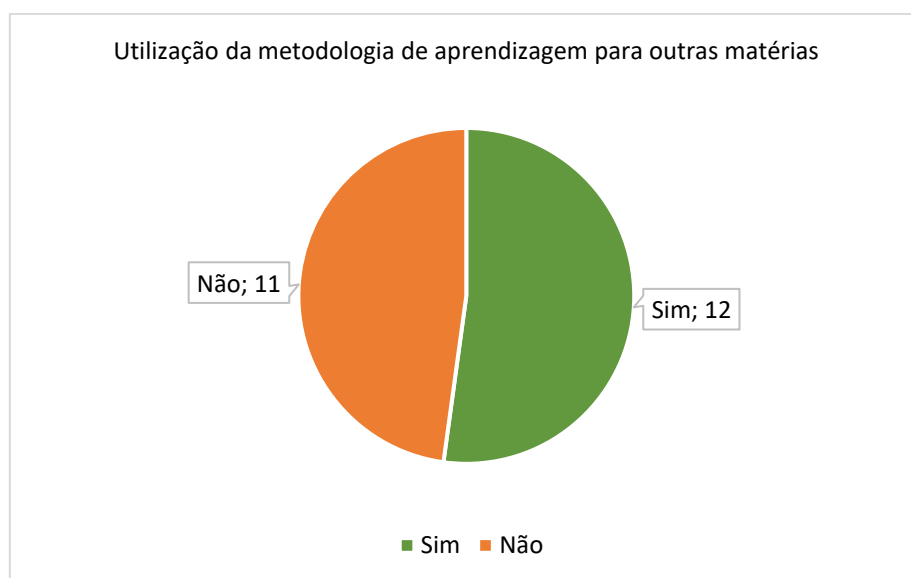


Gráfico 23 – Respostas à pergunta relacionada com a utilização da metodologia de aprendizagem para outras matérias.

A análise dos resultados relativos à metodologia de aprendizagem implementada pelo professor, no âmbito do tema “Produção e propagação do som”, permite tecer as seguintes considerações:

- Relativamente à metodologia de aprendizagem, através da resolução de problemas, ao invés das aulas “tradicionais” nas quais o professor explica a matéria, as opiniões dos alunos dividem-se quanto ao facto de ter facilitado a compreensão das matérias e quanto ao estímulo para participar nas atividades. É de salientar que nenhum aluno selecionou a opção “Concordo totalmente” para a pergunta relativa à facilitação da compreensão das matérias e apenas quatro alunos utilizaram esta classificação para o estímulo à participação nas atividades.
- A maioria dos alunos (65%) considera que esta metodologia de aprendizagem foi motivadora para o estudo do tema, mas esta opinião não é expressiva, na medida em que uma parte significativa de alunos se manifesta neutra e uma pequena parte aponta no sentido desfavorável.

- A maioria dos alunos (74%) manifesta satisfação com a metodologia de aprendizagem, mas apenas 52% indica que aconselharia o professor a utilizar sempre esta metodologia de aprendizagem para outras matérias.

SECÇÃO III – REFLEXÕES E COMENTÁRIOS DOS PARTICIPANTES

Na tabela 3, apresentam-se alguns comentários dos alunos sobre a sequência didática. A totalidade de respostas é menor do que o número de participantes, uma vez que esta era uma pergunta facultativa, pelo que nem todos os alunos responderam.

Tabela 3 – Respostas à pergunta, aberta e facultativa, sobre toda a experiência de aprendizagem com a sequência didática implementada.

“senti que aprendo mais quando o stor ensina da maneira tradicional porque acho que como não temos muito por onde começar a estudar”
“Senti-me motivado porque também podia e conseguia participar na aprendizagem, e senti que conseguia trabalhar autonomamente sem ajuda de ninguém.”
“A utilização de simuladores ajudou a entender a matéria, mas acho que só simuladores torna-se um pouco mais difícil de aprender do que se houve-se umas aulas "tradicionais", ou seja com o professor a dar a matéria, sendo o que eu acharia um bom método uma mistura dos dois tipos de aulas.”
“Na minha opinião, o método de ensino escolhido pelo professor não funciona se a matéria a ser dada for completamente nova, isto é, se nós soubéssemos as bases da matéria era menos provável confundirmo-nos, logo, seria mais fácil continuar a aprendizagem.”
“eu senti que era mais participativo nas aulas de grupo e este método de ensino, por mim continuávamos com ele”
“No início até estava tudo bem, mas ao longo do tempo tornou-se mais fatigante/exaustivo pois havia muitas perguntas e cada uma era uma descoberta, mas cada uma destas descobertas exigia muito pensamento e espírito crítico (nota: eu consegui aprender bastante e eu sou uma pessoa bastante preguiçosa e acho que outras pessoas não ficaram cansadas e também apreenderam bastante). Na minha opinião, esta forma de aprendizagem tem muito potencial. Recomendo por menos perguntas em cada questionário mas estas bastantes exigentes e não por em todas as aulas.”
“Eu fiquei um pouco nervoso ao início porque se eu não entendesse a matéria e depois mais tarde fosse fazer uma ficha de avaliação ou uma questão aula iria ter má nota porque pelo menos para mim é mais fácil de entender a matéria com um professor a explicar.”
“Senti que aprendi bastante porque os simuladores ajudaram e também porque os meus colegas me ajudaram, acho que podíamos tentar aprender mais vezes assi m para nos irmos habituando e acho que podíamos ter melhor proveito.”
“no começo achei interessante foi bem divertido e ajudou um pouco a fazer o questionário anterior, mas em termos de aprendizagem não gostei muito pois não aprendi muita coisa, para aprender matéria prefiro uma aula normal(tradicional), depois que eu estiver por dentro da matéria acho divertido fazer uns questionários, mas no geral gostei muito. ”
“Para mim é sempre mais difícil aprender só com simuladores mas para método de ensino à distância é uma das melhores foras ou até a melhor para aprender. Consegui aprender acerca da matéria do som, consegui aprender e tirar conclusões que me ajudaram na compreensão da matéria mas de facto os simuladores juntamente com as questões ajudaram-me muito. Estou satisfeito com este método de ensino”
“Eu acho que este método de aprendizagem é bom, pois permitiu-nos trabalhar em grupo e discutir sobre o tema a falar, também gostei deste método de ensino porque nos incentiva a aprender a matéria e porque nos mostra como é representado o som de uma forma bem mais detalhada.”

“Eu sinto que estas atividades obrigaram a "puxar pela cabeça". Foi um método diferente que obrigou uma maior concentração. Acho que este método pode ser eficaz noutras matérias.”

“Eu acho que no início deste método de estudo e desta nova matéria me senti um pouco perdida porque não tinha conhecimentos sobre o tema que estávamos a abordar e não sabia utilizar os simuladores. Apesar disto e depois do professor ter explicado como se utilizavam os mesmos percebi mais facilmente a matéria e os simuladores ajudaram um pouco na compreensão da mesma.”

“Na última pergunta só respondi que não porque acho que aprendo melhor quando é o professor a explicar. Acho que o professor poderia fazer uma introdução à matéria ou explicar as partes mais complicadas. Depois do professor explicar nós fazíamos os questionários com os simuladores para ficar a perceber melhor.”

De uma forma geral, os alunos reconhecem as potencialidades da metodologia de aprendizagem por resolução de problemas, assim como a utilização de simuladores computacionais para facilitar a compreensão dos conteúdos curriculares a aprender. As vantagens que os alunos apontam são a motivação e o envolvimento nas atividades de aprendizagem, o desenvolvimento da autonomia, do espírito crítico e das competências de trabalho colaborativo. De facto, o trabalho em grupo e a utilização dos simuladores são os fatores mais apontados como tendo contribuído para as aprendizagens. Tal como referem relativamente aos simuladores, os alunos manifestam que a metodologia utilizada é motivadora para o estudo e promove o seu envolvimento nas atividades, mas é exigente, pois implica que estejam sempre a pensar para resolver os problemas propostos. Também afirmam que sentem falta de confiança no seu trabalho, quer por desconhecerem os conteúdos a aprender e não ter sido feita uma introdução aos mesmos, quer por falta de acompanhamento e *feedback* por parte do professor. Por esse motivo, vários alunos referem que, ao nível da aprendizagem dos conteúdos curriculares, preferiam atividades letivas mais tradicionais e centradas no professor, nas quais assume o papel de explicar as matérias.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

1. CONCLUSÕES DO ESTUDO

Durante o período em que decorreu esta investigação, o país e o mundo atravessaram uma situação de pandemia, pelo que as atividades letivas decorreram em contexto de ensino remoto de emergência. Nessa medida, a implementação de ambientes de aprendizagem ficou condicionada pelos diversos contextos familiares dos alunos.

Tendo em conta a problemática exposta na “Introdução”, a questão e os objetivos de investigação, foi concebida uma proposta didática constituída por uma sequência de atividades para promover a aprendizagem dos conteúdos curriculares que constituem o subdomínio “Produção e Propagação do Som”, na disciplina de Físico-Química, numa turma do 8.º ano. Cada atividade foi desenhada segundo os princípios do socioconstrutivismo, aliando a metodologia de aprendizagem baseada em problemas com a utilização de simuladores computacionais em dinâmica de trabalho de grupo quasi-autónomo. Os dados recolhidos permitiram tecer considerações sobre as aprendizagens realizadas, em particular sobre a evolução conceptual, e sobre as conceções alternativas que persistiram após a intervenção, assim como sobre as perceções dos alunos acerca da metodologia de aprendizagem implementada e a utilização de simuladores.

As conceções alternativas detetadas, quer na avaliação diagnóstica, quer após a proposta didática, estão de acordo com as identificadas na literatura consultada, podendo provir de conceções pré-existentes ou ter sido desenvolvidas no decorrer das atividades de construção de conhecimento. A análise dos dados mostra que existiu evolução na compreensão conceptual dos conteúdos curriculares em estudo, em todas as questões analisadas. Em todas as questões se verifica a persistência de conceções alternativas pré-existentes e, num menor número de casos, o aumento de conceções alternativas. Verifica-se, também, que os alunos podem apresentar explicações diferentes para um mesmo fenómeno, se se encontrarem numa situação problemática diferente (Leite & Afonso, 1999). Isto significa que diferentes modelos mentais podem coexistir nas representações que os alunos têm da realidade e que o modelo mental que é mobilizado pode depender do contexto (Hrepic *et al.*, 2010). Mesmo nas questões em que se verifica uma diminuição da prevalência de conceções alternativas, as respostas manifestam limitações ao nível da argumentação utilizada nas justificações, o que pode indiciar que os modelos mentais construídos não estão suficientemente consolidados.

A literatura consultada aponta para situações de sucesso na implementação de metodologias de aprendizagem em que os alunos têm um papel ativo e também na utilização de simuladores. No entanto, o contexto no qual se realizou a presente investigação não permitia recriar condições de trabalho semelhantes para todos os participantes, nem um acompanhamento constante por parte do professor. Deste modo, os grupos de alunos tiveram que realizar as atividades quase autonomamente, na medida em que o professor apenas interagiu com cada grupo durante um curto intervalo de tempo, para poder atender a todos os grupos da turma. Assim, não foi possível realizar uma monitorização e acompanhamento das aprendizagens em tempo real, mas apenas *feedback* diferido. As limitações nas respostas dos alunos não se podem atribuir apenas à metodologia ou à utilização dos simuladores, uma vez que os alunos reconhecem e valorizam as suas potencialidades. Os dados obtidos neste estudo não permitem clarificar se a evolução na compreensão conceptual, que se deve à metodologia de aprendizagem com a utilização de simuladores, poderia ter sido mais expressiva, caso a implementação da sequência didática não estivesse sujeita às limitações do ensino remoto de emergência.

Os alunos afirmam que poderiam ter aprendido mais e melhor se o professor estivesse presente fisicamente e pudesse ser interpelado sempre que necessário durante as atividades, explicando os conceitos mais complexos e orientando em situação de dúvida. Os alunos reconhecem que os conteúdos curriculares que não envolvem abstração e relação entre conceitos são relativamente fáceis de aprender com a metodologia implementada. No entanto, os conceitos mais complexos e as relações entre estes conceitos são difíceis de compreender em profundidade e a sua aprendizagem fica condicionada pelos conhecimentos anteriores, pela interpretação dos enunciados e pela sua capacidade de raciocínio e abstração. Se as atividades tivessem decorrido presencialmente em contexto de sala de aula, estes constrangimentos poderiam ter sido colmatados pela monitorização e acompanhamento do professor.

A análise das respostas dos alunos aos questionários e das suas opiniões relativamente à metodologia de aprendizagem com utilização de simuladores sugere que os alunos podem ter zonas de desenvolvimento proximal em que as competências de resolução de problemas, de espírito crítico e de trabalho autónomo não estejam suficientemente desenvolvidas, competências estas que eram essenciais para a consecução dos objetivos de aprendizagem estabelecidos com a metodologia implementada. Tal como referido em Conde *et al.* (2021), o facto de os alunos não estarem familiarizados com esta metodologia

de aprendizagem e o acompanhamento insuficiente por parte do professor podem provocar sentimentos de desorientação e falta de confiança no próprio trabalho. Por isso, é necessária uma presença efetiva do professor na orientação das atividades, enquanto os alunos ainda não desenvolveram as competências necessárias para trabalharem autonomamente e em grupo, de modo a assumir um papel ativo na construção do seu conhecimento através da resolução de problemas.

