

## Uso de Tecnologias Móveis sob uma perspectiva investigativa em aulas de Física<sup>+,1</sup>

---

*Anaximandro Dalri Merizio*<sup>2</sup>

Instituto Federal de Santa Catarina

Itajaí – SC

*Luiz Clement*<sup>2</sup>

Departamento de Física – Universidade do Estado de Santa Catarina

Joinville – SC

### Resumo

*Apoiados na ideia de que o processo de construção de conhecimento decorre da configuração e resolução de problemas, seja no cenário científico ou escolar, buscamos apoio no Ensino por Investigação para estruturar atividades didáticas, pois é uma perspectiva de ensino-aprendizagem em que o uso de situações-problemas é central. Nesse contexto, visa-se que o estudante, ao deparar-se com e apropriar-se de determinada situação-problema, emita hipóteses, elabore e implemente estratégias de resolução e comunique os resultados obtidos. Em outra frente, voltada ao uso de distintos recursos didático-pedagógicos, as Tecnologias Móveis, especificamente os smartphones e os tablets, encontram-se cada vez mais inseridos no cotidiano dos estudantes embora estejam distantes do uso didático nas escolas. Diante deste cenário, conduzimos uma pesquisa que procurou analisar as possibilidades da utilização das Tecnologias Móveis em aulas de Física sob uma perspectiva do Ensino por Investigação. Neste artigo, objetivamos apresentar um conjunto de resultados decorrentes desta pesquisa. Ao longo da pesquisa foram implementadas cinco Ações de Ensino Investigativas – AEI, abordando a temática das ondas sonoras. Os resultados apontam para a viabilidade do uso das Tecnologias*

---

<sup>+</sup> Use of Mobile Technologies from an investigative perspective in Physics Classes

<sup>\*</sup> *Recebido: 25 de agosto de 2020.  
Aceito: 14 de julho de 2021.*

<sup>1</sup> Apoio parcial do CNPq, FAPESC e IFSC.

<sup>2</sup> E-mails: [anaximandro.merizio@ifsc.edu.br](mailto:anaximandro.merizio@ifsc.edu.br); [luiz.clement@udesc.br](mailto:luiz.clement@udesc.br)

*Móveis na investigação de fenômenos físicos, considerando uma perspectiva educacional do Ensino por Investigação. Além disso, no decorrer das AEI, com a Escala de Medida de Interesse e Suportes a Autonomia (EMISA) e instrumentos complementares de coleta e análise de dados, constatou-se a permanência do interesse dos estudantes no decorrer das atividades, bem como o desenvolvimento de suportes para a promoção da autonomia.*

**Palavras-chave:** *Ensino por Investigação; Tecnologias Móveis; Ondas Sonoras; Ensino de Física; Interesse e Autonomia.*

### **Abstract**

*Supported by the idea that the process of knowledge construction results from the configuration and resolution of problems, whether in the scientific or school scenario, we seek support in Inquiry-based Teaching to structure didactic activities, as it is a teaching-learning perspective in which the use of problem situations is central. In this context, it is intended that the student, when faced with and appropriate a certain problem situation, issue hypotheses, develop and implement resolution strategies and communicate the results obtained. On another front, focused on the use of different didactic-pedagogical resources, Mobile Technologies, specifically smartphones and tablets, are increasingly inserted in the students' daily lives, although they are far from didactic use in schools. Given this scenario, we conducted a research that sought to analyze the possibilities of using Mobile Technologies in Physics classes from a perspective of Inquiry-based Teaching. In this article, we aim to present a set of results from this research. Throughout the research, five Investigative Teaching Actions – AEI were implemented, addressing the theme of sound waves. The results point to the feasibility of using Mobile Technologies in the investigation of physical phenomena, considering an educational perspective of Inquiry-based Teaching. In addition, in the course of the AEI, with the Scale of Measurement of Interest and Support for Autonomy (EMISA) and complementary instruments of data collection and analysis, it was found that the students' interest continued throughout the activities, as well as the development support for the promotion of autonomy.*

**Keywords:** *Inquiry-based Teaching; Mobile Technologies; Sound Waves; Physics Teaching; Interest and Autonomy.*

## **I. Aspectos introdutórios: perspectiva de ensino por investigação e uso de tecnologias móveis**

Uma perspectiva de ensino-aprendizagem que considera fundamental o papel dos problemas no desenvolvimento do conhecimento escolar é o Ensino por Investigação, oriundo da perspectiva norte americana de ensino caracterizada como *Inquiry* (CLEMENT, 2013). Historicamente, esta perspectiva de ensino passou por um significativo processo de reestruturação e ressignificação. Sob as caracterizações atuais em torno do Ensino por Investigação, consideramos relevantes e apropriadas a defesa pela participação ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, na medida em que refletem sobre um problema, elaboram e avaliam hipóteses, analisam e debatem as suas ideias e os resultados obtidos, além de comunicarem suas conclusões.

Em uma análise dos documentos oficiais referentes a legislação educacional brasileira, particularmente sobre o ensino de Ciências e o ensino de Física, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2012), o PCN+ (BRASIL, 2002), as Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006), a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), identificamos uma consolidação quanto à indicação da perspectiva de ensino-aprendizagem investigativa. Na BNCC, especificamente nas orientações sobre a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, destacamos a *Competência Específica 3*, em que se percebe uma explícita referência ao ensino investigativo, conforme retrata a habilidade *EM13CNT301*, relacionada com essa competência. Sobre essa habilidade, o documento afirma:

*Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica* (BRASIL, 2018, p. 559).

No Brasil, uma nova atenção e foco de estudos voltados à utilização do Ensino por Investigação voltaram a ocorrer em maior número após o movimento dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em 1997, conforme aponta Zompero e Laburú (2016). Além disso, os autores também citam a multiplicidade de nomenclaturas e abordagens referentes ao Ensino por Investigação. Há, portanto, diferentes bases teórico-conceituais do campo da Educação e Ensino que fomentaram a elaboração e o desenvolvimento de ações pedagógicas que se caracterizam como investigativas. Nesse cenário, optamos por utilizar como referencial teórico da pesquisa realizada e apresentada nesse artigo, os apontamentos e encaminhamentos inerentes aos estudos conduzidos por García e García (2000) e Clement (2013).

Assim, a perspectiva investigativa utilizada para fundamentar as ações didático-pedagógicas de nossa pesquisa buscou valorizar, ao longo do processo de construção do

conhecimento dos estudantes, os seguintes elementos: participação ativa do estudante e necessária autoria para a sua aprendizagem; papel do problema ou situações-problemáticas para configuração de um contexto escolar que viabilizasse uma investigação; e a aprendizagem de Ciência e sobre Ciência, em particular, a conscientização relativa à construção do saber, isto é, que as resoluções, explicações, modelos e teorias decorrem da atividade humana.

Dentre as possibilidades da investigação no espaço escolar, García e García (2000) identificam a viabilidade dos estudantes emitirem, analisarem e reestruturarem as suas concepções no processo de resolução de problemas, bem como realizarem considerações sobre a sua aprendizagem, as estratégias utilizadas e os resultados encontrados. Além disso, destacam a importância da interação entre os envolvidos no processo investigativo como ocorre, por exemplo, nos trabalhos em equipe.

Na utilização de uma perspectiva investigativa, busca-se romper com a tradicional passividade dos estudantes no contexto escolar, almejando-se que ocupem um papel central no processo de ensino-aprendizagem. Outro objetivo relaciona-se com o desenvolvimento da autonomia do estudante. Essa pretensa autonomia só é possibilitada quando o estudante efetivamente faz parte do processo de ensino-aprendizagem, ou seja, na medida em que emite e discute ideias com os colegas, reflete sobre as situações-problemas e questões existentes em determinada área do conhecimento, culminando na ideia e sentido de autoria no processo de construção da sua aprendizagem (CLEMENT, 2013). É, portanto, um processo a ser construído, mediante uma organização pedagógica que favoreça e promova as experiências e vivências de ensino-aprendizagem alinhadas a esta perspectiva investigativa.

