

# A DESCONTEXTUALIZAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS DE TIROS ALTERNADOS EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

## THE DESCONTEXTUALIZAÇÃO OF THE EXPERIENCES OF SHOTS ALTERNATED IN DIDACTIC BOOKS OF PHYSICS

*Nádia Cristina Guimarães Errobidart*, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *nacriguer@gmail.com*

*Shirley Takeco Gobara*, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *stgobara@gmail.com*

### RESUMO

O artigo apresenta um recorte de uma pesquisa qualitativa, pautada na análise de conteúdo, que teve por objetivo caracterizar as transformações do saber sobre ondas sonoras a partir da análise de aspectos apontados por Chevallard (1991) como norteadores da transposição didática. Para evidenciar dois desses aspectos, no caso a descontextualização e a despersonalização do saber sábio, examinou-se a forma como os autores de seis livros didáticos de Física, publicados no período de 1927 até 2008, relatam as informações históricas associadas aos procedimentos experimentais realizados por Gassendi e Mersenne em 1635 e posteriormente repetido por membros da Academia Francesa de Ciências em 1738 e do Bureau des Longitudes, em 1822. Os resultados sinalizam que transposição didática dos saberes sobre velocidade de propagação do som apresenta, com o passar dos anos, uma sensível desvalorização da descontextualização das experiências históricas e ênfase em aspectos do cotidiano.

**Palavras-chave:** transposição didática, ondas sonoras, tiros alternados, livros didáticos

### ABSTRACT

The article presents an excerpt of a qualitative research, based in the content analysis, that had for objective to characterize the transformations of knowing on sonorous waves from the analysis of aspects pointed for Chevallard (1991) as guiding of the didactic transposition. To evidence two of these aspects, in the case the descontextualização and the depersonalization of knowing scholar, examined it form as the authors of six didactic books of Physics, published in the period of 1927 up to 2008, tell to the historical information associates to the experimental procedures carried through by Gassendi and Mersenne in 1635 and later repeated by members of the French Academy of Sciences in 1738 and of the Bureau you give Longitudes, in 1822. The results signal that didactic transposition knowing of them on speed of propagation of the sound presents, with passing of the years, a sensible depreciation of the descontextualização of the historical experiences and emphasis in aspects of the daily one.

**Key-word:** didactic transposition; sound waves, alternate shots, textbooks.

## A PESQUISA

A teoria da transposição didática (CHEVALLARD, 1991) estabelece a existência de três tipos ou patamares de saber: o *saber sábio*, o *saber a ensinar* e o *saber ensinado*. A transformação do saber sábio em saber a ensinar é denominada por Chevallard (1991) de transposição didática externa e é entendida como responsabilidade de uma grande instituição invisível denominada noosfera. A segunda transformação é designada por transposição didática interna e ocorre principalmente a partir do saber a ensinar, sob a ação do professor ao elaborar seu plano de aula e ao realizar a própria aula.

Segundo Chevallard (1991), para realizar a explicitação discursiva ou textual de um saber, a noosfera fragmenta o saber sábio escolhendo e delimitando os “saberes parciais” que serão utilizados na elaboração do texto didático, realizando a **desincretização**. Como consequência do processo de textualização esses saberes sofrem uma **descontextualização** – para que o conhecimento científico seja desvinculado do problema de pesquisa que lhe deu origem, podendo então ser posteriormente generalizado – e uma **despersonalização** – para eliminar as motivações pessoais e as ideologias dos produtores do conhecimento científico – o que possibilita que o saber seja recontextualizado para um contexto como o ambiente escolar.

Na recontextualização realizada durante a elaboração do texto do saber a ensinar, outros dois fatores são considerados pelos elementos da noosfera: a **programabilidade** da aquisição do saber e sua **publicidade**. O primeiro consiste na elaboração de uma sequência discursiva que visa a uma aquisição progressiva do saber a ensinar, através de um texto com começo, meio e fim (mesmo que temporário), definido de forma racional e com o objetivo de auxiliar o processo de aprendizagem. O outro fator permite evidenciar as finalidades e os objetivos da transposição realizada, a partir das definições utilizadas para explicitar a compreensão e a extensão do saber recontextualizado, podendo ser entendida como uma forma de controle social da aprendizagem.

Essas cinco características são apontadas pelo autor como aspectos norteadores do processo de transposição didática externa e foram utilizadas na organização da metodologia empregada para caracterizar a trajetória das transformações realizadas sobre o saber de ondas sonoras materializados em livros didáticos de Física.

Este artigo tem como objetivo relatar alguns resultados obtidos na análise da descontextualização e despersonalização das experiências de tiros alternados presentes na textualização do conteúdo de ondas sonoras em livros didáticos de Física, empregados no ensino secundário brasileiro, atual ensino médio, no período de 1927 até 2008. A seleção foi realizada a partir de uma lista de obras consideradas por Wuo (2000) como sendo as mais significativas do século XX. Esse autor examinou transformações e relações existentes entre o saber científico da Física e a apropriação evidenciada em livros didáticos de Física utilizados no âmbito escolar de nível médio.

