

CALOR E TEMPERATURA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM VIA MODELAGEM MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA SOCIOCÍTICA

HEAT AND TEMPERATURE IN MIDDLE SCHOOL: AN APPROACH THROUGH MATHEMATICAL MODELLING IN THE PERSPECTIVE SOCIALCRITICAL

RAFAELA DUARTE NASCIMENTO*
LUCIANO LESSA LORENZONI**
OSCAR LUIZ TEIXEIRA DE REZENDE***

RESUMO

Este artigo apresenta resultados de uma pesquisa onde investigamos as contribuições da modelagem matemática na perspectiva sociocrítica para o ensino e a aprendizagem de conceitos de Física. Construiu-se um ambiente de aprendizagem a partir da problematização do tema Calor e Temperatura, correlacionando-o à elevada temperatura em uma sala de aula de um 2º ano do Ensino Médio. Como instrumentos de produção de dados da pesquisa qualitativa foram utilizados um gravador de áudio para registrar as interações verbais, diário de bordo para registro sistemático tanto para os alunos quanto para o professor e materiais produzidos pelos alunos. Os resultados da pesquisa demonstram o envolvimento dos alunos na construção do conhecimento e a capacidade de refletir criticamente sobre o assunto estudado.

Palavras-chave: Ensino de Física. Calor e Temperatura. Modelagem Matemática. Perspectiva Sociocrítica.

ABSTRACT

This article presents results of a research where we investigate how the teaching and learning of Physics can become closer to the reality of the student from a mathematical modelling activity from a sociocritical perspective. A learning environment was constructed from the problematization of the theme Heat and Temperature, correlating it to the high temperature in a classroom of a secondary level classroom, equivalent to the high school. The data collection and analysis tools for qualitative research were composed by audio recorder was used to record the verbal interactions, logbook for systematic recording for both students and teacher and materials produced by the students. The results of the denotes the students' engagement in the construction of their own knowledge and the capability to critically reflect about the subject studied.

Keywords: Physics Teaching. Heat and Temperature. Mathematical Modelling. Perspective Socialcritical.

* Mestra em Educação em Ciências e Matemática. E-mail: rafaeladn17@gmail.com.

** Doutor em Engenharia Elétrica. Ifes. E-mail: lllorenzoni@ifes.edu.br.

*** Doutor em Engenharia Agrícola. E-mail: Ifes. oscar@ifes.edu.br.

INTRODUÇÃO

Estudos apontam que o ensino das ciências naturais tradicionalmente tem um enfoque voltado para o próprio interior, não relacionando a teoria desenvolvida em sala de aula com a realidade a sua volta, nem abordando as necessidades sociais do aluno (BRYCE, 2010). Muitas vezes, ainda se estruturam na memorização de conceitos, o que colabora para que o aluno assuma uma atitude passiva no processo de aprendizagem. Isso ocorre pelo fato de, geralmente, os alunos serem orientados a encontrar apenas os resultados dos problemas propostos, sem se preocupar com as implicações do resultado e do fenômeno que está sendo observado (APEDOE, 2008). No caso específico da Física, os alunos não conseguem relacioná-la com o próprio dia-a-dia, tratando-a como algo desnecessário e não aplicável as suas vidas.

Diante do cenário apresentado, pesquisadores têm proposto adotar alternativas que conectem as Ciências Naturais aos conhecimentos tradicionais da sociedade (COLUCCI et al., 2012). Deve-se incluir no currículo componentes que busquem aspectos sociais e pessoais dos alunos, possibilitando-os compreender melhor as manifestações do universo.

Muitas podem ser as fontes de inspiração para desenvolver atividades que envolvem o conhecimento físico. Quanto a utilizar as situações cotidianas, o professor de Física precisa refletir a sua prática e buscar novas metodologias que auxiliem a compreensão do fenômeno estudado e se aproxime da realidade do aluno (SOUZA & ESPÍRITO SANTO, 2008). Uma dessas alternativas é a modelagem matemática. Para Barbosa (2004), o uso da modelagem matemática em sala de aula como um ambiente de aprendizagem pode motivar a participação dos alunos, pois eles são convidados a problematizar e investigar, por meio da Matemática, situações reais e oriundas de outras áreas, possuindo assim um caráter interdisciplinar. Barbosa (2001) salienta que é preciso fazer modelagem nas diferentes disciplinas presentes no currículo.