Outro argumento favorável ao Ensino por Investigação, além daqueles identificados anteriormente, é destacado por Briccia (2016, p. 126) quando afirma que os estudantes inseridos nessa perspectiva “desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais sobre a natureza da Ciência [...]”.

Para o planejamento e implementação das Ações de Ensino Investigativas - AEI no ambiente escolar, ao longo de nossa pesquisa, utilizamos como referencial teórico principal, a *metodologia investigativa* de García e García (2000). Justificamos a utilização dessa “metodologia”, ao identificarmos em Clement (2013), a implementação de onze atividades didáticas investigativas em aulas de Física no ensino médio, apoiadas naquela metodologia e que resultaram em um trabalho didático-pedagógico exitoso. Assim, pretendemos ampliar o entendimento sobre a utilização dessa perspectiva metodológica para o ensino de Física.

No desenvolvimento da metodologia investigativa proposta por García e García (2000), as atividades didáticas são programadas de acordo com três momentos, que envolvem:

- a procura, escolha, formulação e reconhecimento do problema;
- a resolução da situação-problema sendo realizada por meio da interação entre os conhecimentos dos estudantes e as novas informações provenientes de outras fontes;

- a revisão sobre o que foi desenvolvido, bem como o estabelecimento de conclusões e a comunicação dos resultados da investigação.

Esses momentos/etapas são identificados por Clement (2013, p. 140), quando implementa Atividades Didáticas (AD) investigativas no espaço escolar, como sendo “marcadores de um ciclo investigativo inerente ao processo de ensino-aprendizagem por meio destas AD.”

Além da perspectiva de um ensino investigativo, destacamos que os tablets e smartphones, Tecnologias Móveis, encontram-se cada vez mais presentes no cotidiano dos estudantes, embora sua utilização no ambiente educacional ainda seja reduzida. Em uma perspectiva global, os celulares configuram-se como “a TIC interativa mais amplamente usada no planeta.” (UNESCO, 2013, p.9).

No contexto do ensino de Física, essas Tecnologias Móveis possuem potencial pedagógico para além do acesso à informação e comunicação, o que já é possível com o uso dos computadores. Essas tecnologias contam com uma variedade de sensores de grandezas físicas (GUEDES, 2015; KUHN; VOGT, 2013; VIEIRA, 2013; VIEIRA; LARA; AMARAL, 2014). Sensores que permitem, por exemplo, a determinação da aceleração, do campo magnético, da frequência emitida por uma fonte sonora e da intensidade luminosa.

Embora as pesquisas sobre a utilização dessas Tecnologias Móveis no ensino de Física sejam recentes, já existe uma significativa quantidade de resultados nessa área (JESUS; SASAKI, 2016). Experimentos com distintos graus de complexidade, objetivando a determinação de variáveis físicas fundamentais, podem ser realizados por meio de smartphones (KUHN; VOGT, 2013). O uso das Tecnologias Móveis no ensino de Física é possível em distintas áreas da disciplina, em atividades experimentais envolvendo, por exemplo, a Mecânica (VOGT; KUHN, 2012; KUHN; VOGT, 2013; MONTEIRO *et al.*, 2015; JESUS; SASAKI, 2016; VIEIRA, 2013), a Óptica (MONTEIRO *et al.*, 2017; VIEIRA, 2013; VIEIRA; LARA; AMARAL, 2014), as Ondas Sonoras (KASPER; VOGT; STROHMEYER, 2015; PAROLIN; PEZZI, 2015; VIEIRA; AMARAL; LARA, 2014; GUEDES, 2015, FERNANDES *et al.*, 2016; HIRTH; KUHN; MÜLLER, 2015), o magnetismo e o eletromagnetismo (VIEIRA, 2013).

Sobre esses dispositivos, Vieira, Lara e Amaral (2014, p. 3505-2) identificam uma dupla funcionalidade, pois podem ser utilizados “como computadores pessoais e instrumento de medida direta de grandezas físicas importantes no ensino de física.”

Neste artigo, apresentamos o resultado de uma pesquisa que procurou investigar a convergência entre uma perspectiva de Ensino por Investigação e a utilização das Tecnologias Móveis em aulas de Física, para o ensino de ondas sonoras. Buscamos, assim, responder ao seguinte problema de pesquisa: “*Em que aspectos as Tecnologias Móveis favorecem a investigação de fenômenos físicos em sala de aula?*”. Paralelamente, também estávamos voltados a avaliar aspectos sobre a promoção de interesse e suportes a autonomia dos

estudantes ao longo das aulas. Os resultados sobre essa dimensão investigativa também compõe o foco deste artigo.

## II. Ações de Ensino Investigativas e a coleta e análise de dados

As ações de ensino investigativas foram implementadas em sala de aula e acompanhadas, visando a coleta de dados e posterior análise e emissão de resultados.

### II.1 Ações de Ensino Investigativas Desenvolvidas

Foram desenvolvidas cinco Ações de Ensino Investigativas (AEI) considerando os apontamentos dos referenciais teóricos evidenciados anteriormente e inserindo-se no contexto do ensino das ondas sonoras. Na elaboração de cada AEI, previmos o uso de tablets como instrumentos que viabilizassem a mensuração de grandezas físicas e, no contexto dessa pesquisa, possibilitassem a obtenção de informações para a resolução das situações-problemas inerentes às AEI.

No Quadro 1 especificamos as situações-problemas que encaminharam as investigações em cada uma das AEI. As AEI-01 e AEI-02 referem-se a tubos sonoros com uma extremidade aberta e outra fechada, embora seja possível a utilização dessas AEI com tubos sonoros com duas extremidades abertas. A AEI-01 apresenta uma situação-problema relacionada com a construção de flautas conhecidas como “flautas de pão” ou “flautas pan”. Essas flautas, retratadas na Fig. 1, possuem custo acessível, são fáceis de desmontar e de utilizar e consistem de tubos sonoros em que uma extremidade é aberta e a outra é fechada. Na AEI-02 o foco investigativo envolveu a obtenção da velocidade de propagação do som no ar por meio do uso dos tubos sonoros utilizados na AEI-01.

Quadro 1 – Ações de ensino investigativas (AEI) desenvolvidas.

Ações de Ensino Investigativas (AEI)	Situações-problema	Quantidade de aulas utilizadas
AEI – 01 Tubos e Flautas	<p>Parte a) Uma empresa que produz instrumentos musicais deseja ampliar seus negócios e iniciar a confecção de tubos sonoros para a construção de flautas conhecidas como “flautas de pão” ou “flautas pan”. Suponha que você é contratado pela empresa e, nessa condição, deverá propor uma solução para a seguinte demanda:</p> <p>Construir tubos sonoros para a emissão de sons agudos e para a emissão de sons graves.</p> <p>Para tal, elabore e teste uma estratégia para a confecção dos tubos sonoros a serem utilizados para a construção das flautas.</p> <p>Elabore um registro escrito que possa ser utilizado pela</p>	04 aulas (3h)

