

DOI: 10.47456/2bm25d52

Sequência didática para o ensino de calorimetria via chromebooks e plataforma Arduino

Didactic sequence for teaching calorimetry using chromebooks and the Arduino platform

Fagner de Souza Leite
Andressa Cesana
André Luíz Alves

Resumo: O presente estudo se propõe a compreender e analisar quais os efeitos da aplicação de uma sequência de ensino investigativo, utilizando os *Chromebooks* e a plataforma Arduino durante as aulas de Física, sobre o aprendizado dos conceitos de Calorimetria e Termologia abordados na organização curricular da rede Estadual de ensino. A pesquisa foi aplicada em uma turma da segunda série do ensino médio numa escola pública da rede estadual do estado do Espírito Santo no município de Conceição da Barra. A pesquisa a ser desenvolvida será de natureza qualitativa explicativa do tipo experimental. As principais teorias que fundamentarão a análise da sequência didática a ser desenvolvida serão a teoria sociocultural de Lev Semyonovich Vigotski e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, ambas classificadas como cognitivistas. Espera-se o material didático desenvolvido utilizando a plataforma Arduino e o *Chromebook* possam facilitar a compreensão dos conceitos de Termologia e Calorimetria presente no cotidiano dos estudantes.

Palavras chave: Experimentação; Ensino de Física; Arduino; *Chromebook*.

Abstract: The present study aims to understand and analyze the effects of applying an investigative teaching sequence, using Chromebooks and the Arduino platform during Physics classes, on learning the concepts of Calorimetry and Thermology covered in the curricular organization of the State education network. The research was conducted with a second-year high school class in a public state school in the municipality of Conceição da Barra, Espírito Santo. The research will be qualitative, explanatory, and experimental in nature. The main theories that will underline the analysis of the didactic sequence to be developed will be Lev Semyonovich Vygotsky's sociocultural theory and David Ausubel's theory of meaningful learning, both classified as cognitivist. It is expected that the teaching material developed using the Arduino platform and the Chromebook will facilitate the understanding of the concepts of Thermology and Calorimetry present in students' daily lives.

Key-words: Experimentation; Physics Teaching; Arduino; Chromebook.

Introdução

Este trabalho investiga os efeitos da aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), mediada pelo uso de *Chromebooks* e da plataforma Arduino, no processo de aprendizagem de conceitos de Calorimetria no ensino médio. A pesquisa foi realizada com estudantes da segunda série de uma escola pública da rede

estadual do Espírito Santo, caracterizando-se como um estudo de natureza qualitativa, com abordagem explicativa e delineamento experimental.

A motivação do estudo está associada às dificuldades recorrentes no ensino de Física, especialmente na compreensão de conceitos abstratos como calor e temperatura, frequentemente ensinados de forma descontextualizada e centrada na memorização. Nesse cenário, propõe-se a integração de metodologias ativas e recursos tecnológicos como forma de promover maior engajamento e aprendizagem significativa.

A fundamentação teórica apoia-se principalmente na teoria sociocultural de Lev Vygotsky e na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. A primeira destaca a importância das interações sociais e da mediação no processo de construção do conhecimento, enquanto a segunda enfatiza a necessidade de relacionar novos conteúdos aos conhecimentos prévios dos estudantes. Essas abordagens orientam a construção da sequência didática, que valoriza a participação ativa, a experimentação e a construção colaborativa do conhecimento.

Metodologia

A metodologia baseou-se no desenvolvimento e aplicação de atividades experimentais utilizando sensores de temperatura acoplados a uma plataforma Arduino, com aquisição de dados em tempo real via *Chromebook's*. Foram elaborados materiais de apoio, roteiros experimentais, um site para geração de gráficos e guias de conexão entre os dispositivos. As atividades foram organizadas dentro de uma SEI, contemplando problematização inicial, experimentação, análise de dados, sistematização dos conceitos e avaliação.

Os experimentos abordaram fenômenos como condução, convecção, irradiação, calor específico e resfriamento dos corpos, permitindo aos estudantes observar, coletar e interpretar dados reais. A utilização de sensores e microcontroladores possibilitou maior precisão na coleta de dados e favoreceu a construção de gráficos, otimizando o tempo para discussões conceituais. A análise dos dados

foi realizada a partir da comparação dos resultados dos questionários aplicados antes de depois da sequência didática, das folhas de observação da demonstração experimental e de alguns registros realizados.