Dada a diversidade de assuntos relacionados a ondas sonoras, selecionou-se a velocidade de propagação do som por ser um tema evidenciado na abordagem desse conteúdo, em todos os exemplares analisados.

É importante salientar que, dos dezoito livros didáticos que compunham o corpus da investigação, apresenta-se nesse artigo a análise dos resultados obtidos em seis exemplares, considerados representativos das alterações identificadas na transposição didática de ondas sonoras: *Physica – Curso secundário* (Reunião de professores, [1927]); *Curso de Física: Acústica – Óptica – Eletricidade* (FREITAS, 1941); *Física Segunda Série* (MARISTAS, 1959); *Física para o segundo ano do curso colegial* (GOMES FILHO, 1966); *Curso de Física*

(MÁXIMO e ALVARENGA, 1987) e Física: ondas, óptica e termodinâmica (GASPAR, 2000).

Para identificar aspectos do processo da descontextualização e despersonalização do saber sábio sobre a velocidade de propagação do som presentes na recontextualização desses livros didáticos, discutimos, inicialmente, fatos relacionados com a gênese e construção histórica do saber selecionado. A partir da discussão de aspectos epistemológicos e históricos desse saber, orientamos nossa análise sobre a descontextualização, despersonalização e a recontextualização realizada nos livros didáticos.

A construção da narrativa sobre a gênese e construção do saber sábio da propagação do som, seu contexto epistemológico e histórico, foi baseada principalmente na teoria do som de Rayleigh (1877). A obra, escolhida como principal referência, reúne as contribuições mais importantes para a Acústica, publicadas em diferentes revistas, em variadas línguas. Outras referências tais como as obras de Radau (1867), Guillemin (1869), Lindsay (1973) e Pierce (1989) também foram utilizadas para complementar as análises da reconstituição histórico-epistemológica desse saber. É importante ressaltar que estamos cientes de que os relatos apresentados por Rayleigh (1877), assim como dos demais autores utilizados como fonte de pesquisa, já materializam um processo de transformação do saber sábio produzido pelos cientistas e que, portanto, os textos devem apresentar influências da noosfera da qual os autores faziam parte. Desta forma, para legitimar os relatos sobre os procedimentos experimentais realizados para determinar a velocidade de propagação do som no ar, nos sólidos e líquidos buscamos, na medida do possível, por textos originais elaborados por alguns dos protagonistas que participaram das experiências.

## **RECONSTITUIÇÃO HISTÓRICA E EPISTEMOLÓGICA DAS EXPERIÊNCIAS DE TIROS ALTERNADOS**

O mais antigo relato de que se tem conhecimento sobre a velocidade de propagação do som no ar, segundo Rayleigh (1945) e Lindsay (1973), está relacionado as experiências realizadas por Gassendi, em 1635. Ele comparou a propagação de um sinal sonoro produzido por duas armas de diferentes portes, um canhão e um mosquete, utilizados para representar um som grave e um agudo respectivamente. Concluiu que o tempo gasto pelos sons produzidos com disparos simultâneos era o mesmo e que, portanto a velocidade de propagação do som não dependia do valor da frequência com que era produzido e que a propagação do sinal sonoro se dava a uma velocidade de 1473 pés de Paris por segundos. Considerando que um pé de Paris corresponde a 32,48 centímetros esse valor seria de 478,4 m/s.

Ao tecer considerações sobre o procedimento realizado por Gassendi, Lindsay (1973), afirma que ele cometeu o erro de não levar em consideração a interferência do vento no valor obtido para a velocidade de propagação do som no ar assim como a interferência da temperatura.

Mersenne, contemporâneo de Gassendi, repetiu a experiência com armas de fogo levando em consideração a influência do vento contra ou a favor do sentido de propagação do som. Obteve o valor 1380 pés de Paris para a velocidade de propagação do som no ar, o que corresponde a 450 m/s aproximadamente.

As experiências realizadas por Gassendi e Mersenne passaram a partir de então a serem efetuadas por outros cientistas em condições semelhantes. Os resultados mais significativos são datados de 1738 e atribuídos a uma comissão de cientistas da Academia Francesa de Ciências, composta por cientistas como Laicaille, Maraldi e Cassini de Thury dentre outros. Para a realização dos procedimentos os cientistas ficaram posicionados em

quatro pontos: no Observatório de Paris, na pirâmide de Montmartre, no moinho de Fontnay-aux-Roses e no castelo de Lay, na Montlhery. Eles colocaram algumas peças de canhão em Montmartre e Montlhery, pontos de observação localizados a uma distância de 29 quilômetros de onde realizaram disparos alternados. “Os observadores, dispostos nos quatro pontos de observação mediram, com a ajuda de um pêndulo de segundo, o intervalo de tempo decorrido entre a chegada do barulho a visualização do clarão produzido com o disparo (RADAU, 1867, p. 91, tradução nossa).