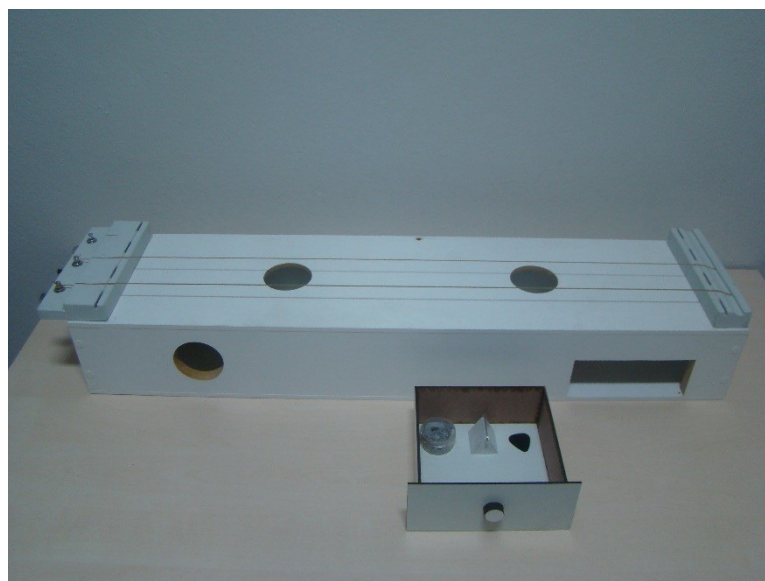
	<p>empresa no processo de confecção dos tubos sonoros.</p> <p>Parte b) A empresa produziu dois tubos sonoros com as mesmas características daqueles analisados por sua equipe, um com 60 cm de comprimento e outro com 6 cm de comprimento. Qual tubo sonoro produzirá a onda sonora mais grave? Por que?</p> <p>Com base nos resultados obtidos na etapa anterior, determine as frequências das ondas sonoras emitidas pelos tubos sonoros.</p>	
AEI – 02 Velocidade de propagação das ondas sonoras	<p>Qual a velocidade de propagação das ondas sonoras no ar? Para determinação dessa velocidade, utilize os tubos sonoros disponíveis.</p>	02 aulas (1h 30min)
AEI – 03 Monocórdio	<p>Seu grupo recebeu um instrumento musical, conforme figura a seguir, fabricado por uma determinada empresa, em que a localização das notas não foi estabelecida. Para auxiliar na avaliação do instrumento e demarcação das notas, elabore e teste uma estratégia que permita obter e prever, na mesma corda, três notas musicais de mesmo nome, sem utilizar a regulagem do parafuso (“tarraxa”).</p> <p>Elabore uma orientação escrita que possa ser fornecida para a empresa e que sirva de apoio para a demarcação das notas musicais.</p>	02 aulas (1h 30min)
AEI – 04 “Afinando” um instrumento musical	<p>Um músico deseja afinar um instrumento musical, semelhante àquele que a sua equipe tem à disposição, um pouco antes de começar a se apresentar. A primeira corda do instrumento é afinada por meio de um afinador existente no celular/tablet. Entretanto, a bateria do celular/tablet descarrega, não sendo mais possível utilizá-la. O músico sabe a posição das notas no instrumento. Desenvolva e implemente um método que o músico poderia utilizar para a afinar as outras cordas sem um afinador. Registre por escrito o método proposto.</p>	02 aulas (1h 30min)
AEI – 05 Acidente de Trânsito	<p>Um perito criminal é contratado para analisar um acidente de trânsito em uma avenida, no centro de uma cidade, envolvendo um carro e um ciclista. Felizmente, nenhum dos envolvidos machucou-se gravemente. Uma testemunha que estava parada no local, ao perceber a possibilidade de um acidente, tentou gravá-lo em vídeo, mas gravou apenas um áudio do local. Em depoimento, a testemunha afirmou que o motorista buzinou para tentar evitar o acidente. O perito, ao analisar o carro, grava um áudio da buzina do veículo.</p> <p>A sua equipe tem à disposição os dois áudios: do perito e da testemunha. Utilizando os dados fornecidos, elabore uma estratégia para determinar a velocidade do carro no momento da colisão. Ele estava movendo-se com velocidade acima da permitida pelas leis de trânsito?</p>	02 aulas (1h 30min)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.



*Fig. 1 – Flautas Pan utilizadas. Fonte: acervo dos autores, 2017.*

No processo de desenvolvimento das AEI-03 e AEI-04, considerando que as notas musicais são caracterizadas pela frequência, foi construído um dispositivo/instrumento musical, evidenciado na Fig. 2, tendo como referência o monocórdio utilizado pelo filósofo grego Pitágoras (WHITE; WHITE, 1980). A AEI-05 envolve uma situação-problema relacionada com um hipotético acidente de trânsito e possibilitava a utilização do efeito Doppler para a resolução da situação-problema inerente à atividade.



*Fig. 2 – Dispositivo construído. Fonte: Acervo dos autores, 2018.*

Devido ao espaço e o escopo desse artigo apresentamos, na seção de resultados, um detalhamento descritivo sobre a implementação de uma AEI, a AEI-01. Para a implementação da AEI-01 foram utilizadas quatro aulas de 45 minutos, sendo duas aulas numa semana e duas aulas na semana seguinte. Ressaltamos que esse foi o primeiro momento em que os estudantes tiveram contato com o Ensino por Investigação.



## II.2 Metodologia de coleta e análise de dados

As AEI foram elaboradas previamente pela equipe responsável pela pesquisa e, posteriormente, implementadas em contexto escolar. O conjunto das cinco AEI foi aplicado integralmente em uma instituição de ensino de educação básica, em que estudantes do terceiro ano do ensino médio participaram das aulas em horários extraclasse, de forma voluntária. Para viabilizar esta intervenção, os estudantes foram convidados a participar do desenvolvimento das AEI. A temática das ondas sonoras já havia sido abordada anteriormente nas aulas de Física da instituição (de forma tradicional, mediante aulas expositivas e resolução de exercícios) e os estudantes utilizavam material apostilado nas aulas regulares. As AEI foram implementadas no Laboratório de Física da instituição, pelo primeiro autor desse artigo, durante o segundo semestre de 2017, no turno vespertino. Cabe observar que nenhum dos autores possuía vínculo com a instituição durante o período em que foi realizada essa implementação. O número de estudantes participantes ao longo das aulas variou entre sete e onze.

Para a coleta de dados utilizamos quatro instrumentos, para que fosse possível o processo de triangulação dos dados, durante a análise e elaboração dos resultados e considerações. No Quadro 2 relacionamos os instrumentos/recursos metodológicos utilizados e os momentos em que foram aplicados<sup>3</sup>.

Quadro 2 – Instrumentos de coleta de dados

<b>Instrumento de coleta de dados</b>	<b>Momento em que foi utilizado</b>
Registro em áudio e vídeo das Ações de Ensino	Em todas as AEI.
Produções realizadas pelos estudantes	Recolhidas ao final de cada AEI.
Entrevistas Semiestruturadas com estudantes	Após a implementação de todas as AEI
Escala de Medida de Interesse e Suportes à Autonomia – EMISA	Implementadas ao final de cada AEI.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os registros das ações de ensino foram realizados utilizando a gravação em áudio e vídeo de todas as implementações das AEI e registros escritos em um diário de bordo preenchido pelo docente no decorrer da implementação.

Para analisarmos o interesse dos estudantes com relação a cada atividade e aspectos relativos aos suportes para a promoção da autonomia, utilizamos a Escala de Medida de Interesse e Suportes a Autonomia (EMISA), que foi adaptada e organizada por Clement (2013). A EMISA já foi implementada anteriormente por Clement (2013) em pesquisa envolvendo atividades didáticas investigativas, também no cenário de aulas de Física.

---

<sup>3</sup> Cabe ressaltar que a pesquisa respeitou todos os trâmites éticos e compreende uma investigação mais abrangente que possui Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAEE) - 55740416.5.0000.0118.

### **III. Resultados e discussão**

Nessa seção do artigo, apresentamos a descrição detalhada da implementação de uma AEI, visando a exemplificação e um melhor entendimento aos leitores sobre o processo didático-pedagógico empregado. Os resultados obtidos retratam a convergência entre uma perspectiva didático-pedagógica centrada no Ensino por Investigação e o uso de Tecnologias Móveis, bem como, uma discussão e análise sobre o interesse e a promoção da autonomia dos estudantes ao longo das AEI implementadas em sala de aula.

#### **III.1 Descrição de uma das AEI implementadas**

Conforme já adiantado na seção anterior, para fins de exemplificação do processo pedagógico adotado no desenvolvimento das AEI, apresentamos a descrição detalhada da AEI 01. Para descrição de alguns eventos que ocorreram na atividade, utilizaremos os momentos propostos por García e García (2000), destacados anteriormente.