Resultados e Discussões

No primeiro encontro foi realizado a apresentação da SEI e foi aplicado um questionário para obtenção dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema a ser estudado e com o objetivo de buscar novas estratégias para aprendizagem. Foi utilizado como modelo, o questionário utilizado por Sias (2008) adaptado para as particularidades deste projeto.

Foi apresentado aos estudantes alguns *slides* com situações presentes no cotidiano deles. Foram conteúdos apresentados nos *slides*: (i) em que consiste o frio e o calor, (ii) o que é temperatura, (iii) motivo pelo qual a noite a água do mar é mais quente que a da areia e (iv) resfriamento e aquecimento de materiais. Com os *slides*, buscou-se mostrar para os estudantes de maneira intuitiva o conceito de calor como sendo um tipo de energia que aparece quanto se tem dois corpos com temperaturas diferentes; que a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um corpo está relacionada com a quantidade de massa desse corpo; e que materiais diferentes possuem diferentes capacidades de armazenamento de energia mesmo que tenham massas iguais.

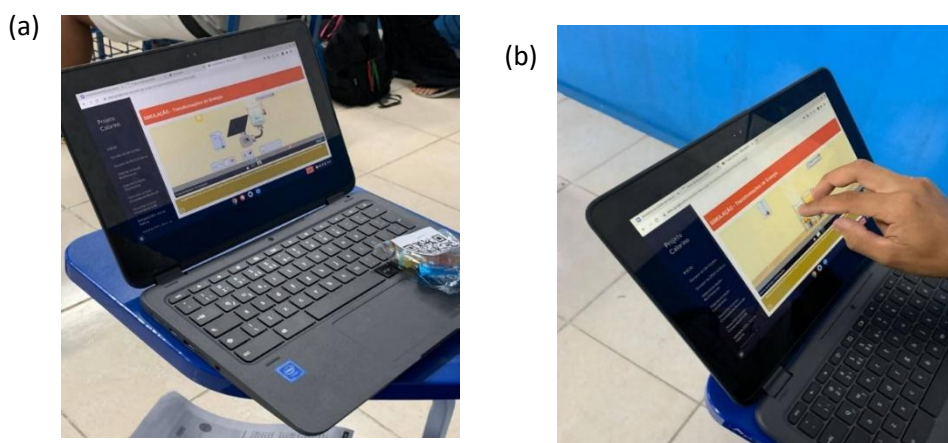
No segundo encontro iniciou-se a aplicação da SEI. Com o objetivo de trazer a memórias dos estudantes aos conceitos já trabalhados pelo professor regente e iniciar um breve diálogo sobre o tema da pesquisa, foi mostrado a turma alguns vídeos curtos sobre temperatura e calor. A plataforma Arduino foi apresentada aos estudantes por meio de um vídeo intitulado: “o que é Arduino, afinal de contas?” O vídeo, disponível em: <https://youtu.be/sv9dDtYnE1g?si=JJVEbe4Sm4JwOO9v>, apresenta de forma resumida a plataforma, os tipos de placa e noções de programação dela.

Com o uso do *Chromebook* os estudantes tiveram a oportunidade de acessar o *site* e um simulador que apresenta as

principais transformações de energia que acontecem na natureza. Esse momento foi bem especial, pois os estudantes puderam interagir com o simulador, alterando itens e modificando variáveis físicas tendo a oportunidade de ver o comportamento dos sistemas. Nas Figuras 1(a) – (b) estão apresentados alguns registros dessa parte do encontro.

Este momento teve o potencial de atuar como organizadores prévios, como proposto por Ausubel (1963) uma vez que servem para estruturar o conhecimento prévio do estudante e criar um "andaime" para as novas informações. Eles podem ser comparativos (relacionando o novo ao já conhecido) ou expositivos (introduzindo conceitos novos de forma abrangente).

Figura 1: (a) Estudantes interagindo com o simulador. (b) Simulador de transformações de energia.



Fonte: autoria própria.