Os resultados obtidos indicavam que o som demorava 1 minuto e 24 segundos para percorrer a distância de 29 mil metros que separava os pontos de observação de Montmartre e Montlhery, o que resulta num valor de 337 m/s. As observações feitas nos pontos de observação intermediários, localizados no observatório de Paris e no moinho de Fontnay-aux-Roses, permitiram constatar que a velocidade do som permanecia constante mesmo quando se aumentava a distância percorrida pelo sinal sonoro (RADAU, 1867).

Uma nova medida da velocidade do som foi realizada, em 1822, por cientistas do Bureau des Longitudes, a pedido de Pierre Simon Laplace (1749 – 1827). Participaram desse procedimento Prony, Arago e Mathieu, Alexander von Humboldt, Gay-Lussac e Bouvard, distribuídos em dois grupos, um localizado em Villejuif e outro em Montlhéry, pontos de observação distantes 18613 metros (RADAU, 1867; GUILLEMIN, 1869).

Radau, ao comentar esses procedimentos realizados pelos membros do Bureau des Longitudes, afirma que “[...] os disparos de canhão efetuados em Villejuif foram ouvidos por todos em Montlhéry, mas os disparos opostos eram enfraquecidos de tal forma que apenas um pequeno número destes disparos foi percebido [...]” (RADAU, 1867, p 92, tradução nossa). Tais constatações corroboraram hipóteses anteriormente levantadas pela Academia Francesa de Ciências sobre a influência do vento na velocidade de propagação do som. Os resultados obtidos na experiência do Bureau des Longitudes indicavam um valor de 333 m/s para uma temperatura de 0° centígrados e que para cada grau de calor o valor da velocidade aumenta aproximadamente 60 cm. Desta forma, numa temperatura de 15° centígrados, a velocidade seria aproximadamente 340 m/s (RADAU, 1867).

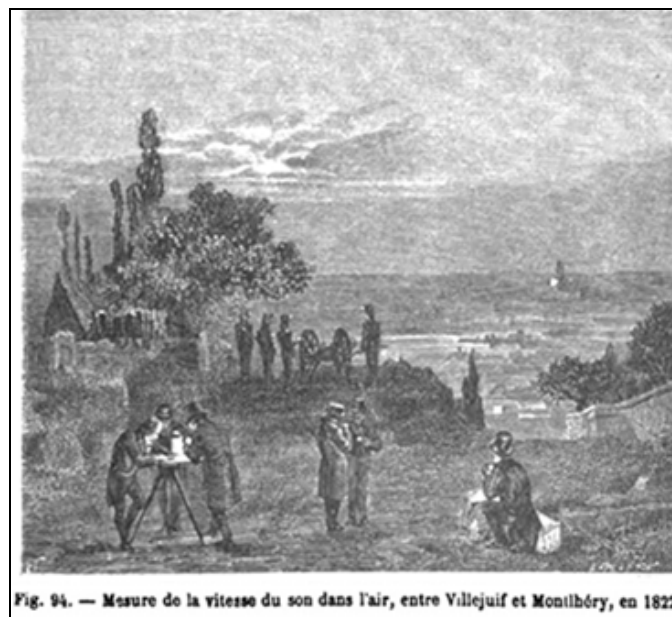


Fig. 94. — Mesure de la vitesse du son dans l'air, entre Villejuif et Montlhéry, en 1822

**Figura 1 - Ilustração do procedimento realizado pelo Bureau des Longitudes em 1822 para determinar a velocidade do som no ar (GUILLEMIN, 1869, p. 151).**

Guillemin (1869) apresenta a ilustração dos procedimentos realizados pelo Bureau des Longitudes, mostrada na figura 1, e uma descrição detalhada dos procedimentos realizados pelos observadores localizados em cada uma das estações, conforme explicitado na citação abaixo:

Eles se dividiram em dois grupos, uns ficaram posicionados em Montlhéry e outros em Villejuif, estações escolhidas porque não possuíam obstáculos que impedisse a visão: Gay-Lussac, Humboldt e Bouvard estavam em Montlhéry; Prony, Arago e Mathieu, em Villejuif. Eles estavam equipados de cronômetros de excelente qualidade, e duas armas do mesmo calibre, carregadas com cartuchos de mesmo peso, foram colocadas em cada estação. Os experimentos começaram às onze horas da noite, com céu sereno e uma atmosfera bastante calma. Doze pancadas alternadas foram realizadas de dez minutos em dez minutos em cada estação e a partir da emissão de um dado sinal [luminoso], cada grupo de observadores anotava o valor da defasagem do tempo entre o início da percepção da luz e a chegada do som. As diversas medidas resultaram em média no valor de 54 segundos e 5 décimos, e como a distância entre as duas armas era de 18612 metros, eles concluíram que a velocidade do som era de 340 metros [por segundo] no ar, a temperatura de 16° [centígrados] (GUILLEMIN, 1869, p. 151-152, tradução nossa).