##### **III.1.1 Procura, escolha, formulação e reconhecimento do problema**

No início da atividade, o docente sugeriu aos estudantes que se organizassem em equipes. Teve a formação de três equipes, dois quartetos e um trio e cada uma delas ocupou uma das bancadas existentes do Laboratório de Física da instituição. Será utilizada a nomenclatura E1, E2 e E3 para referenciar as equipes ao longo da descrição textual.

Cada estudante recebeu uma folha em que havia a situação-problema impressa e algumas orientações, a saber:

##### **1.1 Ação de Ensino Investigativa n. 1 - Tubos e flautas**

###### **Situação-problema:**

*Parte a) Uma empresa que produz instrumentos musicais deseja ampliar seus negócios e iniciar a confecção de tubos sonoros para a confecção de flautas conhecidas como “flautas de pão” ou “flautas pan”. Suponha que você é contratado pela empresa e, nessa condição, deverá propor uma solução para a seguinte demanda:*

*Construir tubos sonoros para a emissão de sons agudos e para a emissão de sons graves.*

*Para tal, elabore e teste uma estratégia para a confecção dos tubos sonoros a serem utilizados para a confecção das flautas. Elabore um registro escrito que possa ser utilizado pela empresa no processo de construção dos tubos sonoros.*

###### **Orientações:**

*Estabeleça uma estratégia, em conjunto com os seus colegas, para a resolução da situação-problema.*

*Se necessário, consultem o professor sobre a estratégia desenvolvida.  
Execute a estratégia considerada adequada.  
Registre a estratégia utilizada e os resultados obtidos.”*

Os estudantes foram questionados se conheciam esse modelo de flauta, sendo que pelas expressões faciais, acenaram positivamente. O docente também explicou o que era uma flauta pan e cada equipe recebeu duas flautas com distintos comprimentos e diâmetros, além de uma folha para anotações. A primeira ação dos estudantes foi soprar as flautas, além de debaterem entre si sobre a situação-problema. A equipe E1, por exemplo, questionou sobre o número de tubos existentes nesse modelo de flauta, sendo que o docente mostrou com mais tubos como configura-se tal modelo.

A atuação do docente, nesse momento da metodologia investigativa, foi predominantemente o de questionar e problematizar sobre a situação-problema, de modo a contribuir para que os estudantes a compreendessem e iniciassem o processo de investigação.

A equipe E3 identificou, mesmo sem um instrumento para a mensuração da frequência, que quanto maior o comprimento do tubo mais grave o som. No decorrer desse momento, as equipes emitiam suas hipóteses, sendo que o docente, ao conhecer todas, realizou uma intervenção com todo o grupo de estudantes: *“Eu observei que todas as equipes estão dizendo que esse som agudo e grave, ele depende do quê?”*

Um estudante mencionou o termo frequência. O docente questionou a turma sobre o que é um som grave e obteve como resposta de alguns estudantes *“Baixa frequência”* e, após questionar sobre o que é um som agudo, vários estudantes afirmaram: *“Alta frequência.”*

Em determinado momento o docente afirmou para a turma: *“Os três grupos estão dizendo que a frequência depende de duas coisas ...”*, e questionou sobre qual seria essa dependência, sendo que uma equipe identificou o comprimento e outra o diâmetro dos tubos. Nesse momento, todas as equipes tinham as mesmas hipóteses, ou seja, de que havia relação entre o comprimento e o diâmetro com a frequência do som emitido pelos tubos.

Ressaltamos que, a rigor, o diâmetro do tubo sonoro tem influência no som emitido por ele. Hirth, Kuhn e Müller (2015) destacam que o nó de pressão localiza-se a uma distância igual a  $0,61 \cdot R$  além da extremidade aberta do tubo, em que  $R$  é o raio da seção transversal do tubo. Na implementação da AEI, optou-se pelo não fornecimento dessas informações, tendo como objetivo que os estudantes analisassem a hipótese da influência do diâmetro na frequência da onda sonora. Destacamos que, para as flautas pan que utilizamos, o modelo apresentado em aulas de Física do Ensino Médio, em que o ventre de deslocamento, ou nó de pressão, localiza-se na extremidade aberta do tubo sonoro, foi satisfatório no desenvolvimento da AEI-01 e da AEI-02.

No desenvolvimento das hipóteses, percebemos que foi necessário fornecer um tempo significativo aos estudantes para que se apropriassem da situação-problema, compreendendo-a, e para que debatessem entre si. Além disso, observamos a utilização de alguns

dos livros didáticos que estavam disponíveis para os estudantes. O docente também solicitou aos estudantes que anotassem as hipóteses na folha fornecida.

Mesmo os estudantes elaborando duas hipóteses, ainda não haviam destacado a necessidade da mensuração do comprimento, diâmetro e frequência emitida pelos tubos sonoros. E foi nesse contexto que ocorreu o diálogo do docente com cada equipe, no sentido de problematizar sobre essa necessidade.

Os estudantes perceberam a necessidade da utilização de uma régua para a mensuração do comprimento e do diâmetro do tubo. Quando destacaram a necessidade da mensuração da frequência, o docente entregou para cada equipe um tablet com o aplicativo *Spectral Audio* instalado, e mostrou como se obtém a frequência emitida por um tubo sonoro. Ressaltamos que, inicialmente, as réguas e os tablets não estavam visíveis aos estudantes, sendo inseridos na atividade conforme a demanda da investigação.

### III.1.2 Resolução da situação-problema

Nesse momento, as equipes organizaram os dados obtidos em um formato semelhante a uma tabela. Sobre a investigação relativa a influência do diâmetro na frequência da onda sonora emitida por um tubo sonoro detalharemos, para fins de exemplificação, o processo que ocorreu na equipe E3. A equipe identificou que o diâmetro do tubo não influencia na frequência da onda sonora emitida. Esse é um evento em que visualiza-se o confronto entre as hipóteses e os resultados obtidos. Destacamos um trecho do diálogo entre o docente e dois estudantes da equipe.

Estudante A11: “*Finalmente conseguimos, Anaxi.*”

Docente: “*Conseguiram?*”

Estudante A5: “*A gente pegou dois tubos*”

Estudante A11: “*dois do mesmo comprimento e da mesma frequência ()*”

Estudante A5 “*() e diâmetros diferentes.*”

O docente questionou sobre o que os estudantes estavam concluindo, e obteve a seguinte resposta:

Estudante A5: “*Diâmetro realmente não vai influenciar.*”

Na Fig. 3, encontra-se um trecho das informações obtidas pela equipe E3 na investigação e que possui relação com esse evento.

No diálogo com as equipes, o docente também problematizou se as informações obtidas eram suficientes para a confecção dos tubos pela empresa, sendo que duas equipes, E1 e E2, identificaram a necessidade de uma equação e na equipe E3 tal demanda foi problematizada pelo docente. Observamos que os estudantes identificavam que as grandezas frequência e comprimento do tubo eram inversamente proporcionais, entretanto, apresentavam dificuldade para a obtenção de uma equação. Nas equipes E1 e E2, o estabelecimento de uma equação aconteceu utilizando o formato “tentativa e erro”. No decorrer da investigação, as equipes conseguiram obter uma equação satisfatória para a

8	23,0	11	387
9	23,0	14	387
Segundo os dados dos tubos 8 e 9, vemos que a frequência independe do diâmetro.			

Fig. 3 – Trecho da produção textual da equipe E3. Os tubos 8 e 9 tem comprimentos iguais a 23,0 cm e diâmetros de 11 mm e 14 mm, respectivamente, e emitem a frequência de 387 Hz. Fonte: Acervo dos autores, 2017.

situação-apresentada. Como exemplo, citamos a fala de um estudante da equipe E2, justificando terem escolhido multiplicar o comprimento do tubo e a frequência.