Na terceira aula foram realizadas as demonstrações com as SEI's, que tiveram por objetivo auxiliar o estudante a formular suas hipóteses e conclusões durante a aplicação pelo professor. Segundo Carvalho (2019) deve ser dada a oportunidade aos estudantes de exporem individualmente, o que aprenderam por meio de trabalho escrito e/ou desenhado.

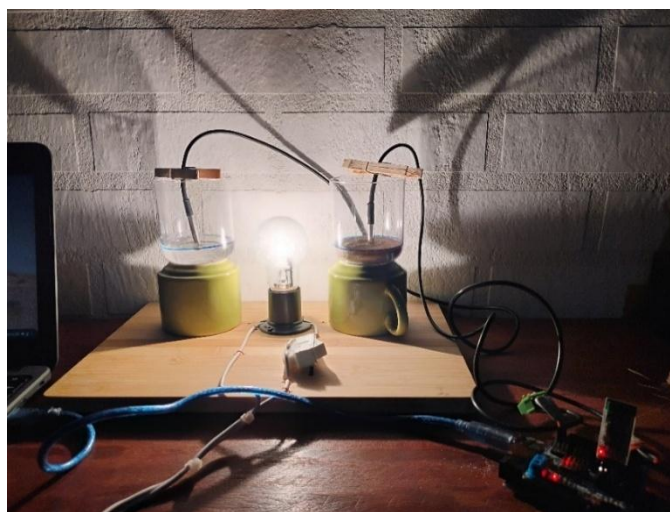
As demonstrações nas SEI's consistiram em momentos no qual o professor apresenta um experimento didático para provocar a curiosidade ou levantar hipóteses, indicando possíveis explicações para o experimento apresentado. As demonstrações realizadas

tratavam sobre as formas de propagação do calor e cada estudante recebeu uma ficha de registros a fim de anotar suas observações sobre os experimentos realizados.

A primeira demonstração foi sobre o processo de propagação do calor por irradiação. Foi explicado aos estudantes que em cada lado da chapa metálica foi fixado um termômetro do *Kit* experimental com Arduino (KEA) com auxílio de um prendedor de roupas de tal maneira que houvesse contato direto entre o termômetro e a superfície pintada de cada metal. Com a lâmpada desligada conectou-se o KEA ao *Chromebook* e ao projetor para que os estudantes pudessem acompanhar as medições de temperatura em tempo real. Nesse momento os estudantes puderam observar os valores de temperaturas registradas entre a superfície pintada com tinta branca com a superfície pintada com tinta preta.

Foi realizada uma segunda demonstração investigativa sobre irradiação e calor específico, utilizando como materiais a água do mar e a areia da praia. A montagem experimental na sala de aula está indicada na Figura 2. Através da demonstração os estudantes puderam observar a diferença de temperatura registrada pelos termômetros.

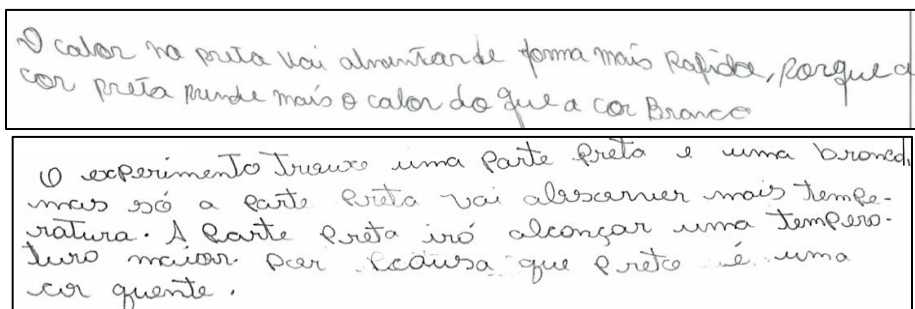
Figura 2: Demonstração experimental investigativa – areia e água do mar.



Fonte: autoria própria.

Nas Figuras 3(a) – (b) estão registradas duas das observações dos estudantes sobre as demonstrações investigativas que tratam da propagação do calor por irradiação.