As afirmações dos alunos que revelam preferir uma metodologia de ensino tradicional, centrada no professor, são uma manifestação da acomodação a esta metodologia. No entanto, a literatura consultada e os documentos orientadores dos atuais sistemas educativos apontam para a necessidade de os alunos serem sujeitos a experiências educativas diversificadas que lhes permitam desenvolver as designadas competências do século XXI. Os resultados deste estudo não indicam que os alunos não têm potencial para desenvolver tais competências ou que a metodologia implementada não proporciona esse desenvolvimento, mas antes que devem continuar a experienciar metodologias ativas de aprendizagem em ordem a libertar-se da acomodação de metodologias tradicionais. Esta investigação apenas permitiu aferir que os alunos, na sua perceção, se encontram num estágio de desenvolvimento inicial das competências mencionadas.

Relativamente ao trabalho em pequenos grupos, e atendendo aos princípios do socioconstrutivismo, os resultados sugerem que os alunos beneficiaram da dinâmica criada. O facto de os alunos poderem partilhar e discutir as suas diferentes interpretações, hipóteses e conclusões gerou motivação e envolvimento na realização das atividades e permitiu, como os próprios alunos verbalizaram, que construíssem conhecimento que, caso o trabalho fosse individual, dificilmente conseguiriam alcançar. O trabalho entre pares abre espaço para que todos os elementos do grupo tenham uma participação ativa, na medida em que não se sentem constrangidos por emitir uma opinião que possa não corresponder às expectativas, como poderia acontecer se a interlocução fosse com o professor. Assim, os resultados sugerem que as atividades realizadas em pequenos grupos potenciam a aprendizagem e devem ser implementadas para promover o desenvolvimento de competências como a colaboração, a comunicação e as relações interpessoais.

A utilização de simuladores na aprendizagem do tema em estudo pelos alunos revelou algumas das potencialidades identificadas na literatura. Os simuladores geraram motivação para o estudo, uma vez que, tendo as atividades letivas decorrido na

modalidade de ensino remoto de emergência, cada aluno tinha um computador ou dispositivo móvel com acesso à Internet, estando garantido que todos os alunos interagiam com os simuladores. Estas ferramentas possibilitaram a visualização de representações gráficas de fenómenos que não podem ser vistos de outro modo, nomeadamente as ondas sonoras e a sua propagação. Permitiram, também, que os alunos testassem hipóteses através do controlo de variáveis. Estas potencialidades revelaram-se fundamentais para os alunos construírem um modelo mental dos conceitos e das suas relações, que, de outra forma, permaneceriam no plano da abstração. Como referido na literatura, a utilização dos simuladores aumentou o envolvimento dos alunos nas atividades da proposta didática.

De uma forma global, conclui-se que a proposta didática concebida forneceu contributos positivos para a aprendizagem dos conteúdos curriculares no âmbito do tema “Produção e Propagação do Som”, sobretudo no que concerne à evolução na compreensão conceptual e à construção de modelos mentais cientificamente aceites, assim como à promoção do trabalho em grupo, no qual os alunos tiveram um papel ativo. A implementação desta proposta didática, nas circunstâncias em que ocorreu, realçou a pertinência de um requisito já identificado na literatura, no que diz respeito às metodologias ativas de aprendizagem, nomeadamente a importância de um acompanhamento sistemático dos alunos para garantir que todos estão a realizar as aprendizagens, a construir conhecimento significativo e a desenvolver as competências que lhes são necessárias. Os alunos desta faixa etária não possuem, ainda, autonomia e poder de autorregulação para empreender em aprendizagens de conceitos abstratos e suas relações, construindo conhecimento científico validado.

A natureza de investigação-ação deste estudo não permite generalizar os resultados. No entanto, forneceu indicações para que o professor reajustasse a ação educativa de acordo com as limitações identificadas, relativamente à proposta didática implementada. Assim, o investigador concluiu um ciclo desta investigação-ação, podendo incorporar as conclusões deste estudo num próximo ciclo do processo de investigação.

2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Atendendo ao facto de o investigador ser, também, o professor da turma, a recolha de dados resultantes da observação direta foi dificultada pela necessidade de monitorizar e acompanhar os grupos de alunos. Apesar de não ter sido feito um acompanhamento intensivo, a gestão do tempo de aula impediu que a recolha de dados fosse efetuada em tempo real.

Este estudo decorreu em circunstâncias muito particulares, em consequência da situação pandémica de Covid-19, como referido anteriormente, e da modalidade de ensino remoto de emergência imposta pelo dever de confinamento geral. Na perspetiva do investigador, a maior limitação do estudo foi a impossibilidade de implementar a proposta didática que tinha inicialmente sido concebida, tendo que ser reformulada durante a fase de preparação das atividades. A reformulação da proposta didática envolveu alterações na dinâmica das atividades, revisão dos enunciados dos guiões das atividades a seguir pelos alunos, previsão de eventuais problemas técnicos e formas de resolução, revisão dos instrumentos de recolha de dados. Apesar destes constrangimentos terem tido um impacto grande em toda a fase de intervenção, foram precisamente estes que impulsionaram esta investigação para um campo desconhecido, na medida em que possibilitaram que uma metodologia centrada nos alunos fosse testada em situações muito desfavoráveis, em particular pela falta de acompanhamento do professor. Neste sentido, este estudo foi importante para identificar os limites e requisitos de aplicação de uma metodologia ativa de aprendizagem.

Importa, também, referir que há uma dimensão da aprendizagem que não foi tida em conta neste estudo e sobre a qual não existem, ainda, dados mensuráveis, nomeadamente a pré-disposição dos alunos para se envolverem nas atividades letivas como o poderiam fazer num contexto presencial, com a intervenção do professor.

Os resultados deste estudo também ficaram limitados pelo tempo disponível para a realização das atividades. As atividades de natureza socioconstrutivista concebidas segundo metodologias ativas de aprendizagem requerem mais tempo para a sua concretização. Poder-se-ia especular que, caso houvesse mais tempo para cada atividade, os resultados pudessem ter sido melhores, no que respeita à aprendizagem.

3. TRABALHO FUTURO

Os resultados e as conclusões desta investigação, não obstante os aspetos menos positivos e as limitações identificadas, sugerem que, estando reunidas determinadas condições, podem ter um grande potencial na promoção da construção de conhecimento científico, na mudança conceptual e no desenvolvimento da literacia científica, em geral. Assim, para trabalho futuro a curto prazo, o investigador irá iniciar um segundo ciclo do processo de investigação-ação, incorporando os resultados da investigação no desenho de atividades que permitam colmatar as lacunas decorrentes do primeiro ciclo do processo.

Encontra-se em fase de planificação uma proposta didática semelhante à concebida para este estudo, para os subdomínios “Ondas de luz e sua propagação” e “Fenómenos óticos”, ambos do 8.º ano de Físico-Química. Esta proposta didática será implementada no mesmo ano letivo e turma de alunos em que decorreu o presente estudo, mas em condições ambientais mais favoráveis do que as do ensino remoto de emergência, em particular por permitirem um maior acompanhamento por parte do professor.

A presente investigação permitiu que o autor assumisse um posicionamento de professor-investigador. Este posicionamento deveria ser cultivado desde a formação inicial de professores e promovido e valorizado pelo sistema educativo. É a assunção de uma insatisfação perante situações de insucesso escolar e a ação de procura de soluções que conduz a uma melhoria dos resultados académicos dos alunos e a um desenvolvimento pleno das suas capacidades. Este é o contributo que o professor-investigador pretende dar à sociedade, tendo este trabalho de investigação permitido consolidar este posicionamento.

BIBLIOGRAFIA

- Adadan, E., Trundle, K. C., & Irving, K. E. (2010). Exploring Grade 11 Students' Conceptual Pathways of the Particulate Nature of Matter in the Context of Multirepresentational Instruction. *Journal of Research in Science Teaching* 47(8):1004–35.
- Bacich, L., Neto, T., Trevisani, F. (Org.). (2015) *Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação*. Porto Alegre: Penso.
- Barbosa, E. F., & Moura, D. G. (2013) Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. *Boletim Técnico do Senac*, 39(2), 48-67.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (L. A. Rego & A. Pinheiro, Trans.). São Paulo: Edições 70. (Obra original publicada em 1977)
- Barrett, T. (2005). Understanding Problem - Based Learning. In T. Barrett, I. Mac Labhrainn, & H. Fallon (Eds.), *Handbook of Enquiry and Problem-based Learning* (pp. 13–25)
- Barrett, T. (2017) *A New Model of Problem-based learning: Inspiring Concepts, Practice Strategies and Case Studies from Higher Education*. Maynooth: AISHE
- Baviskar, S., Hartle, R. & Whitney, T. (2009) Essential Criteria to Characterize Constructivist Teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist-teaching method articles, *International Journal of Science Education*, 31:4, 541-550
- Becker, F. (1992). O que é construtivismo? *Revista de Educação AEC*, 21(83), 7-15, Brasília.
- Berbel, N. A. N. (2011) As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, 32(1), 25-40.
- Bogdan, R. & Bilken, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991) *Active learning: creating excitement in the classroom*. Washington: Eric Digests.

- Borges, T. S., & Alencar, G. (2014) Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. *Cairu em Revista*, 3(4), 119-143.
- Braz, S. (2017). *Estratégias de detecção e superação de concepções alternativas no ensino e aprendizagem de Física e Química*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Química do 3.º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Bulu, S., & Pedersen, S. (2010). Scaffolding middle school students' content knowledge and ill-structured problem solving in a problem-based hypermedia learning environment. *Educational Technology Research and Development*, 58(5), 507-529.
- Cachapuz, A., Pérez, D., Carvalho, A., Praia, J. & Vilches, A. (2005). *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. Cortez, São Paulo.
- 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.
- Carey, S. (2000). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology* 21(1):13–19.
- Chagas, I. (2000). Literacia Científica - O Grande Desafio para a Escola. In *1.º Encontro Nacional de Investigação e Formação, Globalização e Desenvolvimento Profissional do Professor*. Lisboa: Escola Superior de Educação de Lisboa.
- Chang, H. Y., Quintana, C., & Krajcik, J. S. (2010). The impact of designing and evaluating molecular animations on how well middle school students understand the particulate nature of matter. *Science Education*. 94:73-94.
- Comissão Europeia (2018). Recomendação do Conselho sobre as Competências Essenciais para a Aprendizagem ao Longo da Vida. *Jornal Oficial da União Europeia*.
- Conde, B., Santos, F., Barreto, M.A., Pereira, M.I. & Fonseca, M. (2021). From alternative to scientific conceptions in the learning of Physics of Sound: students' perceptions of learning using active methodologies and computer simulators. In *Proceedings from ICITED'21, Smart Innovation, Systems and Technologies*, Springer Nature.

- Coutinho, C., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. & Vieira, S. (2009). Investigação-acção: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*. 13:2, 355-379.
- Coutinho, C., & Lisboa, E. (2011). Sociedade da Informação, do Conhecimento e da Aprendizagem: Desafios para Educação no Século XXI. *Revista de Educação*, 18(1), 5–22.
- Coutinho, C. P. (2014). *Metodologias de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática (2.ª edição)*. Coimbra: Editora Almedina.
- Decreto-Lei n.º 139/2012 de 5 de julho.
- Dillenbourg P. (1999) What do you mean by collaborative learning?. In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. (pp.1-19). Oxford: Elsevier.
- DiSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2-3),105-225.
- Duit, R. & Treagust, D. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*. 3. 297-328. 10.1007/s11422-008-9090-4.
- Elliott, J. (1991) *Action Research for Educational Change*. Buckingham: Open University Press.
- Farias, M. (2019). *Design thinking na elaboração de um produto educacional: roteiro de aprendizagem – estruturação e orientações*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus.
- Figueiroa, A., Monteiro, A., Silva, A., Couto, J.M., Bento, M., Campos, O. & Barros, R. (2018). *Ambientes Educativos Inovadores e Competências Dos Estudantes Para o Século XXI*. Santo Tirso: Whitebooks.
- Fino, C. (2001). Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(2), 273-291.
- Freiberger, R. M., & Berbel, N. A. N. (2010) A importância da pesquisa como princípio educativo na atuação pedagógica de professores de educação infantil e ensino fundamental. *Cadernos de Educação*, 37, 207-245.

- Garbett, D. (2011). Constructivism Deconstructed in Science Teacher Education. *Australian Journal of Teacher Education*, 36(6).
- Gilbert, J., & Watts, M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 31-57.
- Hmelo-Silver, C. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. *Educational Psychology Review*, 16(3). 235-266.
- Hrepic, Z., Zollman, D. & Rebello, N. (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. 10.1103/PhysRevSTPER.6.020114.
- Honey, M. & Hilton, M. (2012). *Learning Science through Computer Games and Simulations*. Vol. 48. Committee on Science Learning. Whashington D.C.: The National Academy Press.
- Houle, M. & Barnett, G. (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 Technology* 17, 242–251. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9094-6>
- Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). Problem-Based Learning. In J. M. Spector, J. G. van Merriënboer, M. D., Merrill, & M. Driscoll (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (3 ed., pp. 485-506).
- Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer Simulations in Physics Teaching and Learning: A Case Study on Students' Understanding of Trajectory Motion. *Computers and Education* 36(2):183–204.
- Jonassen, D. (2011). Supporting problem solving in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 5(2), 9–27.