Estudante A1: “... Esse valor aqui vai diminuindo e esse vai aumentando ((o estudante aponta para as informações escritas na folha)). Então assim ó. Se a gente multiplicar esse com esse ele vai dar um número. Só que assim, como o outro aumenta o outro tem que diminuir uma mesma proporcionalidade pra no final a multiplicação dar o mesmo número. Aí tipo, se o outro aumentar muito o outro diminui muito.”

A possibilidade de construção de um gráfico com as informações disponíveis foi identificada pelas equipes ou sugerida pelo docente. O docente sugeriu aos estudantes que elaborassem um esboço de um gráfico e comparassem com aquele obtido com o tablet. Para a construção do gráfico o docente sugeriu o aplicativo *Microsoft Excel*, que encontrava-se instalado nos tablets. Cada equipe comparou o gráfico obtido por meio do aplicativo com o esboço que desenvolveram previamente. O terceiro momento da metodologia investigativa de García e García foi desenvolvido na semana seguinte.

### III.1.3 Revisão sobre o que foi desenvolvido, estabelecimento de conclusões e comunicação dos resultados da investigação

Esse último momento foi desenvolvido nas duas aulas da semana seguinte. Na semana anterior os estudantes entregaram para o docente uma folha contendo os registros escritos. Para a sequência da AEI essa folha foi devolvida para as equipes e foi fornecido um tempo para que revisassem o que foi realizado previamente.

Ao término da confecção do registro escrito pelos estudantes, o docente destinou um momento para que apresentassem suas conclusões. Ressaltamos que foi a primeira vez em que o quadro foi utilizado. Um questionamento do docente para as equipes relacionava-se com a construção de uma equação, e os estudaram citaram a equação  $K = f.L$  ou  $K = f.C$ . Ao questionar o significado da letra K, recebeu como resposta que era uma constante. Solicitou também os valores das constantes obtidas pelos estudantes, e os valores obtidos foram 8552, 8540, 8396.

Sobre a equação obtida, o docente questionou: “*O que a empresa poderia fazer com essa equação então?*”. O estudante A3 respondeu: “*Ver qual a frequência que ela quer, aí determinaria o comprimento do tubo.*” Após esse evento, o docente questionou a turma se todos haviam compreendido e obtiveram o mesmo resultado, obtendo resposta afirmativa. Na sequência, foi desenvolvida a “Parte b”, de maneira individual, embora os estudantes poderiam consultar os registros escritos que realizaram nas equipes.

#### **III.1.4 “Parte b”**

A implementação da “Parte b” durou cerca de 10 minutos, sendo que cada estudante recebeu em uma folha impressa a seguinte situação-problema:

*“Parte b) A empresa produziu dois tubos sonoros com as mesmas características daqueles analisados por sua equipe, um com 60 cm de comprimento e outro com 6 cm de comprimento. Qual tubo sonoro produzirá a onda sonora mais grave? Por que? Com base nos resultados obtidos na etapa anterior, determine as frequências das ondas sonoras emitidas pelos tubos sonoros.”*

Os estudantes anotaram as respostas na folha impressa e podiam consultar individualmente os registros escritos realizados pela sua equipe. Objetivamos com a “Parte b” identificar alguns indícios de aprendizagens sobre a investigação realizada. Na situação-problema, existiam duas demandas aos estudantes, sendo que uma referia-se a qual tubo emitiria a onda sonora mais grave e a outra solicitava a determinação da frequência emitida por cada tubo.

Sobre essa demanda, do cálculo da frequência, consideramos na análise das respostas a utilização correta da equação desenvolvida e o correto uso da unidade de medida da frequência. Também verificamos se a equação utilizada pelo estudante era aquela desenvolvida pela sua equipe. Nesse sentido, observamos que todos os estudantes responderam corretamente a essa demanda, o que fornece indícios de que houve aprendizagem dos estudantes no que se refere a utilização da equação desenvolvida na investigação.

Sobre a primeira demanda, todos os estudantes apontaram que a onda sonora mais grave seria emitida pelo tubo de 60 cm de comprimento. As respostas, para essa demanda, foram classificadas em quatro categorias: Quantitativa; Qualitativa; Quantitativa e Qualitativa; Acerto Parcial. A categoria “Quantitativa” englobou a resposta em que as equações foram utilizadas para a determinação da frequência e para a justificativa da resposta. As respostas que identificaram as grandezas físicas, frequência e comprimento do tubo, como inversamente proporcionais foram classificadas na categoria “Qualitativa”.

Na categoria “Qualitativa e Quantitativa” foram categorizadas respostas que referiam-se à relação entre a frequência e o comprimento do tubo sonoro e, também, citavam o cálculo da frequência para os dois tubos sonoros ou, no cálculo, identificaram qual tubo

produziria a onda sonora mais grave/aguda. As respostas que não apresentaram justificativas foram classificadas na categoria “Acerto Parcial”.

Das 9 respostas, duas foram classificadas na categoria “Acerto parcial”, três respostas na categoria “Qualitativa e Quantitativa”, três respostas na categoria “Qualitativa” e uma resposta na categoria “Quantitativa”. Como exemplo de uma resposta na categoria “Qualitativa e Quantitativa”, apresentamos na Fig. 4 a resposta da estudante A2, em que observa-se a mobilização dos conhecimentos presentes na “Parte a” na resolução da “Parte b”, ao longo da AEI - 01.

Com base nos resultados obtidos na etapa anterior, determine as frequências das ondas sonoras emitidas pelos tubos sonoros.

$f \cdot \lambda = c$   
 $f \cdot 60 = 8540$   
 $f = \frac{8540}{60}$   
 $f = 142,3 \text{ Hz}$

$f \cdot \lambda = c$   
 $f \cdot 6 = 8540$   
 $f = \frac{8540}{6}$   
 $f = 1423,3 \text{ Hz}$

O tubo sonoro que produzirá a onda sonora mais grave será o tubo com 60cm de comprimento, já que obtive uma frequência menor em relação à frequência obtida no tubo de 6cm, verificando que a frequência e o comprimento apresentam-se inversamente proporcionais.

Fig. 4 – Resposta da estudante A2 na “Parte b”. Fonte: Acervo dos autores, 2017.

É possível identificar, na resposta da estudante A2, a mobilização dos conhecimentos, aspecto identificado por García e García (2000) quando destacam que para a consolidação da aprendizagem deve-se oportunizar ao estudante a aplicação do que foi apreendido.

### III.2 Resultados gerais sobre a implementação das AEI: o desenvolvimento da investigação e o uso das tecnologias móveis

Apresentamos alguns resultados obtidos considerando a implementação das cinco AEI, analisando-as a partir do referencial teórico principal dessa pesquisa, da ação docente e discente e considerando a utilização das Tecnologias Móveis. Identificamos que os três momentos propostos por García e García (2000) foram estabelecidos em cada AEI.

Ressaltamos que as situações-problema apresentadas eram distintas daquelas que os estudantes geralmente têm contato e os estudantes mostravam-se motivados e interessados, sendo que sempre havia o diálogo entre os estudantes e entre os estudantes e o professor sobre a problematização inicialmente apresentada e no decorrer do processo investigativo. Com

relação aos materiais utilizados como apoio aos estudantes, haviam livros didáticos que estavam sobre uma mesa e que foram utilizados por eles quando consideravam necessário.

Para a apropriação da situação-problema por parte dos estudantes, principalmente na AEI-01, AEI-03 e AEI-04, observamos que foi necessário um tempo maior do que ocorre tradicionalmente no ensino de Física. Como exemplo, citamos a AEI-01, em que foi decorrido um tempo de trinta minutos até o início da mensuração das grandezas físicas. Entretanto, embora esse tempo possa ser considerado alto, destacamos que os estudantes efetivamente compreenderam quais eram as demandas e quais os motivos pelos quais estavam efetuando a mensuração das grandezas físicas.