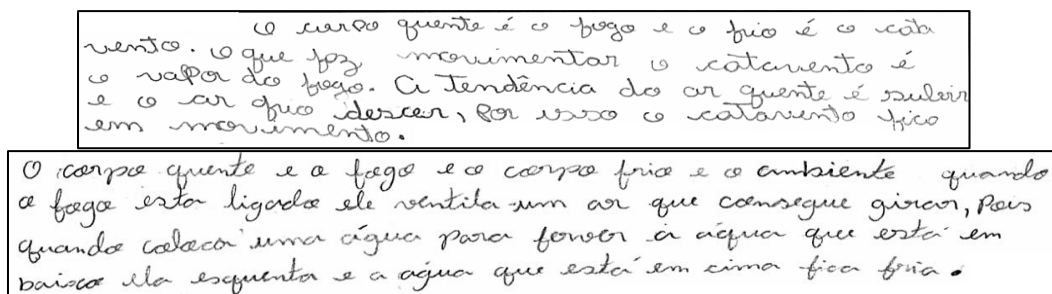
Figura 3: Comentários da demonstração investigativa sobre irradiação três estudantes.



Fonte: autoria própria.

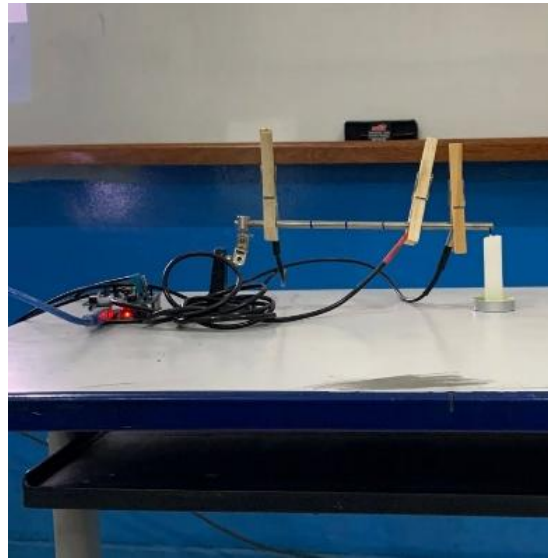
A terceira demonstração experimental foi sobre o processo de propagação do calor por convecção. O aparato experimental foi apresentado para aos estudantes com a possibilidade de manuseio do mesmo por eles. Um dos principais pontos desse experimento foi observar a reação dos estudantes, pois todos ficaram muito surpresos ao observar o fenômeno da convecção com um artefato tão simples. Dois comentários estão apresentados abaixo.

Figura 4: Comentários dos estudantes do experimento sobre convecção.



A quarta demonstração foi sobre o processo de propagação do calor por condução, Figuras 5. Foi apresentado uma breve explicação sobre o experimento utilizando alguns *slides*. Nesse momento também foi lembrado aos estudantes as outras formas de propagação do calor abordados nas demonstrações investigativas anteriores.

Figura 5: Demonstração experimental investigativa – Condução.



Fonte: autoria própria.

Foram realizadas algumas perguntas para serem debatidas coletivamente, sobre o que iria acontecer após acender a vela e sobre as temperaturas registradas em cada um dos três termômetros. Logo após, a vela foi acesa e os estudantes iniciaram o processo de coleta de valores para temperatura com o *Chromebook*. Nesse momento foi confrontado as respostas indicadas pelos estudantes antes de acender a vela reproduzindo as situações que foram perguntadas antes do início do experimento.

No quarto encontro foram realizadas as atividades de “laboratório aberto”. Essas atividades experimentais partem de uma situação problema e que a sua solução vem a partir da realização de uma experiência. É nessa parte que os estudantes constroem e interagem com o aparato experimental, que tem como um dos objetivos específicos a utilização dos *Chromebook's* e da plataforma Arduino através do KEA, para o ensino de calorimetria.