- Jong, T. de, & Joolingen, W. R. van. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201.
- Karlsson, G., Ivarsson, J., & Lindström, B. (2013). Agreed Discoveries: Students' Negotiations in a Virtual Laboratory Experiment. *Instructional Science*, 41(3), 455-480.
- Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). Teaching for conceptual understanding in science. NSTA Press, National Science Teachers Association.
- Latorre, A. (2005). *La investigación-acción – Conocer y cambiar la práctica educativa*. Editorial Graó, Barcelona.
- 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*, 345-358.
- Leite, L. & Afonso, A. (2000). Portuguese school textbooks' illustrations and students' alternative conceptions on sound. In *Actas do International Conference "Physics Teacher Education beyond 2000 – PHYTEB"* (Cd-Rom). Barcelona: Physics Teacher Training in an Information Society (PTTIS).
- Linder, C. (1993) University physics students' conceptualizations of factors affecting the speed of sound propagation, *International Journal of Science Education*, 15(6), 655-662.
- Liu, C.H. & Matthews, R. (2005) Vygotsky's philosophy: Constructivism and its criticisms examined. *International Education Journal*, 6(3), 386-399.
- Liu, T. C., Lin, Y. C., & Kinshuk. (2010). The Application of Simulation-Assisted Learning Statistics (SALS) for Correcting Misconceptions and Improving Understanding of Correlation. *Journal of Computer Assisted Learning* 26(2):143–58.
- Lovato, F., Loreto, E., Michelotti, A. & Silva, C. (2018). Metodologias Ativas de Aprendizagem: Uma Breve Revisão. *Acta Scientiae*. 20. 10.17648/acta.scientiae.v20iss2id3690.
- Lunce, L. M. (2006). Simulations: Bringing the benefits of situated learning to the traditional classroom. *Journal of Applied Educational Technology*, 3(1), 37–45.

- Macêdo, J. A. de, & Dickman, A. G. (2009). Simulações computacionais como ferramentas auxiliares ao ensino de conceitos básicos de eletricidade. *In XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física* (pp. 1–12).
- Marôco, J., Gonçalves, C., Lourenço, V., & Mendes, R. (2016). PISA 2015 - Portugal – Volume I: Literacia Científica, Literacia de Leitura & Literacia Matemática. Lisboa: Instituto de Avaliação Educativa, I.P.
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carrillo, J., Silva, L., Encarnação, M., Horta, M., Calçada, M., Nery, R., Rodrigues, S. (2017). *Perfil Dos Alunos à Saída Da Escolaridade Obrigatória*. (J. V. Pedroso, Ed.). Ministério da Educação. Direção-Geral da Educação.
- Matveevskii, A. S., & Gravenstein, N. (2008). Role of simulators, educational programs, and nontechnical skills in anesthesia resident selection, education, and competency assessment. *Journal of Critical Care*, 23, 167-172.
- Maurines, L. (1992) Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals, *International Journal of Science Education*, 14(3), 279-293.
- Ministério da Educação e Ciência (2013). *Metas Curriculares do 3.º ciclo do ensino básico – Ciências Físico-Químicas*.
- Ministério da Educação (2018). *Aprendizagens Essenciais, 3.º ciclo do ensino básico, 8.º ano, Físico-Química*.
- Mirana, V. P. (2016). Effects of Computer Simulations and Constructivist Approach on Students' Epistemological Beliefs, Motivation and Conceptual Understanding in Physics. *International Conference on Research in Social Sciences, Humanities and Education*. 89–93.
- Mitre, S. M., Siqueira-Batista, R., Girardi-de-Mendonça, J. M., Morais-Pinto, N. M. de, Meirelles, C. A. B., Pinto-Porto, C., Moreira, T., & Hoffmann, L. M. A. (2008) Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. *Ciência & Saúde Coletiva*, 3(2), 2133-2144.
- Morais, A. M., Neves, I. P., Ferreira, S., Afonso, M., Silva, P., Saraiva, L., & Castro, S. (2015). Algumas Propostas de Intervenção Pedagógica. In Conselho Nacional de Educação (Ed.), *Currículos de Nível Elevado no Ensino das Ciências* (pp. 240–284). Lisboa: Conselho Nacional de Educação.

- Moran, J. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção mídias contemporâneas. *Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*, 2(1), 15-33.
- Moreira, M. A. & Greca, I. M. (2003) Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação*, Bauru, 9 (2), 301-315.
- Mortimer, E. F (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39.
- Mulhall, P., & Gunstone, R. (2012). Views about learning physics held by physics teachers with differing approaches to teaching physics. *Journal of Science Teacher Education*, 23(5), 429-449.
- Nielsen, W. & Hoban, G. (2015). Designing a Digital Teaching Resource to Explain Phases of the Moon: A Case Study of Preservice Elementary Teachers Making a Slowmation. *Journal of Research in Science Teaching* 52(9):1207–33.
- Novak, J. D. (1993). A View on the Current Status of Ausubel's Assimilation Theory of Learning. *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* 12–23.
- Nowak, A., Rychwalska, A. & Borkowski, W. (2013) 'Why Simulate? To Develop a Mental Model'. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 16 (3) 12 <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/3/12.html>>. doi: 10.18564/jasss.2235.
- OCDE (2016), Education at a Glance 2016: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris.
- OCDE (2018), The future of education and skills: Education 2030, OECD Publishing, Paris.
- 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.
- Ponte, J.P. (2006). Investigar a nossa própria prática: Uma estratégia de formação e de construção do conhecimento profissional. *PNA: Revista de investigación en Didáctica de la Matemática*.

- Ribeiro, A. A., & Greca, I. M. (2003). Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. *Química Nova*, 26(4), 542–549.
- Roldão, M. do C., Peralta, H., & Martins, H. P. (2017). *Currículo do ensino Básico e do Ensino Secundário para a Construção de Aprendizagens Essenciais Baseadas no Perfil do Aluno*. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência.
- Rosa, V., Maia, J. P., Mascarenhas, D., & Teodoro, A. (2020). PISA, TIMSS e PIRLS Em Portugal: Uma Análise Comparativa. *Revista Portuguesa de Educação* 33(1):94–120.
- Rutten, N., van Joolingen, W.R. & van der Veen, J.T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153. Elsevier Ltd.
- Ryoo, K. and Linn, M.C. (2012), Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis?. *Journal of Research in Science Teaching*, 49: 218-243. <https://doi.org/10.1002/tea.21003>
- Sadideen, H., Hamaoui, K., Saadeddin, M., & Kneebone, R. (2012). Simulators and the simulation environment: getting the balance right in simulation-based surgical education. *International Journal of Surgery*, 10, 458-462.
- Sarabando, C., Cravino, J. P., & Soares, A. A. (2014). Contribution of a computer simulation to students' learning of the physics concepts of weight and mass. *Procedia Technology*, 13, 112-121.
- Saura Llamas, O. & Pro bueno, A. (1999). ¿Utilizan los alumnos esquemas conceptuales en la interpretación del sonido? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(.2), 193-210.
- 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.
- Silva, P., Silva, F. & Silva, M. (2015). O construtivismo e a experimentação como tendências pedagógicas e metodológicas para o ensino da Física moderna. *Interacções*. 11(39), 430-444. <https://doi.org/10.25755/int.8750>.
- Sisto, F. F. (1993, julho). Fundamentos para uma aprendizagem construtivista, *Proposições*, 4(2), 38-52.

- Soderberg, P. & Price, F. (2003). An Examination of Problem-Based Teaching and Learning in Population Genetics and Evolution Using EVOLVE, a Computer Simulation. *International Journal of Science Education*, 25(1), 35-55.
- Stathopoulou, C., & Vosniadou, S. (2007). Conceptual Change in Physics and Physics-Related Epistemological Beliefs: A Relationship under Scrutiny. *Reframing the Conceptual Change Approach in Learning and Instruction*. 145–63.
- Strauss, R.T. & Kinzie, M.B. (1994). Student Achievement and Attitudes in a Pilot Study Comparing an Interactive Videodisc Simulation to Conventional Dissection. *The American Biology Teacher*, 56(7), 398-402.
- Takahashi, Tadao (Org) (2000). Sociedade da informação no Brasil: Livro Verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia.
- Techakosit, S., and P. Nilsook. (2015). Using Augmented Reality for Teaching Physics. *International E-Learning Conference 2015, Thailand Cyber University*. (July):282–87.
- Teodoro, V. D. (1997). Modelação computacional em ciências e matemática. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*, 10(2), 171–182.
- UNESCO. (2016). *Repensar a Educação - Rumo a um bem comum mundial?* Brasília: UNESCO.
- Vekli, G. & Cimer, A.. (2012). Designing Computer Assisted Problem Based Learning Environment in the Subject of Endocrine System in Human Beings for High School Biology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 47. 303–310. 10.1016/j.sbspro.2012.06.655.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. doi:10.1016/0959-4752(94)90018-3
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 381-419.
- Wallace, J., & Louden, B. (2003). What we don't understand about teaching for understanding: questions from science education. *Journal of Curriculum Studies*, 35(5), 545-566. <https://doi.org/10.1080/0022027032000066677>

- Widiyatmoko, A. (2018). The Effectiveness of Simulation in Science Learning on Conceptual Understanding: A Literature Review. *Journal of International Development and Cooperation* 24(1 • 2):35–43.
- Yew, E. & Goh, K. (2016) Problem-Based Learning: An Overview of its Process and Impact on Learning, *Health Professions Education*, 2(2), 75-79.
- Yu, W.-F., She, H.-C. & Lee, Y.-M. (2010). The effects of Web-based/non-Web-based problem-solving instruction and high/low achievement on students' problem-solving ability and biology achievement. *Innovations in Education and Teaching International*. 47.(2), 187-199.

ANEXOS

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO “APRENDIZAGENS SOBRE O TEMA PRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO DO SOM”

Aprendizagens sobre o tema "Produção e propagação do som"

Lê com atenção as questões antes de responderes.

Responde a todas as questões da forma mais completa possível.

Desde já, agradeço a tua colaboração!
Prof. Bruno Conde

***Obrigatório**

1. Escreve o teu número de estudante (n.º do cartão do aluno).

Questão 1

1. Considera a imagem seguinte, que mostra uma bolinha feita com folha de alumínio que está em frente a um altifalante. (Figura: fonte própria)



2. 1.1. O que prevês que acontece à bolinha de alumínio quando se liga o altifalante? *

3. 1.2. O que prevês que acontece à bolinha de alumínio, caso o altifalante produza um som mais agudo, mas mantendo a intensidade (igual "volume sonoro")? *

4. 1.3. O que prevês que acontece à bolinha de alumínio, caso o altifalante produza um som com a mesma nota musical que na alínea 1.1., mas sendo um som mais forte (em linguagem comum, com "maior volume")? *

5. 1.4. Pensando nos vários tipos de instrumentos musicais, tenta explicar como é que os sons são produzidos (qual é a origem dos sons)? *

Questão 2

2. Considera a situação em que um condutor de um carro faz apitar a buzina e uma pessoa que está a uma certa distância ouve o som da buzina. Nota: a zona cinzenta corresponde à região onde se ouve a buzina.

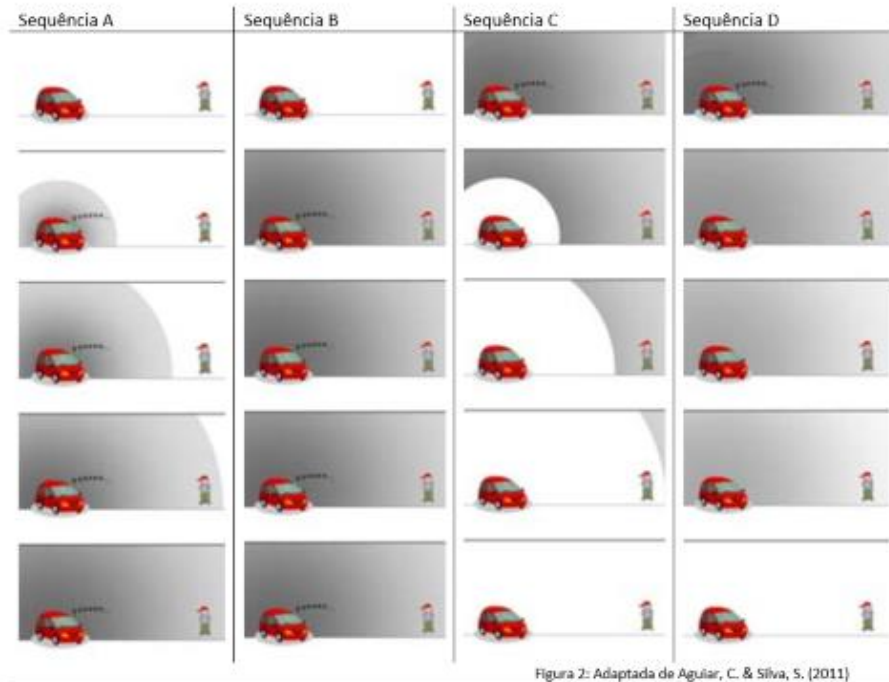


Figura 2: Adaptada de Aguiar, C. & Silva, S. (2011)

6. 2.1. Qual das sequências de figuras (A, B, C ou D) representa a situação em que o condutor começa a apitar? *

Marcar apenas uma oval.

- Sequência A
- Sequência B
- Sequência C
- Sequência D

7. 2.2. Qual das seqüências de figuras (A, B, C ou D) representa a situação em que o condutor para de apitar (deixa de tocar a buzina)? *

Marcar apenas uma oval.