Isso já evidencia uma compreensão sobre as grandezas envolvidas no fenômeno, sobre o processo de obtenção dessas informações e difere-se de muitas práticas experimentais do formato “receita de bolo”, em que o estudante muitas vezes não compreende o motivo pelo qual efetua determinada medida. Assim, a apropriação da situação-problema é central em um processo didático-pedagógico que se configure e se desenvolva como investigativo.

Uma justificativa para a utilização de problemas, de acordo com o García e García (2000) é a possibilidade de os estudantes explicitarem as suas concepções, confrontarem essas concepções com as informações obtidas na investigação, além do processo de reestruturação dessas concepções. Nesse sentido, identificamos a existência dessas características nas AEI implementadas. Citamos, como exemplo, a AEI-01, quando as equipes analisaram a hipótese de que o diâmetro influenciava na frequência da onda sonora emitida.

Ao longo de todo o processo de resolução das situações-problemas, o docente, considerando as hipóteses emitidas pelos estudantes e o planejamento das AEI, utilizou-se de várias problematizações tendo como objetivo a manutenção do interesse e o envolvimento dos estudantes e fomentar a reflexão sobre o desenvolvimento de cada atividade.

Além disso, identificamos, em algumas AEI, o que poderíamos caracterizar como “microinvestigações” ou “investigações secundárias”, que foram originadas no decorrer da resolução da situação-problema. Na AEI-01, por exemplo, uma das hipóteses era a da influência do diâmetro da seção transversal do tubo sonoro na frequência emitida pelo tubo, sendo que essa situação configurou-se como um problema a ser resolvido, contribuindo no desenvolvimento da investigação. O estabelecimento de possíveis novos problemas no decorrer da investigação é destacada por García e García (2000, p. 32, tradução nossa), ao afirmarem que “em torno do eixo que constitui o tratamento do problema, se articulam novos problemas e novas temáticas que podem guiar o processo de aprendizagem do aluno.”

Nesse sentido, destacamos a importância de metas de curto prazo, ou pequenos desafios, na satisfação da necessidade de competência, na ampliação do envolvimento, da motivação autônoma e da aprendizagem dos estudantes em aulas de Física.

Assim como nos outros momentos, não houve dificuldades no terceiro momento de García e García (2000), estabelecendo-se um cenário favorável para as equipes compartilharem os resultados obtidos, em que os estudantes não apresentaram dificuldades



nesse sentido. Consideramos essa situação relacionada com o significativo grau de autoria dos estudantes no processo investigativo.

Os estudantes estavam organizados em equipes durante todas as implementações. Analisando a dinâmica do trabalho em equipe, percebemos que todos os estudantes participaram ativamente das AEI, não havendo dispersões, indisciplinas ou solicitações para que os estudantes se dedicassem às atividades. Essa participação ativa dos estudantes no processo de estabelecimento das conclusões pode ser evidenciada, por exemplo, ao apresentarmos um trecho do diálogo, existente na entrevista semiestruturada, entre o primeiro autor desse artigo e o estudante A3.

Pesquisador: “*Como ocorreu, no seu grupo, o estabelecimento das conclusões e a sistematização dos resultados? Todos participaram?*”

Estudante A3: “*Sim. Cada um deu uma opinião assim, mas tipo relacionada com a conclusão nossa, no meio prático. Então a gente ia formulando a conclusão e o processo de explicar pra a empresa, todo mundo junto. Então a gente achava qual era a melhor frase, qual o melhor, tipo, o jeito de mostrar pra a empresa.*”

Pesquisador: “*Então na hora de escrever todos participavam também?*”

Estudante A3: “*Sim.*”

Ressaltamos que a pouca utilização do quadro, utilizado apenas no terceiro momento da metodologia investigativa de García e García (2000), e a pequena quantidade de informações fornecidas de maneira expositiva pelo docente, indicam que o papel dos estudantes foi de buscar informações e analisá-las de forma a construir e/ou se apropriar dos conhecimentos necessários para a resolução da situação apresentada.

Sobre a utilização das Tecnologias Móveis, em todas as AEI implementadas cada equipe utilizou um tablet, da marca Samsung, modelo SM-T113NU, com o sistema operacional *Android* e com os aplicativos necessários para a pesquisa instalados anteriormente. Procuramos, assim, garantir que condições externas como, por exemplo, o acesso à internet no local de implementação não se configurasse como um elemento inibidor da investigação. Para outras implementações em sala de aula, em outros contextos, o docente pode solicitar que os estudantes utilizem seus próprios smartphones e, se considerar necessário, pode sugerir a instalação dos aplicativos antes do início da investigação.

Nas AEI constatamos que as Tecnologias Móveis foram utilizadas pelos estudantes, sem que esses apresentassem dificuldades quanto a operação dos aplicativos. Os estudantes conseguiram utilizar os aplicativos na mensuração das grandezas físicas e, a partir disso, elaborar resoluções adequadas às AEI. Todos os aplicativos utilizados estavam disponíveis gratuitamente. Na AEI-01 e na AEI-02 foi utilizado, para a obtenção das frequências, o aplicativo *Spectral Audio* e nas AEI-03, AEI-04 e AEI-05 foi utilizado o aplicativo *Tuner – DaTuner (Lite!)* que fornecia a nota musical e a frequência musical associada a cada nota. Nas AEI-01 e AEI-03 os tablets foram utilizados, de modo opcional, para a construção de um gráfico, por meio de uma versão gratuita do aplicativo *Microsoft Excel*.

Além da mensuração das grandezas físicas, em momento inicial da investigação, as Tecnologias Móveis também foram utilizadas para a verificação das estratégias elaboradas pelos estudantes, conforme ocorreu na implementação da AEI-04, envolvendo o fenômeno da ressonância.

Nesse sentido, evidenciamos o estabelecimento de uma demanda para a utilização dos tablets, configurando-se, assim como muito importantes ao desenvolvimento da investigação. Na ausência desses dispositivos, as investigações ficariam inviabilizadas. A importância das Tecnologias Móveis nas investigações realizadas é destacada pela estudante A6, em um trecho do diálogo ocorrido na entrevista semiestruturada, ao afirmar que *“Eles ((a estudante refere-se aos tablets)) foram utilizados para ajudar a gente, né? Porque sem eles a gente não ia conseguir resolver o problema todo.”*

Destacamos, na mesma direção e sobre a mesma questão na entrevista semiestruturada, um trecho do diálogo entre o primeiro autor desse artigo e o estudante A9:

Pesquisador: *“Em que momento e por que os Tablets foram utilizados?”*

Estudante A9: *“Pra fazer algumas medições, principalmente com frequência. Que nós precisávamos de um instrumento para isso.”*

E, na mesma questão, ressaltamos um trecho da fala do estudante A3, ao afirmar que *“... Não dá pra a gente saber a frequência só pelo ouvido, então a gente utilizava o tablet como (um) recurso.”*