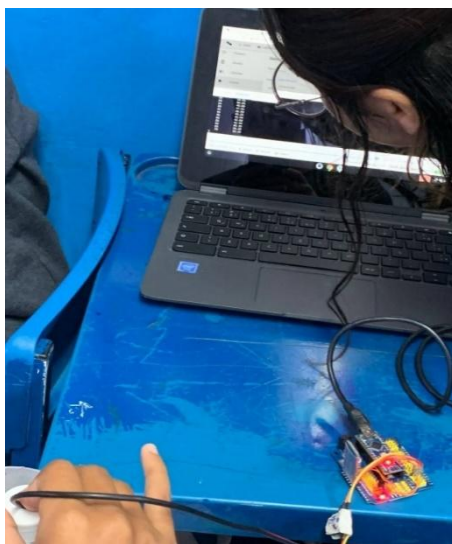
Após um primeiro momento de manipulação do KEA e do *Chromebook* foi iniciada uma prática experimental proposta para o laboratório aberto. O objetivo foi que os estudantes pudessem perceber os fatores que influenciam no resfriamento de um corpo de forma qualitativa, ao notar uma não linearidade da curva que é gerada com os valores coletados de temperatura, apresentando assim, a lei de resfriamento dos corpos. Foi distribuído o material de apoio

juntamente com os *kit's* contendo o tubete de plástico e um copo, cada grupo recebeu um copo de material diferente (vidro, plástico, térmico, porcelana). Também foi distribuída uma quantidade de água quente em temperatura inicial próxima dos 50°C para que eles colocassem até a metade do tubete, inserindo logo depois o sensor de temperatura do KEA. A experiência foi dividida em quatro partes.

Na parte 1 o conjunto (tubete + sensor) foi introduzido no copo vazio. Logo em seguida, os estudantes foram orientados a pressionar o botão de *reset* da placa Arduino e observar a leitura dos valores na tela do *Chromebook* para um intervalo de tempo entre 0s e 120s. Nas Figuras 6(a) – (b) é possível visualizar os estudantes de um grupo realizando essa atividade. Esse procedimento foi repetido por cada grupo nas demais partes.

Na parte 2 o conjunto (tubete + sensor) foi mergulhado no copo, porém agora contendo água a temperatura ambiente. Na parte 03 utilizou-se água gelada dentro do copo do *kit*. Os dados coletados pelos estudantes foram registrados na folha do material de apoio.

Figura 6: Experiência “resfriamento dos corpos” sendo realizada pelos estudantes.



Fonte: autoria própria.

Alguns estudantes perceberam que o material de cada copo era diferente e perguntou ao pesquisador se isso “mudaria alguma coisa”, foi perguntado o que eles achavam. Nesse momento outros estudantes entraram no diálogo e falaram que achava que “a forma de esfriar” mudaria porque os copos são feitos de materiais diferentes. Nesse

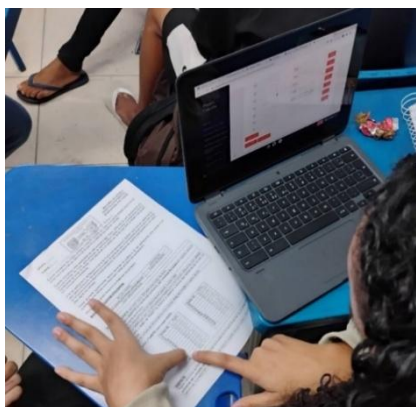
momento foi explicado a eles que através da comparação das medidas poderíamos ter uma melhor compreensão do fenômeno. Durante o procedimento da coleta de dados foi possível observar pequenos debates em cada grupo sobre os resultados e os fatores que influenciam nos valores de temperatura.

Na parte 04 os estudantes realizaram a construção de gráficos de “temperatura em função do tempo” para observar o comportamento físico da curva de resfriamento e, ao mesmo tempo, aprender a utilizar ferramenta que gera gráficos. Foram utilizados os *Chromebook's* e o *site* Calorino na opção gerador de gráficos. Cada grupo tinha um conjunto de dados referente aos experimentos realizados. Foi solicitado que selecionassem a opção “gerador de um gráfico” no *site*, inserindo os valores de tempo e temperatura para a parte 01 da atividade experimental. Alguns registros dos estudantes utilizando a ferramenta do *site* estão indicadas nas Figuras 7 (a) – (b).