- Seqüência A
- Seqüência B
- Seqüência C
- Seqüência D

Questão 3

8. 3. Os livros e as pessoas falam frequentemente de ondas sonoras. Numa linguagem tão simples quanto possível, descreve o que é uma onda sonora. (Tenta explicar da forma mais completa possível.) *

Questão 4

4. A 18 de fevereiro de 2021, o robot Perseverance rover enviado pela NASA pousou no solo do planeta Marte. Este rover integra um conjunto sofisticado de sensores, entre os quais se incluem sensores para captar imagem e som. (Figura: fonte https://news.mit.edu/sites/default/files/styles/news_article_image_gallery/public/images/202102/MIT-3QMarsRover-01-press_0.jpg?itok=2tstTMkU)



9. 4.1. Sabendo que a atmosfera de Marte é maioritariamente constituída por dióxido de carbono (cerca de 95%), será que o sensor de som deteta alguma informação? Justifica. *

10. 4.2. Caso o sensor consiga detetar sons em Marte, será possível ouvi-los Terra? Justifica. *

11. 4.3. Teria algum interesse instalar sensores de som na Lua? Justifica. *

12. 4.4. Relativamente ao som, será que este se transmite em todos os meios materiais? Explica a tua resposta. *

Questão 5

5. Considera a situação representada na imagem seguinte, na qual uma rapariga e um rapaz estão a diferentes distâncias de um altifalante, o qual pode emitir sons com características diferentes. (Figura: fonte própria)



13. 5.1. Qual dos sons a rapariga ouve primeiro? *

Marcar apenas uma oval.

- A. Som forte (com "maior volume")
- B. Som fraco (com "menor volume")
- C. Ambos os sons, em simultâneo

14. 5.2. Qual dos sons a rapariga ouve primeiro? *

Marcar apenas uma oval.

- A. Som grave
- B. Som agudo
- C. Ambos os sons, em simultâneo

15. 5.3. A rapariga e o rapaz estão a diferentes distâncias do altifalante. Das seguintes afirmações, seleciona a correta. *

Marcar apenas uma oval.

- A. O som terá maior velocidade quando passar pela menina do que quando passar pelo menino;
- B. O som terá maior velocidade quando passar pelo menino do que quando passar pela menina;
- C. O som terá igual velocidade quando passar pela menina do que quando passar pelo menino.

16. 5.4. Pensando no som que é emitido pelo altifalante, podemos afirmar que: *

Marcar apenas uma oval.

- A. O rapaz tem uma perceção do som como sendo mais agudo do que a rapariga ouve.
- B. O rapaz tem uma perceção do som como sendo mais grave do que a rapariga ouve.
- C. Ambos têm a mesma perceção do som emitido pelo altifalante (em termos de nota musical).

17. 5.5. Pensando no som que é emitido pelo altifalante, podemos afirmar que: *

Marcar apenas uma oval.

- A. O rapaz tem uma percepção do som como sendo mais forte (mais intenso; maior "volume") do que a rapariga ouve.
- B. O rapaz tem uma percepção do som como sendo mais fraco (menos intenso; menor "volume")do que a rapariga ouve.
- C. Ambos têm a mesma percepção do som (em termos de intensidade ou "volume" sonoro).

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO “UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES PARA ESTUDAR A PROPAGAÇÃO DO SOM”

Utilização de simuladores para estudar a propagação do som

O questionário seguinte pretende conhecer a tua opinião acerca da utilização de simuladores nas aulas de Físico-Química e do método de aprendizagem implementado pelo professor.

A informação fornecida é confidencial e anónima.

Lê cada afirmação e seleciona a opção que considerares mais adequada. Não existem respostas certas ou erradas.

***Obrigatório**

1. 1. A utilização dos simuladores facilitou a compreensão das matérias abordadas. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

2. 2. A utilização dos simuladores estimulou a minha participação nas atividades. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

3. 3. Senti que a utilização dos simuladores me permitiu ter um papel mais ativo na aprendizagem. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

4. 4. A motivação para o estudo do tema foi maior com a utilização dos simuladores. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

5. 5. Gostaria de utilizar simuladores para aprender outras matérias. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

6. 6. Indica o teu grau de satisfação com a utilização de simuladores para aprender sobre o tema da propagação do som. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Muito insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

7. 7. Se pudesses, escolherias simuladores como ferramentas de aprendizagem? *

Marcar apenas uma oval.

- Não
 Sim

Método de ensino e de aprendizagem

8. 8. O método de ensino que o professor utilizou (através do questionamento constante, em vez de explicar diretamente as matérias) facilitou a compreensão das matérias abordadas. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

9. 9. O método de ensino que o professor utilizou (através do questionamento constante, em vez de explicar diretamente as matérias) estimulou a minha participação nas atividades. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

10. 10. A motivação para o estudo do tema foi maior com este método de ensino. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

11. 11. Indica o teu grau de satisfação com o método utilizado pelo professor para ensinar o tema da propagação do som. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Muito insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

12. 12. Se dependesse de ti, aconselharias o professor a utilizar sempre este método de ensino para melhorar a aprendizagem de outras matérias? *

Marcar apenas uma oval.

Não

Sim

Comentários e opiniões sobre as atividades realizadas no estudo do tema do Som

A pergunta seguinte é facultativa (não é obrigatório responder).

13. Reflete e escreve sobre o que sentiste durante a realização das atividades de aprendizagem que o professor disponibilizou para aprenderes sobre o tema do Som.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

ANEXO 3 – ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO

Atividade "Produção do som"

Com esta atividade vais aprender:

- Como é que os sons são produzidos;
- Quais são as características do fenómeno que origina os sons.

Em todas as questões, tenta dar uma resposta completa e bem justificada.

Boa aprendizagem!

1. Email *

2. 1. O que é um som?

Em caso de dificuldade, podes consultar fontes online. Sugestão:

<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/som> ;

<https://www.scienceworld.ca/resource/sound/>

3. 2. Que tipos de instrumentos musicais existem?

4. 3. Nos diferentes tipos de instrumentos musicais, o que é que acontece para que o som seja produzido? Numa guitarra, por exemplo, o que é que acontece às cordas? E num tambor? E num diapasão? E numa flauta?

Em caso de dificuldade, podes consultar fontes online. Sugestão: <https://www.youtube.com/watch?v=ymCa87hYIUE> ; https://www.youtube.com/watch?v=Ru_gEgtyZIU

5. 4. O que é uma vibração?

6. 5. Como é que a voz humana é produzida?

7. 6.1. Em termos da vibração da corda de uma guitarra, o que é que acontece quando se puxa a corda com mais força?

8. 6.2. Em termos da vibração da corda de uma guitarra, o que é que acontece quando se reduz o tamanho da corda?

9. 7. Como é que se pode definir frequência de uma vibração?

Para responder a esta questão, utiliza o simulador que está disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt.html

10. 8. Como é que se pode definir amplitude de uma vibração?

Para responder a esta questão, utiliza o simulador que está disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt.html

11. 9. Descreve, da forma mais completa possível, as aprendizagens que realizaste. (O que é que aprenderam?)

12. 10. Descreve todas as dificuldades encontradas durante a atividade.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

Atividade Som_02 "Propagação do som"

Com esta atividade vais aprender:

- Como é que os sons são transmitidos através de um meio material (desde a fonte até ao recetor).

Para começar, acede ao simulador "Ondas: Intro", disponível em

https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html

No simulador, escolhe o separador "Som", coloca a velocidade em "Lento", seleciona "Tom de Reprodução" e "Partículas".

Em todas as questões, tenta dar uma resposta completa e bem justificada.

Faz uma previsão do que vai acontecer e só depois é que verificas se a tua previsão está correta.

Boa aprendizagem!

1. O que achas que vai acontecer à membrana do altifalante quando for ligado?

Em caso de dificuldade, podes consultar fontes online. Sugestão: <https://www.youtube.com/watch?v=RxdFP31OYAq>.

2. O que vai acontecer às partículas do meio material quando o altifalante for ligado?

3. 3. O que é que provoca o movimento das partículas, ou seja, o que é que faz com que as partículas se movimentem do modo observado?

4. 4. O que é que se está a propagar através do material? (Sugestão: Explica o melhor possível e tenta ser rigoroso na resposta dada. Se ajudar, podes pensar em termos de uma grandeza física.)

5. 5. Descreve o processo da transmissão do som através do material. (Explica o melhor possível e tenta ser rigoroso na resposta dada.)

6. 6. Descreve, da forma mais completa possível, as aprendizagens que realizaste. (O que é que aprenderam?)

7. 7. Descreve todas as dificuldades encontradas durante a atividade.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

Atividade Som_03 "Propagação do som"

Com esta atividade vais aprender:

- Em que meios é que o som se pode propagar (transmitir).
- Como varia a perceção do som quando a distância entre a fonte sonora e o recetor muda.

Para começar, descarrega o simulador "sound_pt", que o professor disponibiliza. Não te esqueças que tens que ter o programa Java instalado no computador.

O simulador também está disponível em Ondas Sonoras - Som | Ondas - Simulações Interativas PhET (colorado.edu).

Neste simulador, vais explorar os separadores "Ouça de uma fonte única" e "Ouça variando a pressão do ar" (primeiro e último separadores, respetivamente).

Em todas as questões, tenta dar uma resposta completa e bem justificada.

Faz uma previsão do que vai acontecer e só depois é que verificas se a tua previsão está correta.

Boa aprendizagem!

1. O que acontece à frequência (altura) do som que ouvimos se estivermos mais longe da fonte sonora?

2. O que acontece à amplitude (intensidade) do som que ouvimos se estivermos mais longe da fonte sonora?

3. 3. Será que o som se propaga no vazio (vácuo)?

4. 4. Será que o som se propaga em todos os meios materiais? (Sugestão: Para se encontrar uma resposta a esta questão, podemos pensar em várias formas de os animais comunicarem.)

5. 5. Quando efetuamos uma chamada telefónica, como é que o som é transmitido entre os telemóveis?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

Atividade Som_04 "Velocidade do som"

Com esta atividade vais aprender:

- Determinar a velocidade;
- Verificar como varia a velocidade do som em função da frequência e da amplitude.

Para começar, descarrega o simulador "sound_pt", que o professor disponibiliza. Não te esqueças que tens que ter o programa Java instalado no computador.

O simulador também está disponível em [Ondas Sonoras - Som I Ondas - Simulações Interativas PhET \(colorado.edu\)](http://Ondas_Sonoras_-_Som_I_Ondas_-_Simulacões_Interativas_PhET_(colorado.edu)).

Neste simulador, vais explorar o separador "Medir".

Em todas as questões, tenta dar uma resposta completa e bem justificada.

Faz uma previsão do que vai acontecer e só depois é que verificas se a tua previsão está correta.

Boa aprendizagem!

1. *A velocidade de propagação do som varia com a frequência de vibração do altifalante? (Se alterarmos a altura de um som (mais grave ou mais agudo), isso altera a sua velocidade de propagação?)*

2. *A velocidade de propagação do som varia com a amplitude de vibração do altifalante? (Se alterarmos a intensidade de um som (maior ou menor "volume sonoro"), isso altera a sua velocidade de propagação?)*

3. *Como determinar a velocidade de propagação do som?*

Indicações:

Para cada questão-problema, deves planear um procedimento que te permita fazer as medições necessárias à elaboração de uma resposta.

Deves apresentar os resultados das medições e os cálculos efetuados.

As medições devem ser realizadas do modo mais rigoroso possível. Deves realizar, pelo menos, três medições, de modo a ter dados para calcular valores médios.

Nota: A realização de diversas medições e o recurso à estatística permitem minimizar os erros decorrentes de eventuais falhas cometidas aquando de uma medição única.

Regista todos os dados recolhidos.

Apresenta os cálculos realizados que permitem responder às questões-problema.

ANEXO 4 – GRÁFICOS PARA ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pergunta 2

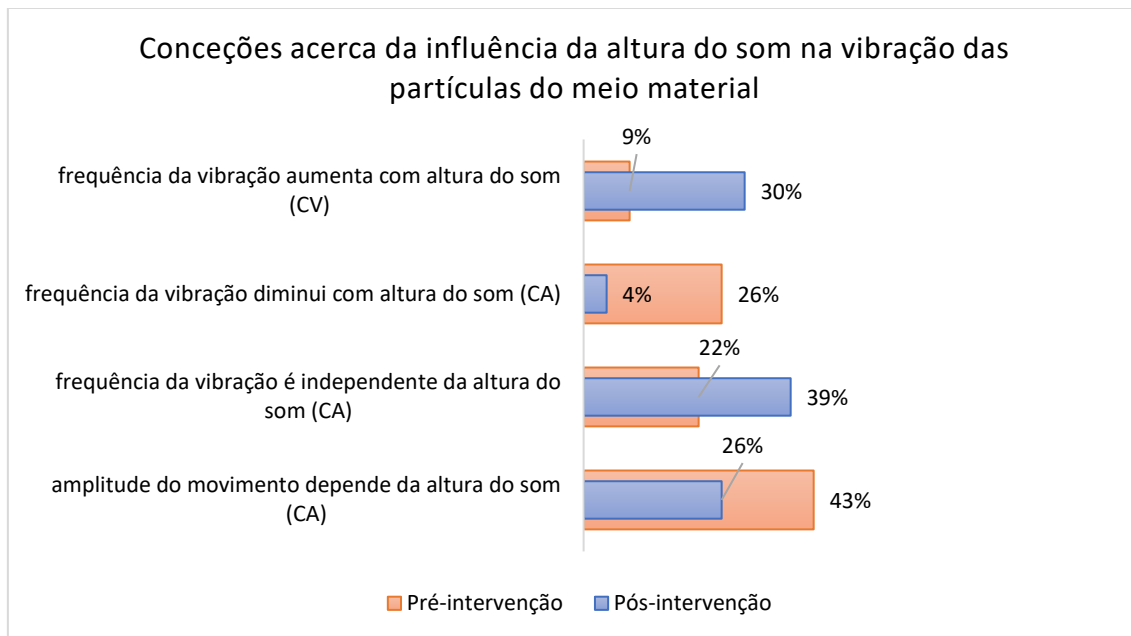


Gráfico 24 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da influência da altura do som na vibração das partículas do meio material.