Pelo panorama referente ao ensino de Física relatado anteriormente, este trabalho vincula o processo de ensino e aprendizagem de Física, mais especificamente os conceitos de calor e temperatura, à realidade do aluno, a elevada temperatura em sala de aula, por meio do desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática. O principal objetivo foi criar um ambiente que os estudantes entrassem em contato com os conceitos de calor e temperatura e os compreendessem de forma a relacionar com sua realidade.

O tema escolhido diz respeito a uma situação real e presente no cotidiano dos alunos e importante do ponto de vista sociopolítico e educacional. Dessa forma, o aluno é convidado a investigar acerca do problema escolhido, já que a modelagem matemática em uma perspectiva sociocrítica proporciona aos alunos se envolverem com a situação-problema e tomar decisões sobre ela.

Parte-se do princípio que a atividade oportuniza “os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conhecimentos teóricos e matemáticos” (AZEVEDO, 2009, p.20). No desenvolvimento da atividade é privilegiado o diálogo que é evidenciado pela participação dos alunos em discussões e decisões para solucionar a situação investigada.

MODELAGEM MATEMÁTICA E O ENSINO DE FÍSICA

Na Física, os modelos matemáticos também têm um importante papel junto ao desenvolvimento de uma situação-problema. No entanto, Campos e Araújo (2009) destacam a forma desarticulada

de apresentar a relação entre o fenômeno físico e o modelo matemático, o que dificulta ao aluno reconhecer o conhecimento científico em situações cotidianas.

Para Batista e Fusinato (2015, p. 88), “no ensino de Física, a modelagem matemática também instiga os alunos a investigarem problemas físicos que descrevem situações reais, procurando aproximar o conhecimento ensinado na escola do cotidiano do aluno”. Para os autores, nas aulas de Física, se tem observado a aplicação de equações matemáticas sem uma relação com o conceito físico. Aprender essas equações tem seu valor. O que não se pode é ficar apenas na aplicação dessas equações para a compreensão completa de um fenômeno físico. Isso se caracteriza pela forma como os livros didáticos são usados. Embora eles contenham problemas do cotidiano dos alunos, os professores muitas vezes não conseguem aproximá-los da realidade. Os alunos acabam classificando a disciplina como difícil, em que devem decorar fórmulas e conceitos, sem se preocupar em compreender o fenômeno. Na verdade, as equações da física precisam ter um significado para o aluno como forma de um modelo para caracterizar as possíveis interpretações. Quando o aluno percebe a aplicação da Matemática, percebe também, como o conhecimento matemático é importante para compreender os fenômenos físicos.

Em relação a analisar uma situação do cotidiano, Bassanezi (2004) propõe utilizar uma linguagem que auxilie e esclareça o pensamento. A modelagem matemática vem colaborar com essa necessidade ao identificar o problema e as informações necessárias para obter uma solução.

Uma situação do cotidiano com referência à realidade é o ponto de partida para a construção de um ambiente de aprendizagem no qual “os alunos são convidados a participar” (BARBOSA, 2004). O aluno se identifica com a situação e o seu envolvimento na atividade de modelagem tende a se tornar efetivo, influenciando em todo o processo da compreensão do fenômeno.

De acordo com Barbosa (2004), o ambiente de modelagem na perspectiva sociocrítica refere-se ao ato de problematizar e investigar, em que ambas as atividades se articulam no processo de envolvimento dos alunos na atividade proposta. Os alunos usam ideias, conceitos e algoritmos da matemática para abordar uma situação (BARBOSA, 2004), mesmo que não seja um problema da matemática (BLUM; NISS, 1991).