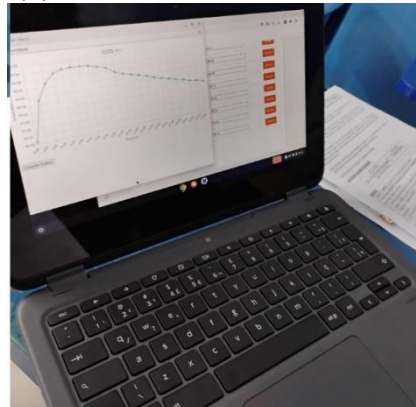
Continuou-se a prática experimental proposta para o laboratório. Nesse experimento abordou-se o processo de absorção de calor pelos corpos. O objetivo foi que os estudantes pudessem compreender qualitativamente o significado do conceito físico do calor específico de um corpo a partir da curva de aquecimento para diferentes materiais. Na atividade foi proposta a utilização de três materiais: um metal (aço inox), um polímero (plástico) e um material cerâmico (porcelana). Todos os materiais possuindo aproximadamente a mesma massa.

Figura 7: Construção de gráficos pelos estudantes.

(a)



(b)



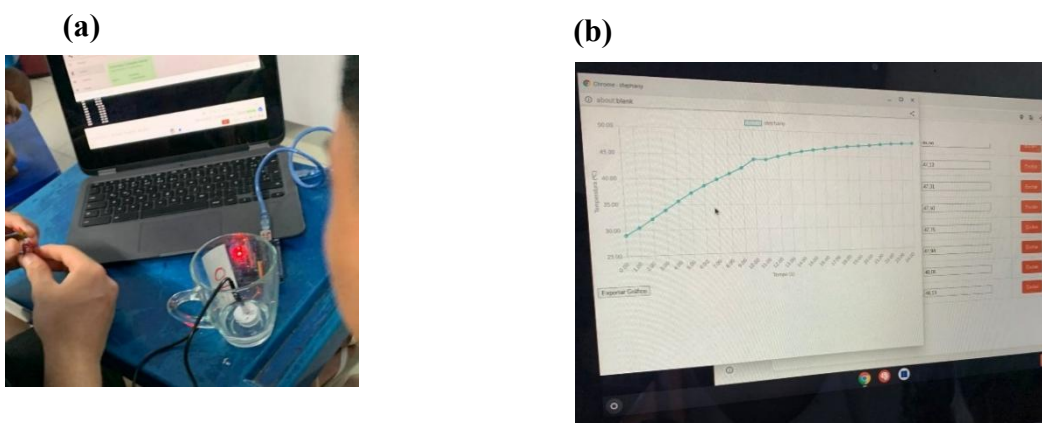
Quinto encontro

Foi distribuída uma quantidade de água quente em temperatura inicial aproximadamente de 50°C. Em seguida foi colocada a água quente no copo do *kit* e inserido com cuidado o conjunto (metal + sensor de temperatura) dentro da água, tomando-se o cuidado de somente o metal tocar na água. Para se iniciar o processo de medidas foi necessário pressionar o botão *reset* do Arduino e anotar os valores de temperatura para o intervalo de tempo de 0 a 120s. Momentos registrados dessa atividade estão apresentados nas Figuras 8(a) – (b).

Ao digitar os valores e clicar no botão gerar gráficos, os estudantes ficaram surpresos e empolgados com a imagem gerada, o que fez aparecer em alguns um clima de curiosidade do “*por que deu isso professor, essa Figura?*”

Toda a interação observada ao longo das atividades experimentais do laboratório aberto corrobora com o que Vygotsky apresenta em sua teoria sócio - interacionista, pois é no processo de interação social, onde os professores e estudantes falam que podem expressar aquilo que aprendem. Essa comunicação é fundamental para a construção de conceitos e desenvolvimento cognitivo (Prass, 2012). Finalizada as atividades de laboratório aberto foi possível observar uma facilidade dos estudantes na manipulação do KEA e na ferramenta de criação de gráficos dentro do *site* Calorino. Isso foi muito gratificante, pois indica a possibilidade de aplicação desse tipo de ferramenta em outros conteúdos da Física do ensino médio e ajuda a aproximar/incentivar o estudante as novas tecnologias na educação.

Figura 8: Atividade experimental com o *Chromebook*.