Conceções acerca da influência da altura do som na vibração das partículas do meio material

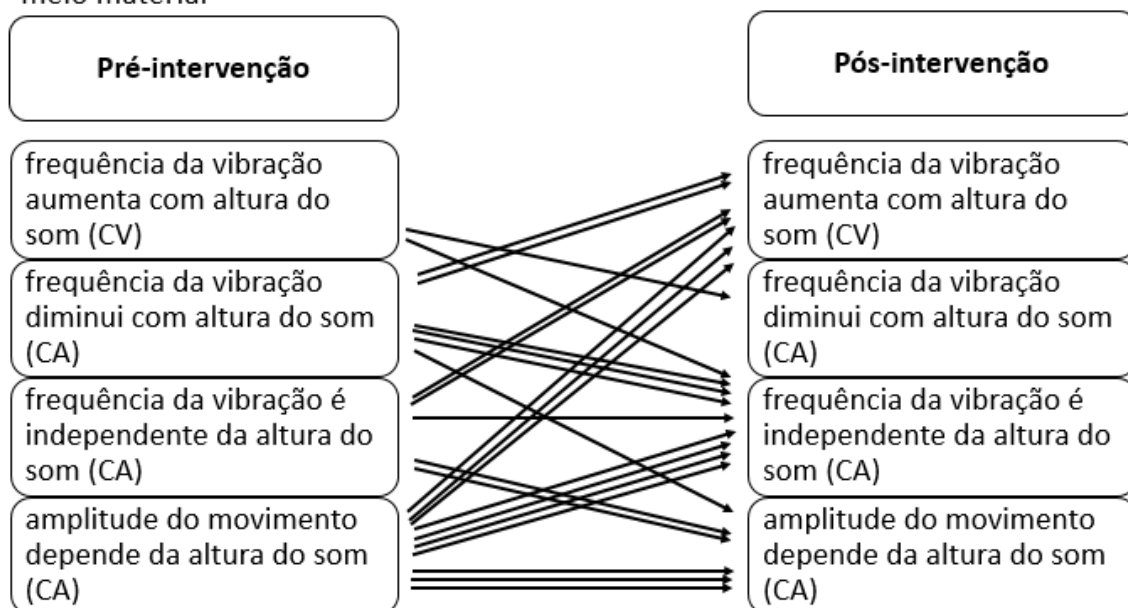


Gráfico 25 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da influência da altura do som na vibração das partículas do meio material.

Pergunta 3

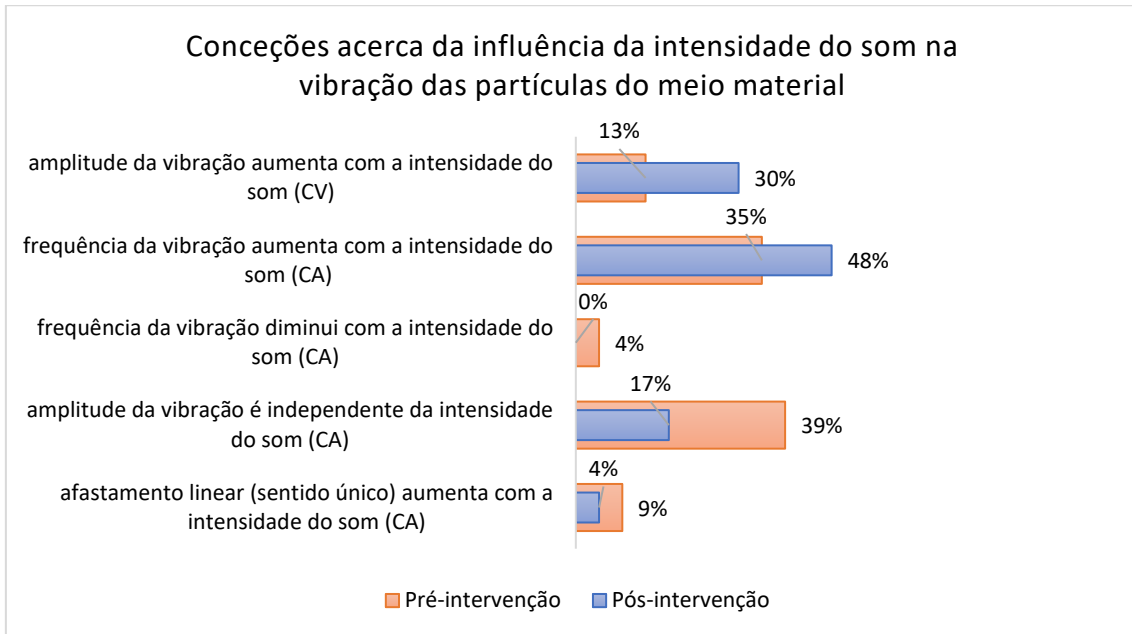


Gráfico 26 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da influência da intensidade do som na vibração das partículas do meio material.

Concepções acerca da influência da intensidade do som na vibração das partículas do meio material

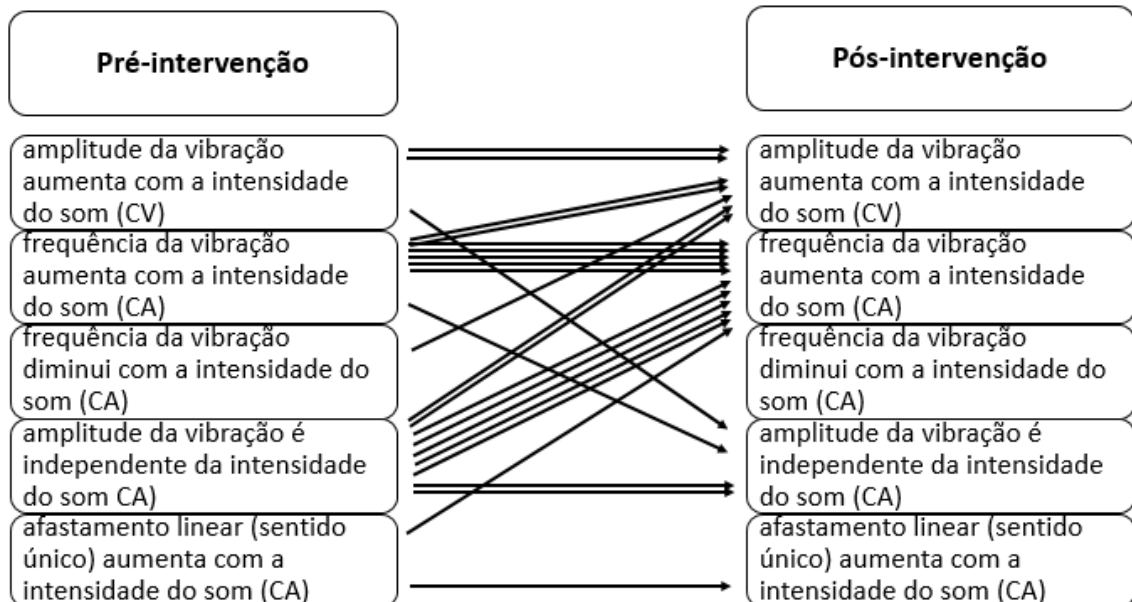


Gráfico 27 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da influência da intensidade do som na vibração das partículas do meio material.

Pergunta 4

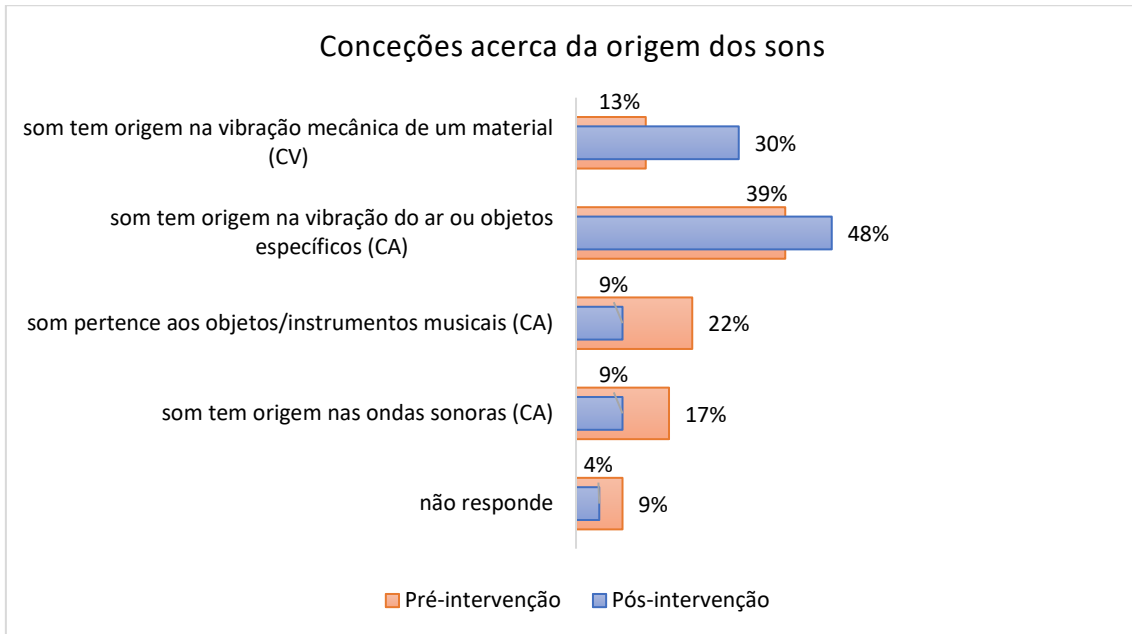


Gráfico 28 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da origem dos sons.

Concepções acerca da origem dos sons

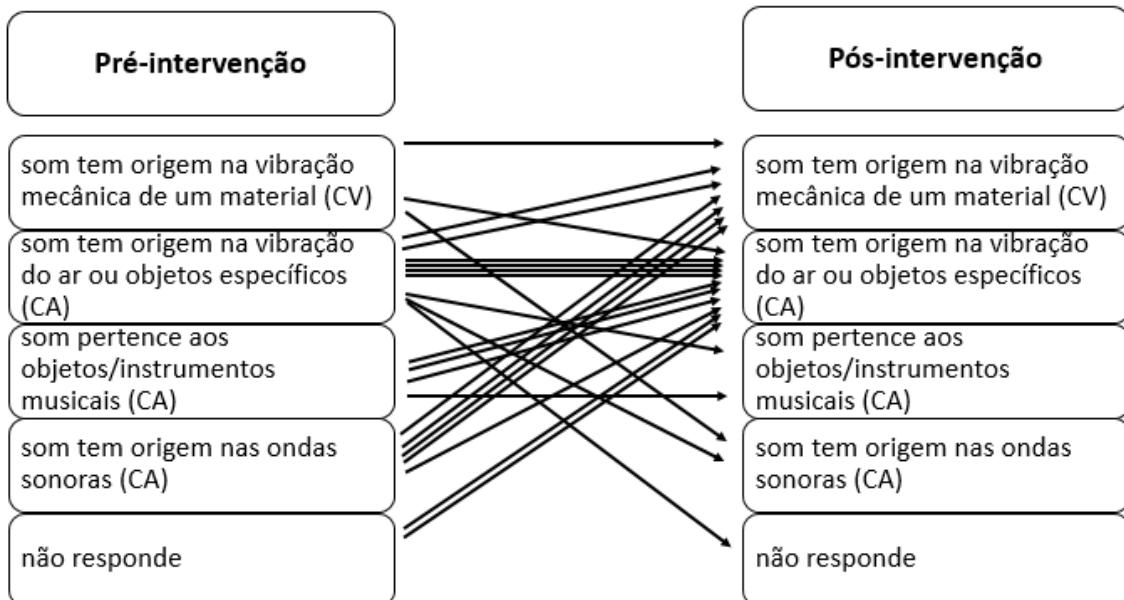


Gráfico 29 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da origem dos sons.

Pergunta 5

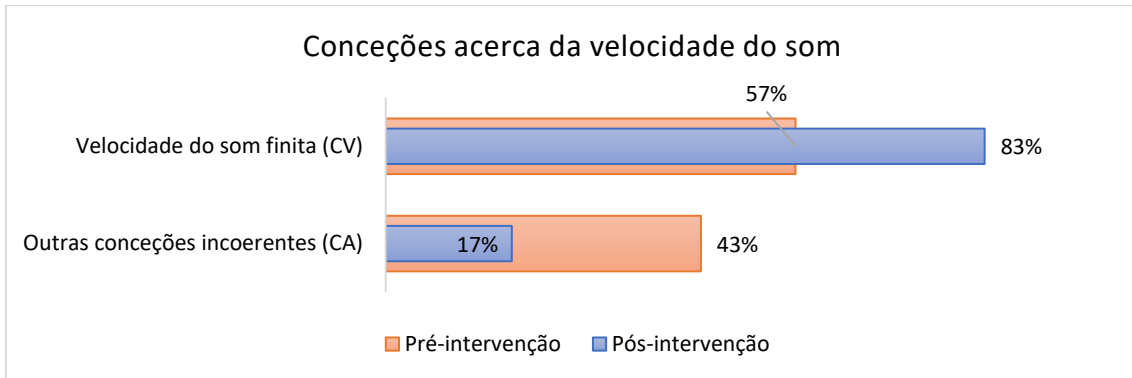


Gráfico 30 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da velocidade do som.