Destacamos na passagem acima a quantidade de informações sobre o procedimento realizado pelos membros do Bureau des Longitudes, tais como o cuidado para selecionar pontos de observação que não apresentassem obstáculos que influenciasse no resultado obtido, assim como as armas e as munições utilizadas. A quantidade de vezes que o procedimento foi repetido e que o valor obtido é o resultado da média dos valores anotados por cada grupo.

Guillemin (1869) ainda observa que as experiências realizadas para determinar a velocidade de propagação do som no ar, em 1738 e 1822, permitiram não apenas determinar o valor da velocidade, mas também verificar que ela não é alterada pela pressão atmosférica, que sofre influência do vento, aumentando ou diminuindo conforme a direção em que sopra, seu valor é constante e igual para sons graves ou agudos.

## **A DESCONTEXTUALIZAÇÃO E A DESPERSONALIZAÇÃO MATERIALIZADA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA**

Os resultados obtidos com a análise da descontextualização e despersonalização das experiências de tiros alternados, nos seis livros didáticos selecionados, mostram as mudanças no uso de aspectos históricos na recontextualização da velocidade de propagação de som no ar.

No livro **Physica e Chimica: curso médio [1927]** evidenciou-se apenas a recontextualização dos procedimentos realizados em 1822 por membros do Bureau des Longitudes. Na explicitação discursiva da experiência, os autores afirmam que:

O som não se propaga instantaneamente no ar, porque, de certa distancia, observando um tiro de arma de fogo, vê-se a fumaça antes de ouvir-se a detonação. Na temperatura de 16°, a velocidade do som é de 340 m. por segundo. Essa velocidade do som no ar foi medida, em 1822, por Gay-Lussac e Arago. Para isto, estes dois sábios installaram um canhão na collina de Montlhéry, perto de Paris, e outro, no planalto de Villejuif. Em cada lugar, tiros eram disparados alternativamente e os observadores, perto das peças, notavam o tempo entre a aparição da luz e a audição dos tiros do lugar opposto. Este tempo, 54 segundos na media, era o que gastava o som para ir de um lugar a outro, visto como se podia considerar nullo o tempo que empregava a luz para percorrer o mesmo trajecto. A distancia das duas estações era de 18.360 metros. Gay-Lussac e Arago concluíram

dahi que a velocidade do som no ar era de 340 metros por segundo. Durante essa experiência a temperatura era de 16°. Numa temperatura mais baixa, a velocidade do som diminui: 10°, é 337 metros [por segundo], e a 0° de 333 metros [por segundo]. O vento aumenta a velocidade do som quando sopra no sentido da propagação; diminui-a quando sopra na direção oposta. Fortes ou fracos, graves ou agudos, todos os sons propagam-se com a mesma velocidade: ouvida de longe ou de perto, a harmonia de um concerto é a mesma (REUNIÃO DE PROFESSORES, 1927, p. 188 - 189).

Na descontextualização da experiência, os autores apresentam a localização dos pontos de observação, a distância entre eles e descrevem sucintamente os procedimentos, mas atribuem a realização procedimental apenas a Gay-Lussac e Arago, não citando os demais membros do Bureau des Longitudes, o que indica a despersonalização do procedimento.

Apesar de mencionar a influência do vento na determinação da velocidade de propagação do som não explicitam que foi para resolver esse problema, assim como a interferência da temperatura do meio, que o grupo realizou o procedimento de tiros alternados entre os pontos de observação localizados em Montlhéry e Villejuif. Omitem ainda que se trata do aprimoramento da experiência realizada pela Academia de Ciências de Paris, em 1738, na qual foi cogitada a hipótese da interferência do vento.

A forma como foi realizada a descontextualização sugere a realização de um procedimento ideal, pois não são mencionadas possíveis dificuldades vivenciadas durante a realização procedimental e quantas vezes os procedimentos foram repetidos até se obter o valor de 340 m/s para a velocidade de propagação do som no ar.

A narrativa da experiência histórica, utilizada aparentemente para justificar o valor atribuído a velocidade de propagação do som no ar, é apresentada junto ao corpo do texto, sem indicações de fontes bibliográficas ou sugestões de leituras complementares para maior aprofundamento sobre o tema. Evidenciamos o destaque de alguns protagonistas e ocultação do processo evolutivo da ciência.