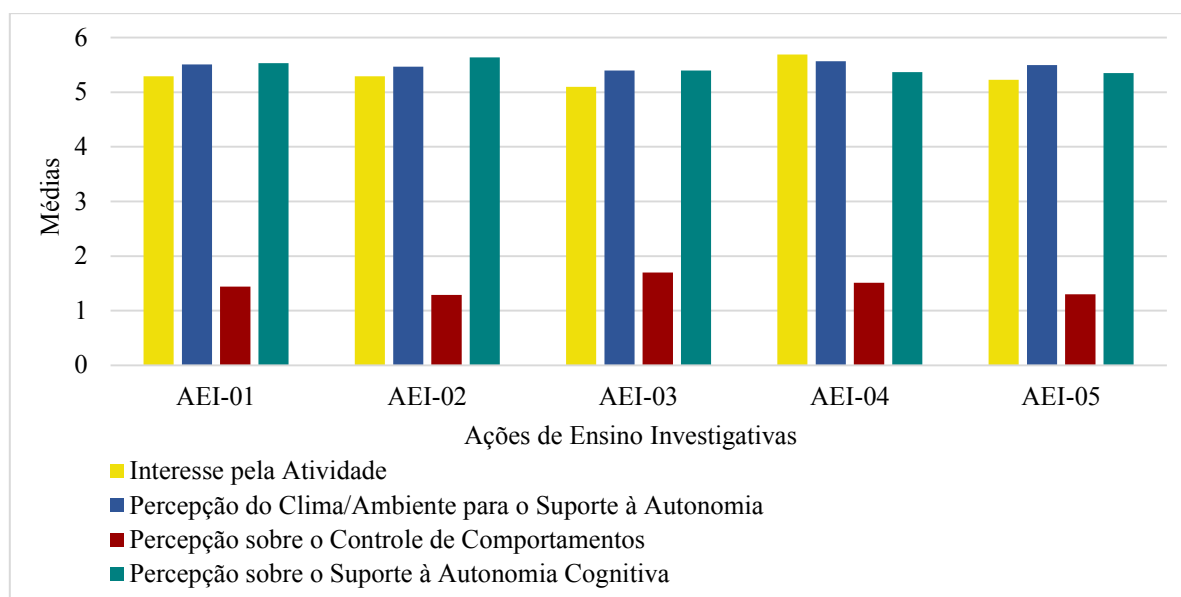
Assim, as Tecnologias Móveis utilizadas possibilitaram a investigação dos fenômenos físicos contribuindo para a resolução das situações-problema. Também percebemos que o processo de internalização do uso dos tablets pelos estudantes ocorreu rapidamente, sendo que consideramos que o contato dos estudantes com essas tecnologias e a facilidade para a realização de mensurações com esses dispositivos contribuíram para a consolidação desse cenário.

Considerando os resultados obtidos, as Tecnologias Móveis utilizadas nesta pesquisa estabeleceram-se como recursos educacionais importantes para o ensino de ondas sonoras, na medida em que permitiram a mensuração das grandezas físicas e contribuíram para o processo investigativo.

### **II.3 Discussão sobre interesse e promoção de autonomia**

Para a obtenção das percepções dos estudantes sobre o interesse nas atividades e envolvendo os suportes para a promoção da autonomia, utilizamos a Escala de Medida de Interesse e Suporte à Autonomia (EMISA), utilizada por Clement (2013), que consta de uma escala *Likert* com valores entre 1 e 6. Na escala *Likert* que implementamos, existe um total de 20 itens, que foram respondidos ao término da implementação de cada AEI. O número de estudantes que responderam a EMISA variou entre 7 e 9, dependendo da data de implementação de cada AEI. Os resultados obtidos, na instituição em que todas as AEI foram implementadas, encontram-se no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Médias obtidas nas subescalas da EMISA em cada Ação de Ensino Investigativa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Destacamos, na subescala *Interesse pela atividade*, que as médias obtidas ficaram entre 5,10 e 5,69. A ampliação do interesse devido à utilização didática de problemas também é apontada por García e García (2000) e, nesse contexto, considerando as médias elevadas e a análise realizada com o diário de bordo e a gravação em áudio e vídeo, identificamos convergências entre o referencial teórico principal dessa pesquisa e a implementação das AEI. Além disso, o interesse dos estudantes foi persistente no decorrer das atividades, não restringindo-se a situação-problema apresentada, mas fomentando a ampliação da motivação dos estudantes no processo investigativo.

A maior média obtida, de valor igual a 5,69, foi obtida na AEI-04, que envolvia o fenômeno da ressonância, sendo que foi a atividade que demandou primordialmente uma análise conceitual para a resolução da situação-problema.

Exceto a AEI-02, todas as outras AEI envolviam situações-problema contextualizadas. Mesmo assim, na AEI-02, em que solicitava-se a determinação da velocidade das ondas sonoras no ar, obteve-se a segunda média mais alta, juntamente com a AEI-01, com valor igual a 5,29.

Os valores superiores a 5,00, foram obtidos em todas as AEI, nas subescalas, *Percepção do Clima/Ambiente para o Suporte à Autonomia*, com valores entre 5,40 e 5,57 e *Percepção sobre o Suporte à Autonomia Cognitiva*, cujas médias variavam entre 5,35 e 5,64. Comparando esses resultados com nossas observações e com outros instrumentos de coleta de dados, apontamos que as atividades forneceram suporte para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes nas atividades.

No contexto da autonomia, é necessário que os estudantes possuam liberdade para desenvolverem a investigação, o que inclui a possibilidade de desenvolverem, testarem e

analisarem hipóteses, elaborarem ajustes na investigação e comunicarem os resultados obtidos. Essa atitude do estudante ao deparar-se com a situação-problema é uma atitude ativa, sendo fundamental, no processo de construção dos seus conhecimentos, para a promoção da autonomia e do protagonismo.

É oportuno delimitarmos qual a nossa compreensão sobre o protagonismo e sobre a atitude ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem. Concordamos com as reflexões de García e García (2000) sobre os “métodos ativos” e apontamos que o manuseio de um experimento ou material concreto não implica, necessariamente, na promoção do protagonismo e da atitude ativa do estudante.

O protagonismo a que nos referimos está relacionado com o estabelecimento de um significativo grau de autoria, por parte do estudante, na construção do seu conhecimento. Nesse contexto, a atitude ativa do estudante é resultado de uma ação cognitiva sobre as demandas da investigação, em que o estudante, utilizando os seus conhecimentos e as informações obtidas, reflete, analisa e atua sobre a situação investigada. Essa atuação não implica, necessariamente, em uma ação manipulativa.

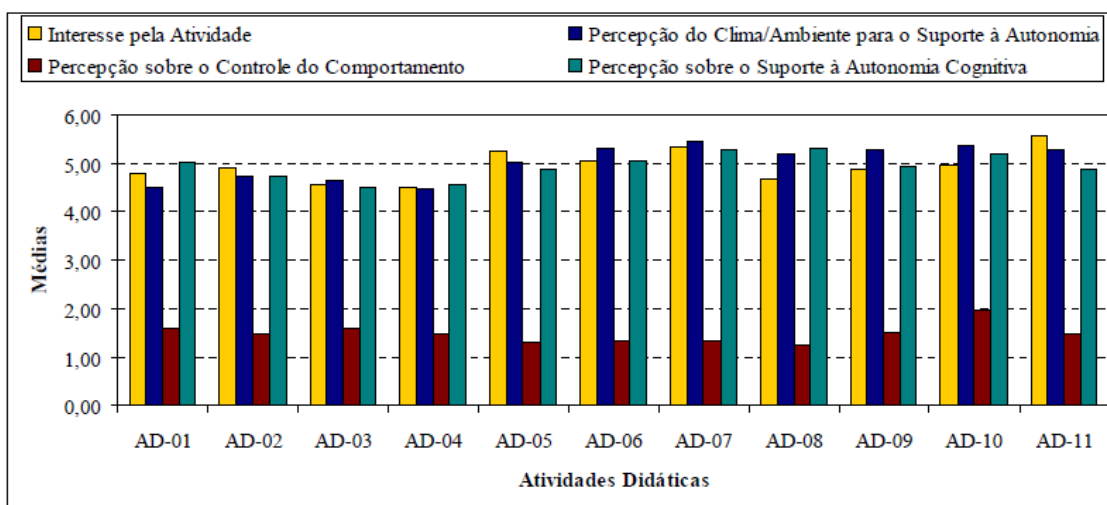
Ainda sobre a EMISA, ressaltamos as baixas médias na subescala *Percepção sobre o Controle de Comportamentos*, em que os valores ficaram entre 1,29 e 1,70. Sobre esse resultado, destacamos Clement (2013, p. 204), que afirma que “A média baixa nesta subescala indica que os estudantes perceberam que tiveram liberdade de escolha e autoria sobre suas resoluções [...]”.