Concepções acerca da velocidade do som

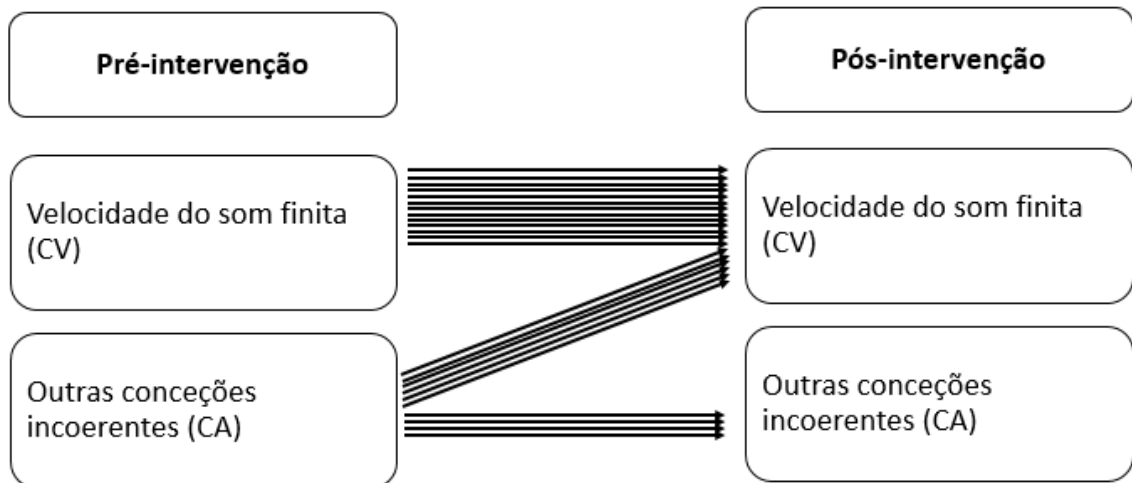


Gráfico 31 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da velocidade do som.

Pergunta 6

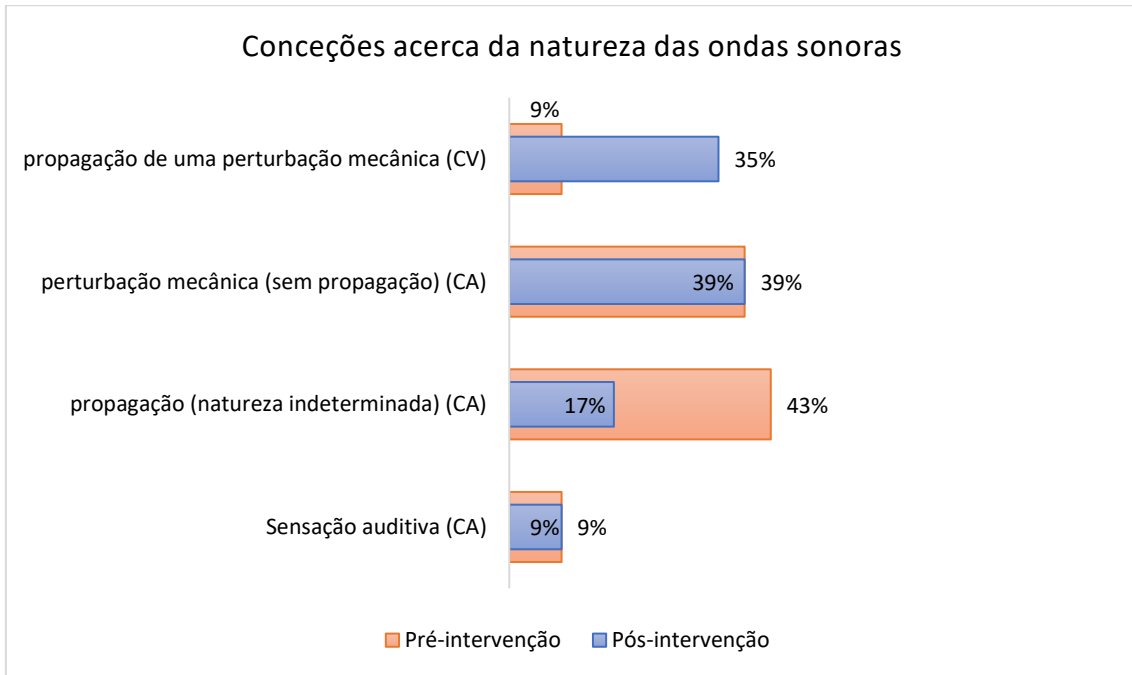


Gráfico 32 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da natureza das ondas sonoras.

Concepções acerca da natureza das ondas sonoras

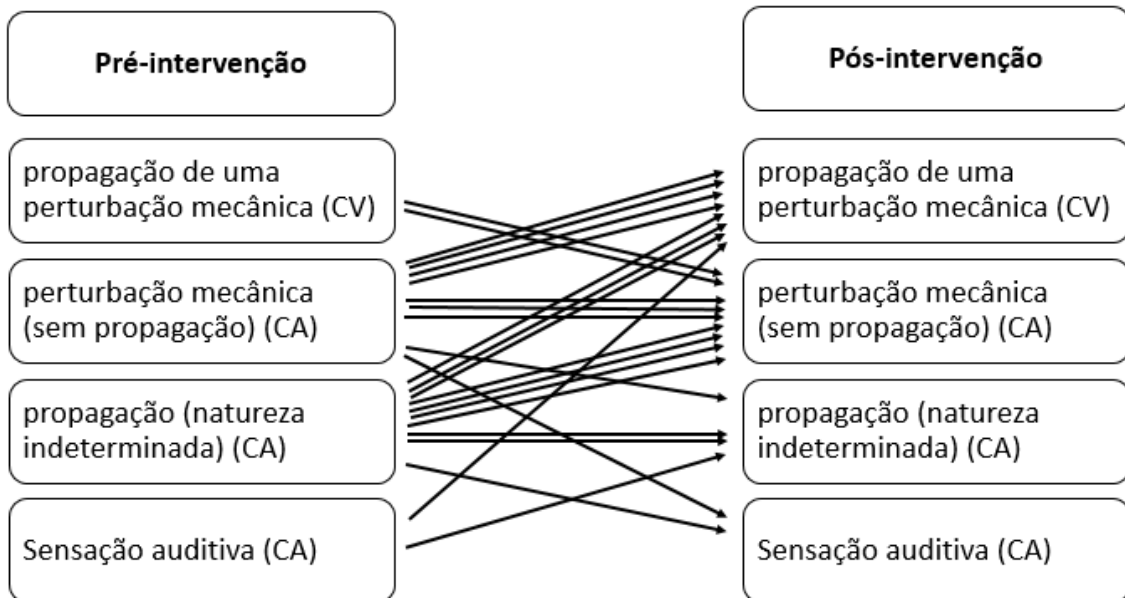


Gráfico 33 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da natureza das ondas sonoras.

Pergunta 7

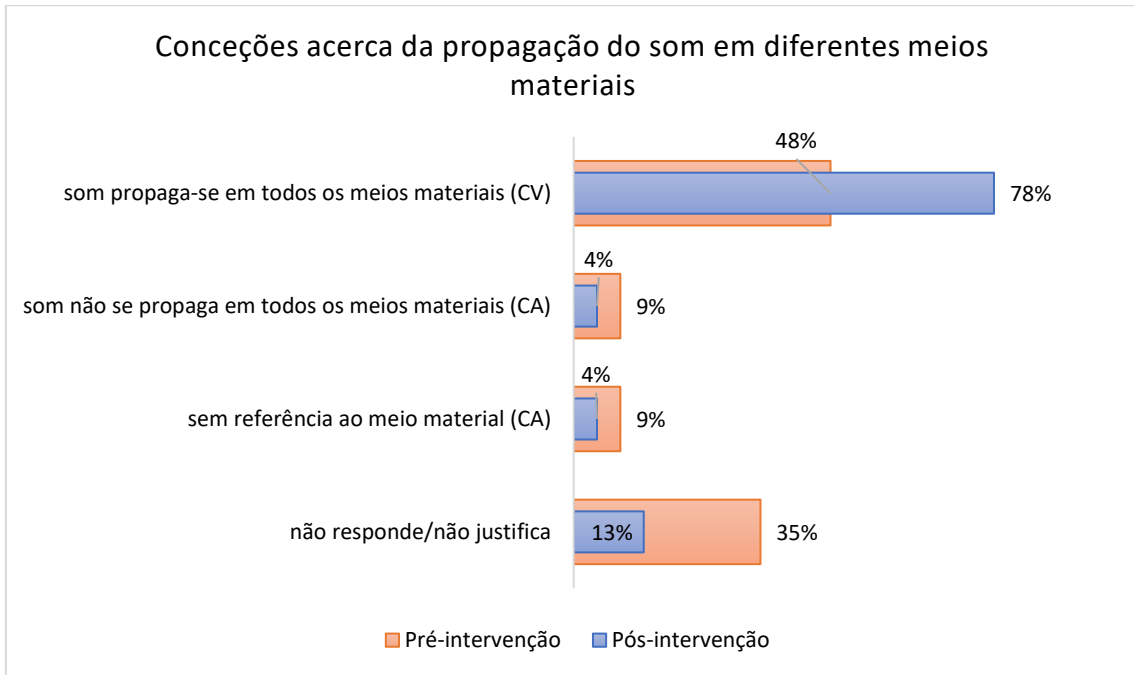


Gráfico 34 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais.

Concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais

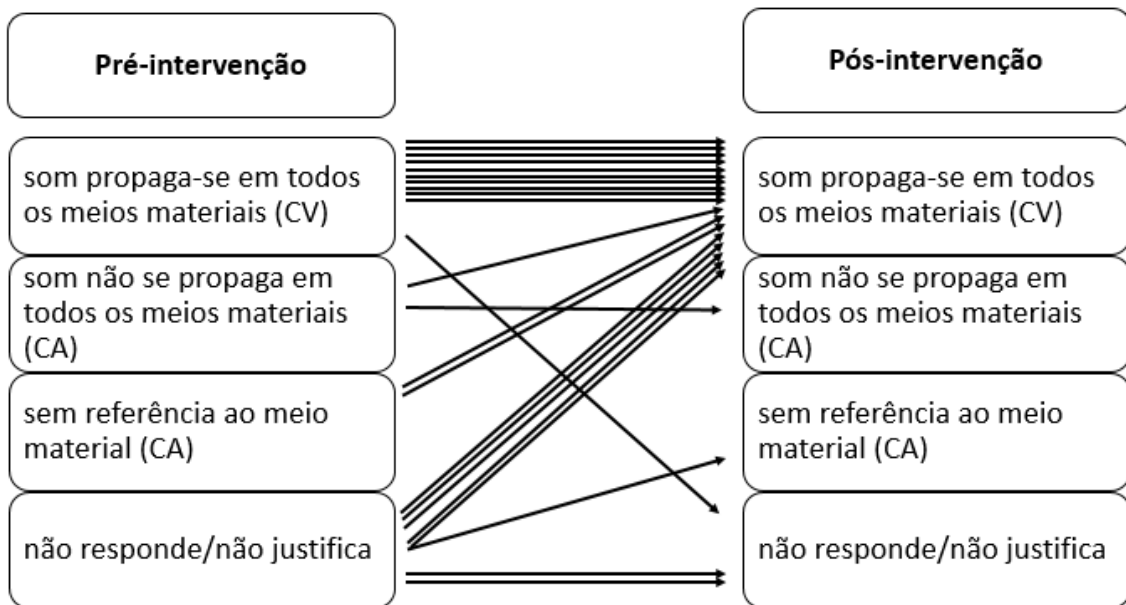


Gráfico 35 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais.

Pergunta 8

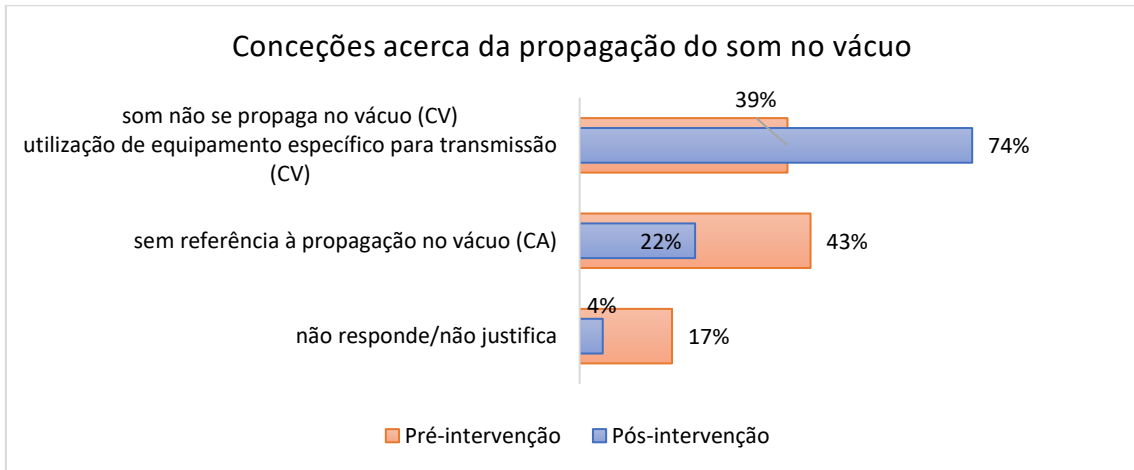


Gráfico 36 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo.