Na narrativa do procedimento de tiros alternados evidenciada no livro **Curso de Física: Acústica – Óptica – Eletricidade (FREITAS, 1941)** ocupa praticamente todo o tópico dedicado a discussão da velocidade do som no ar. Na textualização o autor afirma que:

[...] as mais antigas determinações [da velocidade do som no ar] foram feitas por Mersenne em 1657. As determinações mais exatas e mais importantes foram, porém, realizadas em 1822, pelos membros do «*Bureau des longitudes*», de Paris, entre os quais se achavam Arago, Gay-Lussac, Humbolt e outros. Um grupo de observadores postou-se à noite em Villejuif e outro em Montlhéry, estações próximas de Paris e distantes uma da outra 18612m,52. Os observadores de cada estação davam alternadamente, de dez em dez minutos, um tiro de canhão. Na outra estação marcavam o tempo decorrido entre o momento em que se percebiam o clarão produzido pela explosão da pólvora e o em que ouviam o estampido do tiro. Como a luz possui uma velocidade enormemente grande, pôde admitir-se que a aparição do clarão coincidia com o momento em que o som se produzia. Nestas condições o tempo decorrido entre a percepção do sinal luminoso e o da sensação sonora era igual ao tempo gasto pelo som para ir de uma estação a outra. Dividindo-se a distância entre as duas estações pela média dos tempos observados, obteve-se para a velocidade do som 340,9 metros/ segundo, a temperatura de 15° (FREITAS, 1941, p.49).

Ao mencionar que os procedimentos realizados por Mersenne e os de 1822 o autor sugere que outras experiências foram anteriormente realizadas com o mesmo propósito de determinar a velocidade de propagação do som no ar o que pode ser considerado como uma tentativa de mostrar o processo evolutivo da ciência.

Na descontextualização da experiência o autor destaca alguns protagonistas, mas não credita apenas a eles os resultados obtidos, deixando claro que o resultado se deve ao trabalho de um grupo de cientistas. Além de dados cronológicos e factuais descreve em detalhes os procedimentos e as observações realizadas, mas não menciona os problemas que lhe deram origem, ou seja, a eliminação da influência do vento no valor obtido para a velocidade do som e da temperatura do ar.

Apesar do relato transcrito acima não fazer alusões a possíveis dificuldades enfrentadas pelos cientistas durante a realização do procedimento experimental, consideramos que o autor preocupou-se em elaborar uma narrativa que não priorizasse a idealização da realização, ao afirmar no tópico seguinte que outros procedimentos foram posteriormente realizados com o objetivo “[...] eliminar certos erros pessoais, inevitáveis” (FREITAS, 1941, p. 49).

No que se refere a velocidade do som no ar, os relatos evidenciados no livro didático **Física (MARISTAS, 1959)** estão distribuídos por três (3) tópicos do capítulo intitulado *Natureza, propagação e velocidade do som*. No primeiro tópico os autores afirmam que:

[...] no ano de 1738, os membros da Academia das Ciências, de Paris, no intuito de medirem a velocidade do som no ar, postaram de noite um canhão em lugar elevado. Vários grupos de observadores, a distâncias diferentes, mediram o tempo percorrido entre a aparição da luz e a chegada do som. Estas experiências, aliás pouco precisas, estabeleceram, pelo menos, que o som leva tempo duplo, triplo, quádruplo, etc., para percorrer distâncias duplas, triplas, quádruplas, etc., e que, portanto, o som se propaga com movimento uniforme (MARISTAS, 1959, p. 373).

A descontextualização do procedimento realizado em 1738 apresenta alguns problemas: não informa a localização dos pontos de observação nem a distância entre eles; afirma que o procedimento foi realizado de noite, mas não explicita a motivação; não explica o motivo de se posicionar observadores em diferentes distâncias nem o por que as experiências foram consideradas pouco precisas.

O relato foi utilizado aparentemente com objetivo de mostrar um processo evolutivo da ciência.

O tópico seguinte intitulado *Medida de velocidade do som no ar - método dos tiros alternados* é dedicado exclusivamente a descrição de experiências utilizadas para determinar a velocidade do som no ar. O relato, também apresentado junto ao corpo do texto é dividido em três partes. Na primeira parte – Princípio do método – os autores descrevem em detalhes o procedimento necessário para se realizar a experiência e fazem sugestões para se obter maior precisão. Afirmam que a média das observações de cada grupo corrige a influência do vento no valor da velocidade do som no ar e que o número de vezes que o procedimento foi repetido corrige os erros acidentais. Na segunda, intitulada aplicações do método, apresentam dados factuais das experiências realizadas pelo Bureau des Longitudes. Segundo os autores:

[...] em 1822, o “Bureau des Longitudes” fez as seguintes experiências: dois grupos de observadores, instalados nas alturas de Villejuif e de Montléry, disparavam um tiro de canhão cada cinco minutos alternativamente e de cada estação. A distância entre as estações era de 18.612,52 metros. A média do tempo foi encontrada de 54,4 segundos para um grupo e de 54,8 [segundos] para outro grupo, seja 54,6 [segundos], eliminada a influência do vento. A velocidade do som era, pois,  $18.612,52 \div 54,6 = 340,9$  metros à temperatura da experiência, que era de 15°C (MARISTAS, 1959, p. 375).