Em sua tese de doutorado, Clement (2013) descreve a implementação de onze atividades didáticas a partir da perspectiva investigativa de García e García (2000) e utilizou a EMISA após cada atividade. As atividades didáticas abordavam conteúdos de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo e foram implementadas em aulas regulares de Física na Educação Básica, em momentos em que haviam entre 20 e 25 estudantes.

Os resultados obtidos por Clement (2013) com a utilização da EMISA encontram-se no Gráfico 2.

Comparando os Gráficos 1 e 2 é perceptível um perfil gráfico similar, mesmo se tratando de investigações realizadas em escolas e momentos diferentes, ou seja, envolviam sujeitos e contextos distintos. O que há de comum entre os cenários investigativos comparados é a utilização do mesmo aporte teórico para estruturação e desenvolvimento das ações de ensino por investigação e o foco disciplinar (aulas de Física). Portanto, temos um cenário em que utilizamos o mesmo referencial teórico principal, em contextos distintos e, mesmo assim, identificamos convergências entre os resultados obtidos. Esses resultados indicam para as potencialidades dessa perspectiva investigativa, o que resulta em um cenário favorável para a sua utilização em aulas de Física.

Gráfico 2 – Resultados obtidos.



Fonte: Clement, 2013, p. 203.

### III. Considerações finais

Os resultados obtidos apontam para a viabilidade da utilização das Tecnologias Móveis na investigação de fenômenos físicos envolvendo as ondas sonoras, a partir de uma perspectiva do Ensino por Investigação. Ainda sobre as Tecnologias Móveis, elas se configuram, nas AEI implementadas, como um recurso didático com várias possibilidades de utilização na perspectiva investigativa como, por exemplo, a mensuração das grandezas físicas necessárias ao desenvolvimento da investigação e a utilização dos aplicativos para analisar os modelos e as hipóteses desenvolvidas no decorrer da investigação.

As tecnologias móveis possuem potencial pedagógico que ultrapassa ao foco adotado nas AEI ao longo desta pesquisa, isto é, elas poderão ser empregadas também para registros de áudio e vídeo do processo e dos resultados produzidos pelos estudantes ao longo das atividades didático-pedagógicas, bem como, para a produção de materiais de divulgação e compartilhamento de resultados. Neste sentido, o uso dado a estes recursos ao longo das AEI, como instrumentos de medição, coleta e análise de dados, é uma das possibilidades de sua utilização no cenário educativo, sem que se exclua outras tantas.

Ressaltamos que não houve dificuldades para a utilização dessas tecnologias e elas também não se configuraram como novidade para os estudantes. Destacamos que, considerando a amostra dos participantes da pesquisa, as Tecnologias Móveis encontram-se muito presentes no cotidiano dos estudantes.

Além disso, o interesse e o envolvimento dos estudantes no decorrer das atividades foi expressivo, sendo que em nenhum momento foi percebido distrações, indisciplinas ou outras dispersões. Esse aspecto não se deve ao simples uso das tecnologias móveis, mas à

perspectiva didático-pedagógica utilizada e que favoreceu a incorporação de diferentes recursos didáticos, para da promoção da aprendizagem dos estudantes nas diferentes AEI.

Com base nesse contexto, os resultados obtidos com a EMISA, ao serem comparados com aqueles obtidos por Clement (2013), fornecem elementos para indicar que a perspectiva investigativa existente na proposição teórica de García e García (2000) possui consistência para ser utilizada no desenvolvimento de AEI em outros temas relativos ao ensino de Física.

O que identificamos é que as situações-problema apresentadas e a forma como desenvolveu-se a investigação, com todas as suas características, foram a real causa do envolvimento dos estudantes da atividade. Assim como um livro didático, por exemplo, a localização das Tecnologias Móveis deve ser considerada tendo como referência sua categorização como recurso didático, sendo seu uso um meio e não um fim em si.

É oportuno também superar o discurso de que a utilização da tecnologia necessariamente implica em inovação na educação. A inovação na educação está relacionada com a aprendizagem do estudante, sendo os outros elementos como, por exemplo, a utilização de novas tecnologias, de distintas formas de avaliação e o uso de múltiplas metodologias de ensino-aprendizagem, considerados como estruturantes para que isso ocorra.

### **Referências bibliográficas**

AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.). **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2009. cap. 2.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Secretaria Executiva. Câmara de Educação Básica. Resolução n° 2, de 30 de Janeiro de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 22, 31 jan. 2012. Seção 1, p. 20-21.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. 2018. Disponível em:  
<[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf)>  
Acesso em: 21 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. (Orientações Curriculares para o ensino médio; volume 2).

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias /

Ministério da Educação. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRICCIA, V. Sobre a natureza da Ciência e o ensino. *In*: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2016. p. 111-128.

CLEMENT, L. **Autodeterminação e ensino por investigação**: construindo elementos para promoção da autonomia em aulas de física. 2013. 334 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FERNANDES, M. M.; SILVA, M. H. S. O trabalho experimental de investigação: das expectativas dos alunos às potencialidades no desenvolvimento de competências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 45-58, jan./abr. 2004.

FERNANDES, A. C. P.; AULER, L. T. S.; HUGUENIN, J. A. O.; BALTHAZAR, W. F. Efeito doppler com tablet e smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. e3504-e3504-8, 2016.

GARCÍA, J. E.; GARCÍA, F. F. **Aprender investigando**: una propuesta metodológica basada en la investigación. 7. ed. Sevilla/ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Serie Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).

GUEDES, A. G. Estudo das ondas estacionárias em um corda com a utilização de um aplicativo gratuito para *smartphones*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 2502-2502-5, 2015.

HIRTH, M.; KUHN; J.; MÜLLER, A. Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. **The Physics Teacher**, v. 53, p. 120-121, fev. 2015.

JESUS, V. L. B. de; SASAKI, D. G. G. Uma visão diferenciada sobre o ensino de forças impulsivas usando um *smartphone*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 1303-1303-6, 2016.

KASPER, L.; VOGT, P.; STROHMEYER, C. Stationary waves in tubes and the speed of sound. **The Physics Teacher**, v. 53, p. 52-53, jan. 2015.

KUHN, J.; VOGT, P. Smartphones as experimental tool: different methods to determine the gravitational acceleration in classroom by using everyday devices. **European Journal of Physics Education**. v. 4, n. 1, p. 16-27, 2013.

MONTEIRO, M.; STARI, C.; CABEZA, C.; MARTÍ, A. C. The polarization of light and Malu's law using smartphones. **The Physics Teacher**, v. 55, p. 264-266, mai. 2017.

MONTEIRO, M.; STARI, C.; CABEZA, C.; MARTÍ, A. C. The atwood machine revisited using smartphones. **The Physics Teacher**, v. 53, p. 373-374, set. 2015.

PAROLIN, S. O.; PEZZI, G. Kundt's tube experiment using smartphones. **Physics Education**, v. 50, n. 4, p. 443-447, jul. 2015.

UNESCO. **Diretrizes de política da UNESCO para a aprendizagem móvel**. 2013.

VIEIRA, L. P. **Experimentos de física com Tablets e Smartphones**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VIEIRA, L. P.; AMARAL, D. F.; LARA, V. O. M. Ondas sonoras estacionárias em um tubo: análise de problemas e sugestões. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1504-1504-5, 2014.

VIEIRA, L. P.; LARA, V. O. M.; AMARAL, D. F. Demonstração da lei do inverso do quadrado com o auxílio de um *tablet/smartphone*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 3505-3505-3, 2014.

VOGT, P.; KUHN, J. Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. **The Physics Teacher**, v. 50, p. 182-183, mar. 2012.

WHITE, H. E.; WHITE, D. H. **Physics and Music: The Science of Musical Sound**. Mineola: Dover Publications, 2014.



ZOMPERO, A. de F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas para as aulas de ciências: um diálogo com a teoria da aprendizagem significativa**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2016.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).