Conceções acerca da propagação do som no vácuo

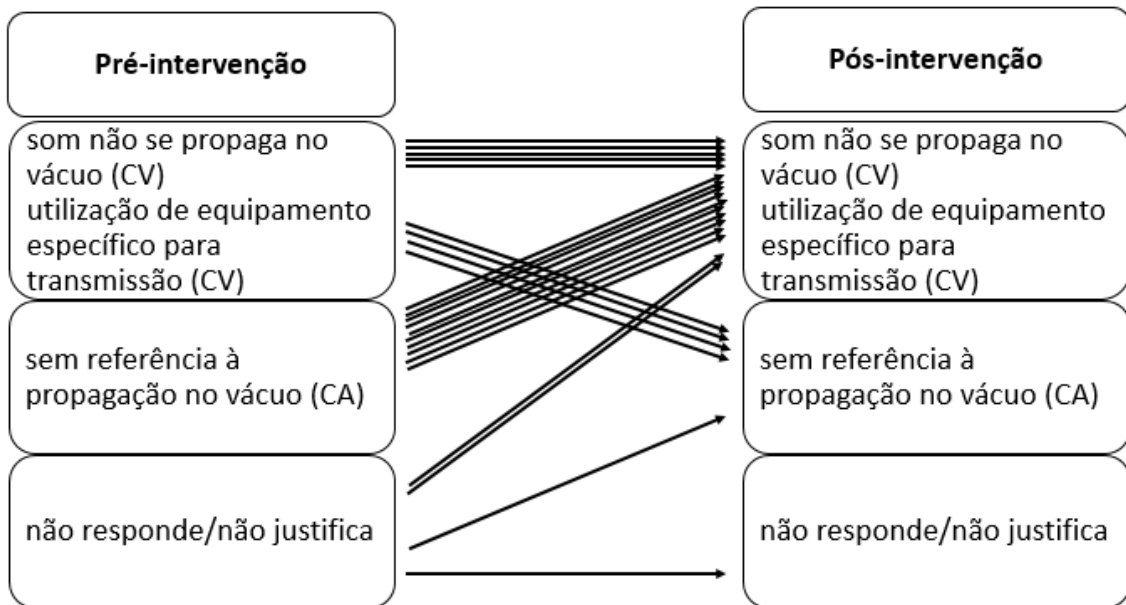


Gráfico 37 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo.

Pergunta 9

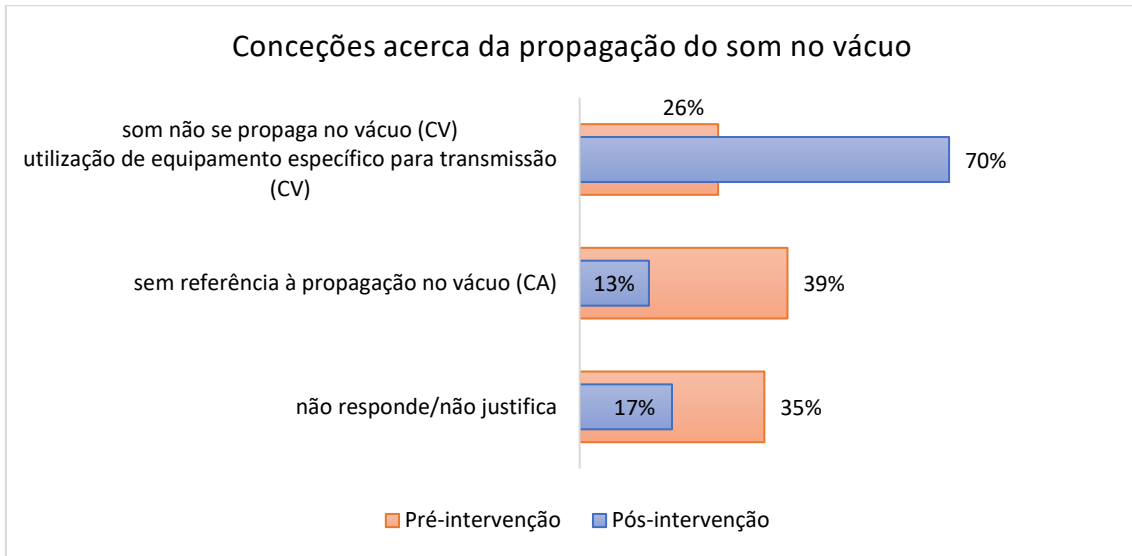


Gráfico 38 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo.

Conceções acerca da propagação do som no vácuo

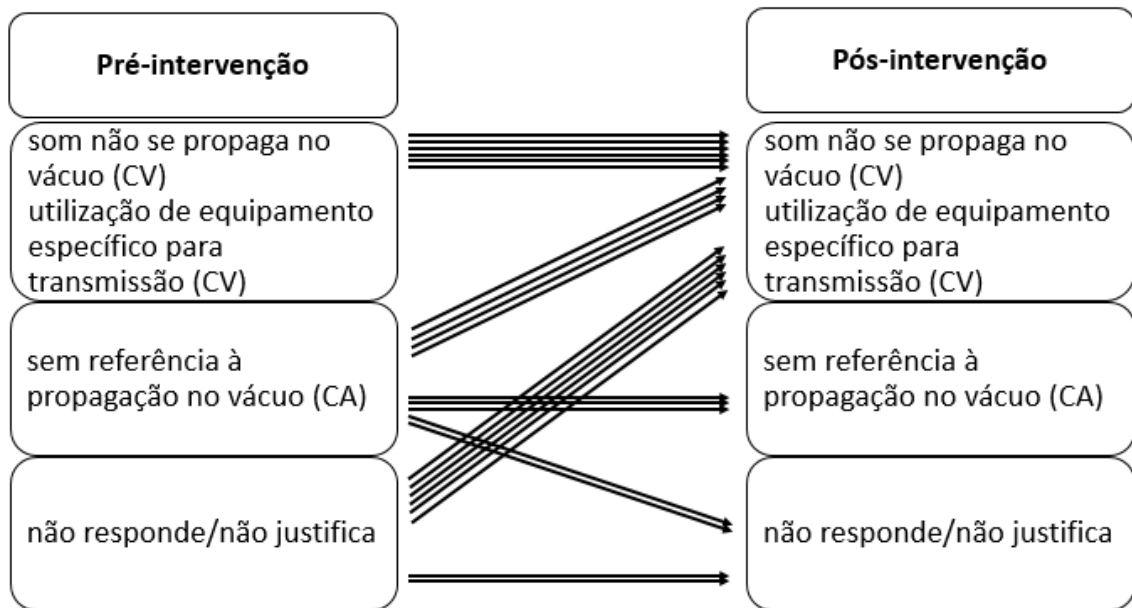


Gráfico 39 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som no vácuo.

Pergunta 10

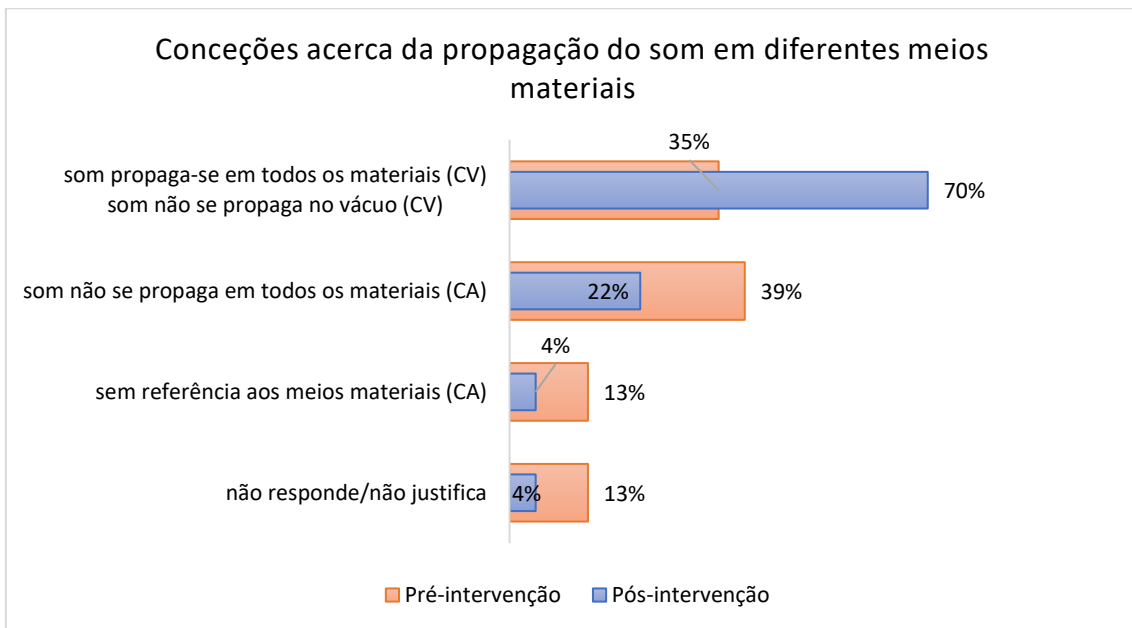


Gráfico 40 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais

Conceções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais

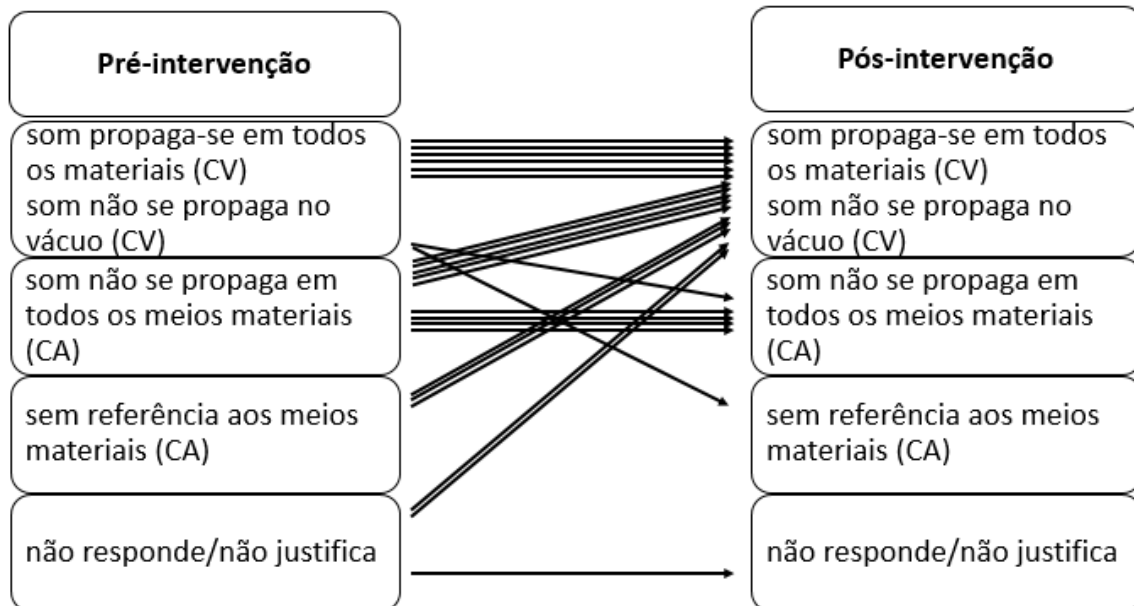


Gráfico 41 – Representação gráfica da evolução individual dos alunos da pré para a pós-intervenção sobre as concepções acerca da propagação do som em diferentes meios materiais.

Pergunta 11

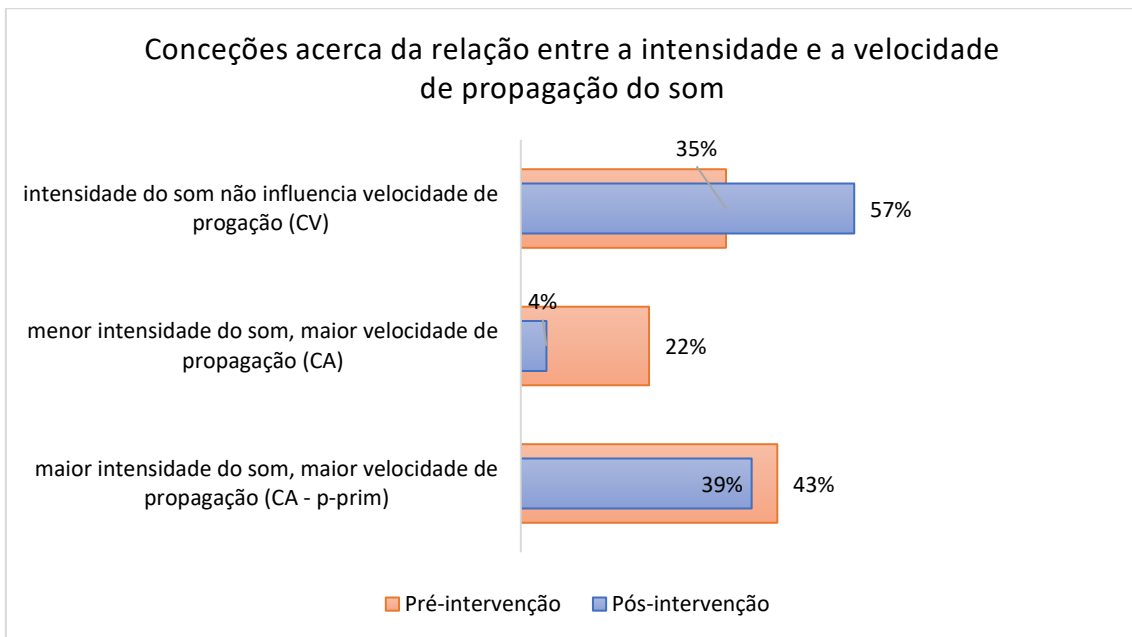


Gráfico 42 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da relação entre a intensidade e a velocidade de propagação do som.