Na terceira parte dedicada a crítica do método os autores afirmam que “[...] esse processo experimental está sujeito a graves erros, pois cada observador aprecia de modo diferente o momento da aparição do clarão e da chegada do som: é o coeficiente ou erro pessoal [...]”, sugerindo assim a não idealização do procedimento realizado (MARISTAS, 1959, p. 375).

O conjunto das narrativas apresentadas sugere que os autores tiveram a preocupação de mostrar o processo evolutivo dos fatos e a não idealização dos procedimentos experimentais. Ao descontextualizarem as experiências de tiros alternados identificamos a preocupação dos autores em mencionarem a influência do vento como o problema que deu origem ao procedimento realizado em 1822 e informações sobre local e detalhes dos procedimentos realizados.

Apesar dos Maristas (1959) atribuírem a membros da Academia Francesa de Ciências e ao Bureau des Longitudes os resultados obtidos em 1738 e 1822, considerou-se despersonalizada a textualização das experiências de tiros alternados, pois nem todos os cientistas vinculados a essas instituições dedicavam-se exclusivamente a determinação da velocidade de propagação do som no ar.

No livro didático **Física (GOMES FILHO, 1966)** evidenciou-se nos parágrafos dedicados ao tópico *Velocidade do som no ar* o autor descreve procedimentos experimentais utilizados para se determinar o valor da velocidade de propagação do som no ar, mas não fornece dados cronológicos ou factuais que indiquem que tal descrição está associada a observações ou experiências históricas. Segundo o texto:

[...] a velocidade do som no ar, com boa aproximação, pode ser determinada a noite por meio de um tiro de canhão disparado num local A e observado de um ponto B a uma distância conhecida. O instante do disparo é indicado pelo clarão do tiro e, assim, o indivíduo colocado em B, pode determinar o tempo  $\theta$ , decorrido entre o disparo em A e a chegada do som em B, logo, dividindo-se a distância AB por este tempo obtém-se [o valor da] velocidade [de propagação do som no ar] (GOMES FILHO, 1966, p. 59).

A narrativa fornece ainda informações sobre como é feita a coleta dos dados relacionados com o intervalo de tempo dos disparos e como se obteve o valor da velocidade, que segundo ele é pouco preciso devido “as influências do vento, da temperatura, do estado higrométrico do ar, etc.”. Prossegue afirmando que essa imprecisão pode ser diminuída calculando-se a média dos resultados obtidos com tiros duplos e que um “[...] resultado ainda melhor foi obtido por uma comissão da Academia, disparando os canhões de dez em dez minutos de modo a obter uma série de resultados que permitiram determinar a média” (GOMES FILHO, 1966, p. 59, grifo nosso). O autor afirma, ainda, que os resultados obtidos com os procedimentos mencionados estavam sujeitos a erros e que os mesmos foram eliminados, em procedimentos posteriores, pelo uso de aparelhos registradores automáticos.

Para um leitor que possui conhecimentos sobre fatos relacionados com as experiências históricas realizadas para se determinar a velocidade de propagação do som no ar, essa comissão da academia citada pelo autor pode ser entendida como a Academia de Ciências de Paris, da qual Arago e Gay-Lussac eram membros. Entretanto, para um leitor que desconhece tal informação histórica não é possível associar o relato apresentado pelo autor a um procedimento histórico.

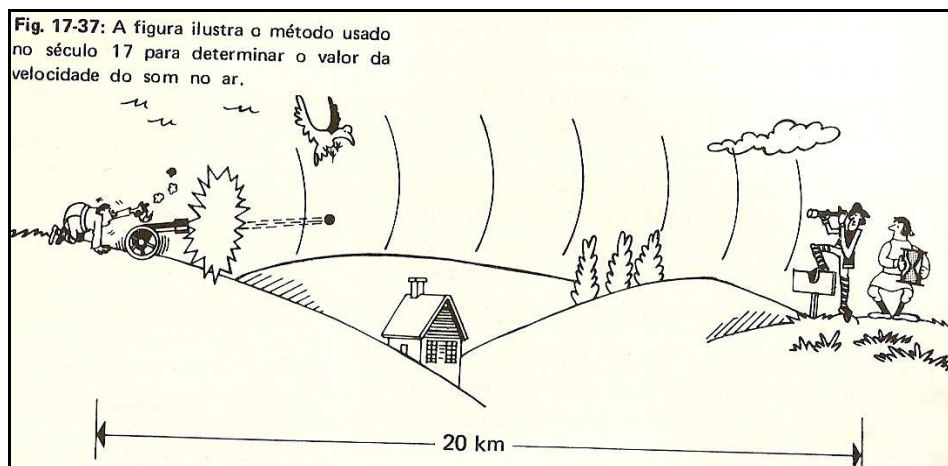
De acordo com os resultados considerou-se que a descontextualização realizada por Gomes Filho (1966) não forneceu dados factuais e temporais que permitisse identificar se a narrativa estava associada aos procedimentos realizados pela Academia Francesa de Ciências



ou pelo Bureau des Longitudes. A ausência de informações sinaliza também para uma total despersonalização das experiências.