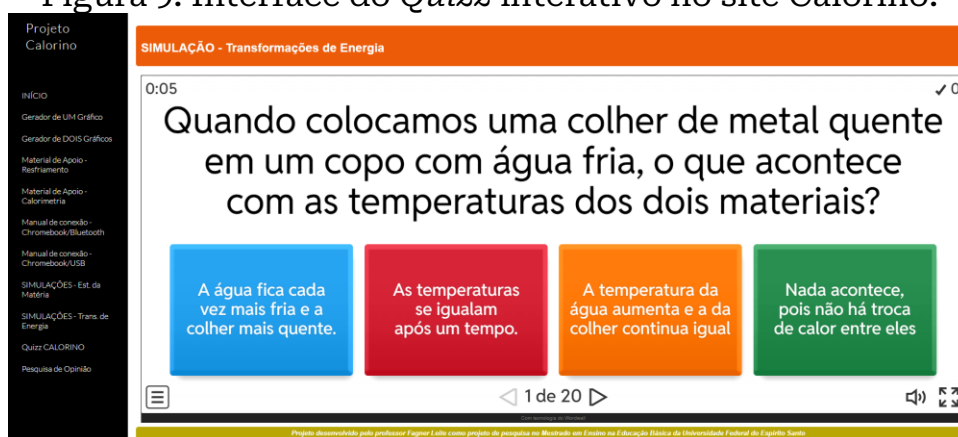
Fonte: autoria própria.

No sexto encontro foram abordados, de forma mais sistematizada, os processos de propagação do calor. Foi realizada uma aula expositiva com auxílio de *slides*. Com o objetivo de trazer a discussão mais ampla com toda a turma sobre os fatores que contribuíram para a formação das curvas nos gráficos, o pesquisador reproduziu os gráficos, utilizando os valores obtidos por cada grupo e apresentou aos estudantes durante a aula expositiva.

Ao falar dos conceitos de capacidade térmica, calor específico e das equações associadas, objetivou-se traçar conexões entre a teoria e prática. Nesse momento os estudantes entenderem a relação entre os fatores que contribuem para a perda de calor de um corpo para diferentes materiais, fato esse que foi discutido com auxílio dos gráficos obtidos via dados que foram obtidos pelos estudantes.

Os estudantes responderam individualmente um questionário em forma de um *Quizz* interativo, formado por 20 questões fechadas, com quatro alternativas cada, sobre o conteúdo discutido durante as aulas, Figura 9. O *Quizz* foi criado utilizando a plataforma *Wordwall* e foi implementado dentro do *site* Calorino, para ser respondido utilizando os *Chromebook's*. Esse *Quizz* foi construído em forma de um jogo em que para cada questão respondida corretamente acumulava-se uma quantidade de pontos. Após as respostas o jogo criava um *ranking* que era socializado com os demais participantes. Estudantes com maior número de pontos ganharam brindes (bombons).

Figura 9: Interface do *Quizz* interativo no site Calorino.



Fonte: autoria própria.

Com essa ferramenta objetivou-se avaliar o desempenho de cada estudante e avaliar o quanto a SEI os ajudou a compreender melhor os conteúdos de Calorimetria abordados. Após a aplicação do questionário da SEI utilizando o *Quizz* interativo foi possível observar que do total dos estudantes participantes: 10% dos estudantes acertaram 100% das questões; 80% dos estudantes acertaram no mínimo 50% das questões e 15% dos estudantes tiveram um acerto abaixo de 50% das questões.

Ao final da aplicação da SEI foi solicitado aos estudantes que respondessem também a um questionário de forma anônima, com 15 afirmativas nos quais deveriam opinar se concordavam, concordavam em parte ou discordavam. O *link* para o questionário estava disponibilizado no *site* Calorino como "Pesquisa de Opinião" e foi respondido dentro do próprio *site* com o *Chromebook*. O questionário teve como referência o mesmo utilizado em Sias (2008).

Ao observar as respostas dada pelos estudantes foi possível notar o quão é importante o papel da experimentação para a motivação, mediação e consolidação do processo de aprendizagem no ensino de Física e das Ciências da Natureza em geral. Com relação as respostas dos estudantes sobre as afirmações referente ao uso da Plataforma Arduino e o KEA, a maioria aprovava o uso da plataforma nas aulas de Física. Quase 80% dos estudantes indicaram que o *kit* desenvolvido foi de fácil manuseio e que aprovam o seu uso em outros conteúdos de Física. Como já citado na fundamentação teórica, a plataforma Arduino é versátil e facilmente "moldável" as práticas pedagógicas. Foi possível perceber que o uso dessa ferramenta somada com a experimentação teve uma grande aprovação por parte dos estudantes.