Pergunta 12

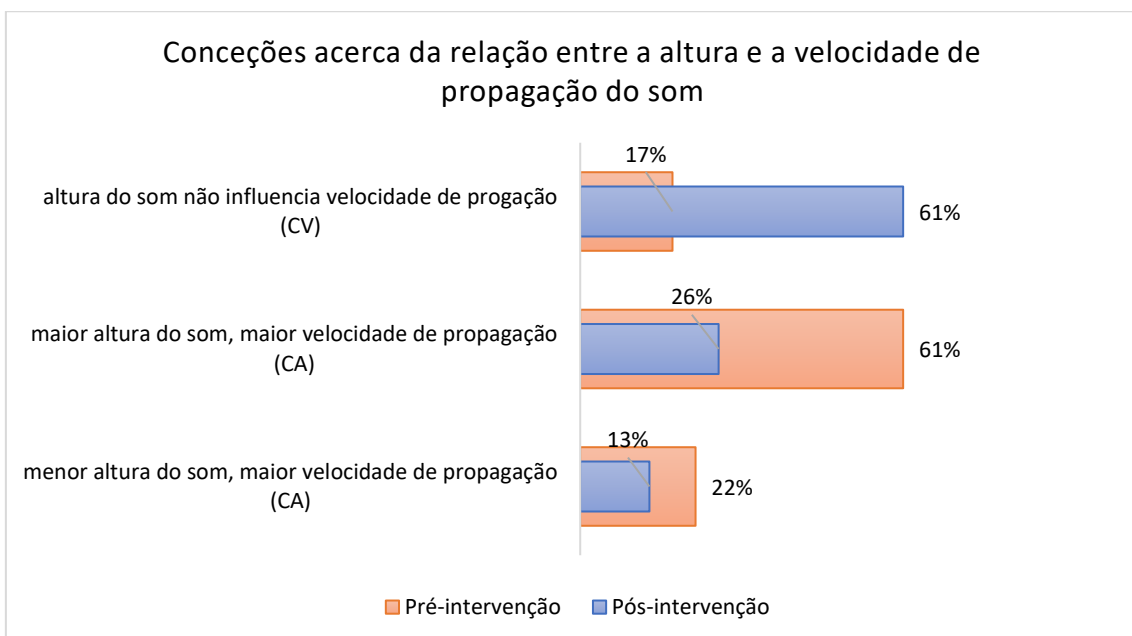


Gráfico 43 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da relação entre a altura e a velocidade de propagação do som.

Pergunta 13

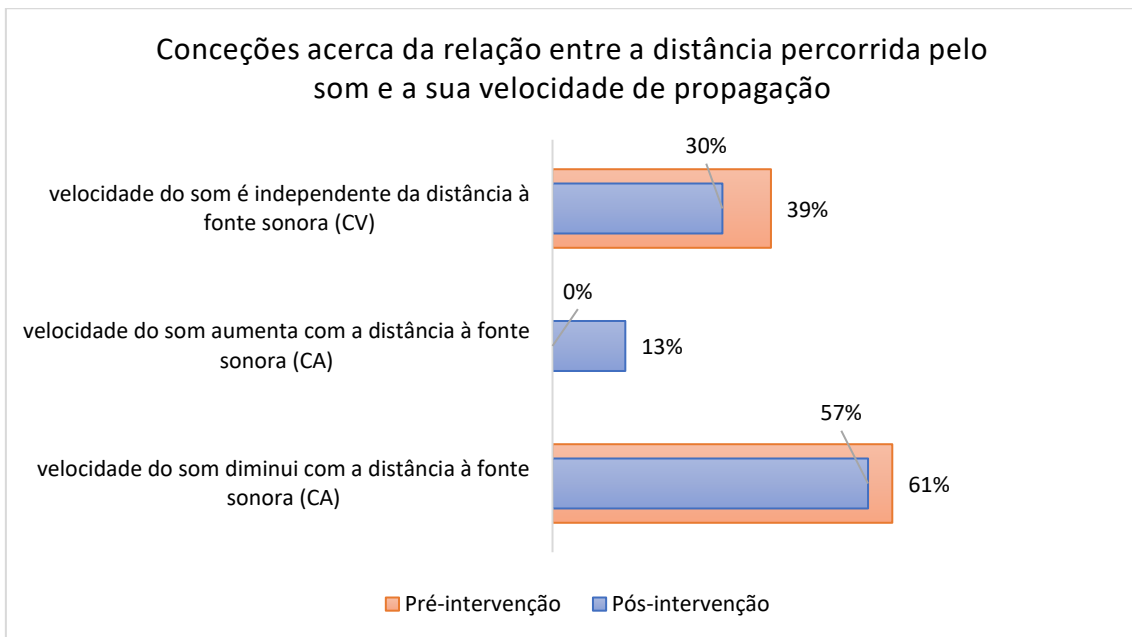


Gráfico 44 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da relação entre a distância percorrida pelo som e a sua velocidade de propagação.

Pergunta 14

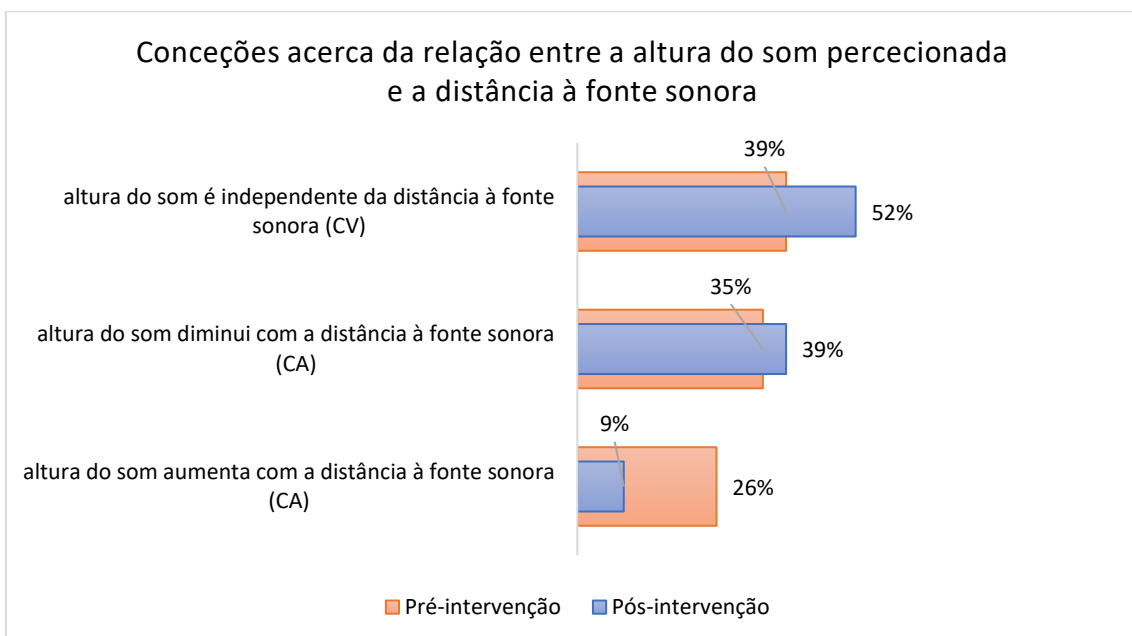


Gráfico 45 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da relação entre a altura do som percebida e a distância à fonte sonora.

Pergunta 15

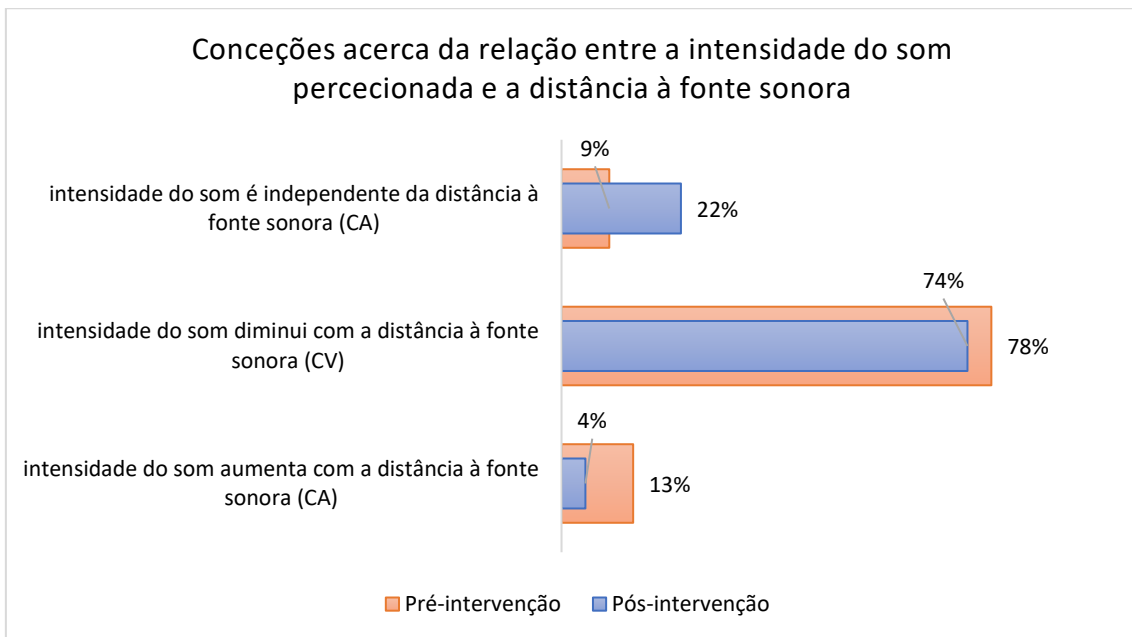


Gráfico 46 – Representação gráfica da frequência relativa dos resultados da pré e pós-intervenção à pergunta sobre as concepções acerca da relação entre a intensidade do som percebida e a distância à fonte sonora.

ANEXO 5 – PEDIDOS DE AUTORIZAÇÃO

Exmo. Sr. Diretor,

Do Agrupamento de Escolas Domingos Sequeira,

Eu, Bruno Jorge Mendes Conde, professor de Quadro de Zona Pedagógica com colocação neste agrupamento, no grupo de recrutamento 510 (Física e Química), encontro-me a desenvolver um projeto de mestrado em Utilização Pedagógica das TIC, na Escola Superior de Educação e Ciências Sociais do Politécnico de Leiria, sob a orientação do Professor Doutor Filipe Santos.

Venho, por este meio, solicitar autorização para desenvolver o meu projeto nas aulas de Físico-Química da turma G do 8.º ano de escolaridade da Escola Básica 2,3 José Saraiva. O projeto tem como objetivos averiguar a pertinência da utilização de simuladores digitais *online* na aprendizagem do tema “Produção e Propagação do Som” e na motivação para o estudo da Física. Para a sua concretização necessito de analisar alguns dados no decorrer das aulas da minha disciplina, que serão absolutamente confidenciais, não se identificando, em nenhum momento, os alunos envolvidos.

Com os meus respeitosos cumprimentos,

Leiria, 8 de fevereiro de 2021.

Agrupamento de Escolas Domingos Sequeira – Escola Básica 2,3 José Saraiva

Exmo.(a) Sr.(a) Encarregado(a) de Educação,

Eu, Bruno Jorge Mendes Conde, professor de Físico-Química nesta escola, encontro-me a desenvolver um projeto de mestrado em Utilização Pedagógica das TIC, na Escola Superior de Educação e Ciências Sociais do Politécnico de Leiria, sob a orientação do Professor Doutor Filipe Santos.

Para concretização do meu projeto necessito de analisar alguns dados no decorrer das aulas da disciplina de Físico-Química, na turma G do 8.º ano, relacionados com a compreensão dos conteúdos curriculares pelos alunos aquando da utilização de simuladores educativos. Esta estratégia pedagógica está inserida no estudo do tema “Produção e Propagação do Som”.

No sentido de assegurar uma análise mais rigorosa para o meu estudo, solicito a autorização para proceder à gravação em áudio das aulas nas quais os alunos trabalharão com os simuladores, de modo a registar todo o processo de utilização desta ferramenta. A gravação destina-se apenas a este fim e os dados recolhidos serão absolutamente confidenciais, não se identificando, em momento algum, os alunos envolvidos.

Agradeço desde já a vossa compreensão e colaboração.

Com os meus respeitosos cumprimentos,

Leiria, 8 de fevereiro de 2021.

_____, Encarregado de Educação do(a) aluno(a) _____, nº _____, da turma G do 8.º ano, declaro que autorizo a gravação das aulas acima referida.

O Encarregado de Educação