No livro **Curso de Física (MÁXIMO e ALVARENGA, 1987)** os conceitos relacionados com o saber (conteúdos) ondas sonoras são apresentados em um único tópico do capítulo intitulado *movimento ondulatório*. No item que discutem a velocidade do som, os autores realizam a explicitação discursiva desse saber a partir de situações vivenciadas no cotidiano, mencionando aspectos do procedimento de tiros alternados, conforme mostrado abaixo:

Você já deve ter percebido que, em uma tempestade, embora um relâmpago e o trovão sejam produzidos no mesmo instante, só ouvimos o trovão um certo tempo após termos visto o relâmpago [...] o intervalo entre a percepção do relâmpago e a do trovão representa o tempo gasto pela onda sonora para chegar até nós. Uma situação semelhante a esta foi usada por cientistas do século XVII para determinar a velocidade do som no ar: uma pessoa detonava um canhão e, a uma distância de aproximadamente 20 km, outra pessoa media o tempo entre a percepção do clarão e do som produzido pelo tiro. Como esta medida representava o tempo que o som gastou para percorrer a distância de 20 km, foi possível calcular a velocidade do som no ar (fig. 17-37) [mostrada na figura 10]. Medidas mais recentes, realizadas com maior precisão, mostram que esta velocidade é de 340 m/s, se o ar estiver a 20°C [...] a velocidade de propagação de uma onda depende do meio no qual ela está se propagando e isto ocorre também com o som. Por exemplo, na água, o som se propaga com uma velocidade de 1450 m/s, no ferro, com uma velocidade de 5100 m/s [...] (MÁXIMO e ALVARENGA, 1987, p. 590).



**Figura 1 - Ilustração do procedimento experimental realizado para determinar a velocidade do som no ar (MÁXIMO e ALVARENGA, 1987, p. 590).**

Na citação anterior, percebemos que Máximo e Alvarenga (1987) utilizam na recontextualização do saber sobre velocidade de propagação do som fatos do cotidiano e uma sucinta descrição de aspectos históricos associados ao procedimento de tiros alternados. No caso dos aspectos históricos, a indicação de que a experiência foi realizada no século XVII nos leva a considerar que os autores faziam referência aos procedimentos realizados por Gassendi e Mersenne, e não às experiências consideradas por autores como Radau (1867) como sendo as mais importantes e significativas, ou seja, as da Academia Francesa de Ciência realizadas em 1738 e as do Bureau des Longitudes, em 1822.

Considerando a descrição procedimental citada anteriormente e a figura utilizada para ilustrar a experiência, é importante ressaltar que: a) os autores informam que apenas um canhão foi utilizado no procedimento, no entanto Gassendi comparou o som produzido por duas armas de fogo de diferentes portes, um canhão e um mosquete; b) Mersenne aprimorou o

procedimento de Gassendi com as duas armas de fogo, levando em consideração a influência do vento a favor ou contra o sentido de propagação do sinal sonoro, produzido com os disparos.

Com base na discussão acima, considera-se que a descontextualização realizada por Máximo e Alvarenga (1987) apresenta problemas que descaracterizam totalmente o saber sábio, ou seja, as experiências históricas realizadas por Gassendi e Mersenne. Além disso, a descontextualização é realizada de forma simplificada, os procedimentos são descritos sem pormenores, não são fornecidos dados factuais nem indicações dos responsáveis pela realização do procedimento experimental. A narrativa apresentada pelos autores apresenta-se totalmente despersonalizada.

No livro **Física: ondas, óptica e termodinâmica (GASPAR, 2000)** a velocidade de propagação do som é abordada em um capítulo intitulado *ondas e som*, no qual o autor faz uso de uma tabela para apresentar os valores da velocidade de propagação do som em diferentes meios e realiza uma discussão da expressão matemática que relaciona a densidade do ar e o módulo de elasticidade volumar do meio. Gaspar (2000) não menciona na textualização do saber as experiências realizadas para determinar a velocidade de propagação do som no ar, nos líquidos ou nos sólidos.

## TECENDO ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Dos seis livros didáticos selecionados para caracterizar a transposição didática do saber sábio sobre ondas sonoras, em particular os aspectos relacionados com a descontextualização e despersonalização das experiências de tiros alternados, apenas Gaspar (2000) não menciona os procedimentos na textualização do saber a ensinar associado a velocidade de propagação do som no ar.