Além das afirmações que visavam avaliar a aplicação da SEI por parte dos estudantes, também foi deixado um campo, não obrigatório, com a seguinte frase: "se possível, escreva com algumas palavras sua opinião, críticas construtivas ou sugestões sobre a realização do projeto". Transcrevemos abaixo as respostas de quatro estudantes.

A1: "Gostei muito do projeto, espero que venham mais aulas práticas."

A2: "Achei um projeto sensacional e quero outras vezes, consegui me aprofundar mais com as aulas mais lúdicas e criativas! obrigada Fagner."

A3: "As aulas foram ótimas e fáceis de entender. Gostaria de ter mais aulas experimentais sobre física e com outros experimentos que envolvam os estudantes. Aulas muito criativas e divertidas de realizar. Amei a experiência e gostaria de continuar."

A4: "Acho que as aulas de experimento, ativou nosso conhecimento, nos ajudou a entender mais sobre o assunto, e nos reuniu como uma equipe em grupo."

Conclusão

Conclui-se que a utilização de *Chromebook's* e da plataforma Arduino, aliada a uma abordagem investigativa, constitui uma estratégia eficaz para o ensino de Física, especialmente em conteúdos que exigem compreensão conceitual mais profunda. O estudo reforça a importância da inovação pedagógica e da integração entre tecnologia e educação como caminhos para superar as dificuldades históricas no ensino de Ciências.

Os resultados indicam que o uso integrado de tecnologias digitais e experimentação investigativa contribuiu significativamente para o engajamento dos estudantes, promovendo maior interesse pelas aulas e facilitando a compreensão dos conceitos físicos. Observou-se também o desenvolvimento de habilidades como análise crítica, trabalho em grupo e autonomia na aprendizagem. A interação com os experimentos e a visualização dos dados em tempo real favoreceram a construção de modelos explicativos mais consistentes.

Referências

AUSUBEL, DG (1963). **Estrutura cognitiva e facilitação da aprendizagem verbal significativa.** *Jornal Desenvolvimento, da Formação de Professores*, 14(2), p.217-222. <https://doi.org/10.1177/002248716301400220>

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** In: Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.). *Ensino de Ciências por*

investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

MONK, S. **Programação com Arduino: Começando com os Sketches**. 1º ed. Bookman, Org. Porto Alegre.:2013.

OLIVEIRA, R.L.J.; BARBOSA,V.H. **Aquecimento e resfriamento da água, aproximados à forma real**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 306-319, 2016. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n1p306> (Acesso em: 14/03/2025).

SIAS, D. B. **A Aquisição Automática De Dados Proporcionando Discussões Conceituais Na Física Térmica Do Ensino Médio**.199f. Dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física-Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

VEIT, E. A., HAAG, R., ARAUJO, I. S. Porque e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? **Física na escola**, 6(1), 69-74 .2005.

Sobre os autores

Fagner de Sousa Leite

fagner.leite@educador.edu.es.gov.br

Graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2008). Mestre em Ensino na Educação Básica – PPGEED/ UFES. É professor de Física na Educação Básica, Ensino Médio. Atualmente está como técnico de Tecnologia da Informação da Superintendência Regional de Educação de São Mateus, ES.

Andressa Cesana

andressa.cesana@ufes.br

Graduação em Licenciatura em Matemática pelo CEUNES/ UFES (1995). Mestre em matemática pela PUC/RJ (2000). Doutorado em Educação no PGE/UFES (2013). Pós-doutorado em Educação Matemática pela PUC/SP (2021). Atualmente é professora do Departamento de Matemática Aplicada do CEUNES/UFES. É professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação no Ensino da Educação Básica – PPGEED da UFES.

André Luíz Alves

andre.alves@ufes.br

Possui Licenciatura em Bacharelado em Física pela UFES nos anos de 2005 e 2009. Mestrado e Doutorado em Física na área de Física da Matéria Condensada nos anos de 2007 e 2010, respectivamente. Atualmente é professor no Departamento de Ciências Naturais do CEUNES/UFES. É professor integrante do Programa de Pós-Graduação no Ensino da Educação Básica – PPGEED da UFES.