Nos livros didáticos *Physica curso secundário (Reunião de professores, [1927])*, *Curso de Física: Acústica – Óptica – Eletricidade (FREITAS, 1941)* e *Física segunda série (MARISTAS, 1959)* fica explícito a descontextualização dos procedimentos realizados por membros da Academia Francesa de Ciências e do Bureau des Longitudes, apesar da despersonalização evidenciada na narrativa. Os resultados apontam para uma maior valorização de aspectos históricos na textualização do saber a ensinar elaborada pelos autores das respectivas obras em comparação com os outros três exemplares analisados.

O livro didático elaborado por Gomes Filho (1966) pode ser considerado um marco divisor entre a ênfase na descontextualização das experiências de tiros alternados e fatos do cotidiano na explicitação discursiva do saber a ensinar sobre velocidade de propagação do som no ar. Ele menciona a realização de procedimentos históricos e apresenta uma sucinta descrição procedimental, mas não apresenta detalhes que permita a identificação das experiências realizadas pela Academia Francesa de Ciências ou o Bureau des Longitudes.

Máximo e Alvarenga (1987) priorizam as relações com o cotidiano do aluno e fazem uma pequena menção a aspectos históricos, entretanto a ilustração utilizada pelos autores e algumas informações presentes na explicitação discursiva acabam por descaracterizar as experiências de tiros alternados.

A análise dessas obras sugere que os autores que apresentaram a descontextualização das experiências realizadas para se determinar da velocidade do som no ar não valorizaram a descrição de todo o processo evolutivo de construção do conhecimento. Enfatizaram a apresentação do procedimento realizado em 1822 apresentando informações como ano, local e detalhes dos procedimentos realizados. Em todos os casos identificamos a despersonalização dos fatos.

Os resultados sugerem a desvalorização da descontextualização de aspectos históricos com o passar das décadas e ênfase a descrição de fatos do cotidiano.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, SEMTEC. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 16 abr.2008.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposition Didactique: Du Savoir Savant au Savoir Enseigné.** Paris: La pensée Sauvage. 1991. 126p.

GASPAR, Alberto. Física: volume único. 1ª Edição, São Paulo: Ática, 2008.552p.

GOMES FILHO, Francisco Alcântara. **Física para o segundo ano do curso colegial**, 6ª. ed., São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1966. 244 p.

GUILLEMIN, Amédée. **Les Phénomènes de la Physique.** Paris: Librairie de L. Hachette et cie. 1868. Disponível em: [http://books.google.com.br/books?id=9epaKnrkOz0C&printsec=frontcover&dq=Les+Ph%C3%A9nom%C3%A8nes+de+la+Physique&source=bl&ots=S3uWj\\_4LSx&sig=Hsz9c6q7Tkiw2rfCnYskj4EI-LQ&hl=pt-BR&ei=qnKGTOCEFsH-8Ab5lbjvAQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBoQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.br/books?id=9epaKnrkOz0C&printsec=frontcover&dq=Les+Ph%C3%A9nom%C3%A8nes+de+la+Physique&source=bl&ots=S3uWj_4LSx&sig=Hsz9c6q7Tkiw2rfCnYskj4EI-LQ&hl=pt-BR&ei=qnKGTOCEFsH-8Ab5lbjvAQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBoQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false) . Acesso em: 11/05/2010.

LINDSAY, Robert Bruce. **Acoustics: Historical and Philosophical Development.** Stroudsburg: Dowden, Hutchinson& Ross, Inc. 1973, 480p.

MARISTAS, Irmãos. **Física:** Segunda Série curso colegial. 8. ed. São Paulo: Ftd,1959. 497 p.

MÁXIMO, Antônio ribeiro da Luz; ALVARENGA, Beatriz Álvarez. **Física: Ensino médio**, 1ª edição, São Paulo: Scipione, 2008. 400p.

PENTEADO, Paulo César M.; TORRES, Carlos Magno A. **Física-Ciência e Tecnologia**, v.2, São Paulo: Moderna, 2005.214p.

RADAU, Rodolphe. **L'acoustique ou les phénomènes du son.** Paris: Librairie de L. Hachette et Cie, 1867.

RAYLEIGH, Jonh William Strutt. **The Theory of Sound.** London: Macmillan and CO. 1877. 340p.

REUNIÃO DE PROFESSORES. **Physica:** curso secundário. Rio de Janeiro: F.T.D., [1927]. 633p.

SAMPAIO, José Luis; CALÇADA, Caio Sérgio. Física: volume único, 2ªed., São Paulo: Atual, 2005.472p.

WUO, Wagner. **A Física e os Livros:** uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio. São Paulo, SP: Educ, 2000. 180 p. (Hipótese).