Nesse sentido, na perspectiva sociocrítica os alunos são estimulados a compreender e criticar argumentos matemáticos/físicos postos em debate e a extensão da problemática para o contexto fora da sala de aula, viabilizando maior envolvimento dos alunos com questões externas e possibilidade de atuação crítica na sociedade.

Para Barbosa (2003, p. 3), “um dos pontos principais da perspectiva sociocrítica é convidar os alunos a se envolverem em discussões reflexivas”. No entanto, ressalta que não se deve forçá-los a produzir esses debates. É importante que as pessoas questionem quando se deparam com ações que envolvem o conhecimento matemático, no nosso caso também o físico, já que é necessário para as reflexões ter compreensão do conhecimento em si, da sua aplicabilidade e dos seus impactos na sociedade.

Segundo Barbosa (2004), as discussões reflexivas estão ligadas à construção do modelo, quais as hipóteses e simplificações adotadas, com os resultados alcançados e os seus impactos na sociedade. Skovsmose (2001), destaca que as discussões reflexivas podem ser conduzidas pela análise do problema estudado e a reflexão sobre a construção do modelo. Portanto, trata-se de indagar sobre a natureza das aplicações, os critérios utilizados e o significado social (BARBOSA, 2004). Os sujeitos podem produzir discussões reflexivas quando se envolvem em processos discursivos durante as interações decorrentes do desenvolvimento da atividade.

O professor assume o papel de orientar e fomentar as reflexões e estimular o diálogo entre os pares. Dessa forma o, “professor perde o caráter de detentor e transmissor de saber para ser entendido como aquele que está na condução das atividades, numa posição de partícipe” (BARBOSA, 1999, p. 7).

Os alunos devem ser estimulados a argumentar por meio da condução do professor na atividade. O professor pode usar estratégias de ensino, como o trabalho em grupo, para garantir que os alunos socializem suas ideias e participem na sala com questionamentos, opiniões, perguntas e comentários. Deve valorizar as próprias perguntas dos alunos de forma que eles percebam que podem iniciar interações que auxiliam na construção dos conceitos.

Todo esse processo resulta em comunicação e argumentação que constituem ações cognitivas dos envolvidos na atividade de modelagem matemática. A modelagem pode potencializar a intervenção das pessoas nos debates e nas tomadas de decisões sociais (BARBOSA, 2004), já que as aplicações da matemática estão presentes na sociedade e geram impactos na vida das pessoas.

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA ATIVIDADE DE MODELAGEM MATEMÁTICA

A atividade foi desenvolvida em 12 aulas de 55 minutos, cada uma, em uma turma do segundo ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Vila Velha - ES. Participaram da atividade 39 alunos, dos quais 17 são do sexo masculino e 22 do sexo feminino e uma professora que é a primeira autora desse artigo. A faixa etária destes estudantes está situada entre 16 a 18 anos de idade. A atividade, em sua maior parte, foi desenvolvida em grupos. Os alunos dividiram-se em 8 grupos de 5 a 6 alunos para a realização das atividades de acordo com a afinidade e interesse.

Durante o desenvolvimento da atividade de modelagem matemática, os dados foram produzidos por meio de registros de áudios, diários de bordo da professora e dos alunos e os materiais confeccionados pelos alunos, que deram suporte para essa discussão. As gravações foram transcritas e confrontadas com as anotações dos outros elementos de coleta, com o intuito de triangular os dados. As características das interações serão discutidas qualitativamente de acordo com as ideias da modelagem matemática na perspectiva sociocrítica.

ESCOLHA DO TEMA E ACEITAÇÃO DO CONVITE PARA INVESTIGAR A SITUAÇÃO-PROBLEMA

A atividade começou com uma conversa não direcionada sobre a instituição de ensino. Os alunos falaram sobre a escola e os problemas ali enfrentados. Durante esse primeiro contato, a resposta imediata de todos a respeito do maior dos problemas foi a sensação térmica na sala de aula. Nesse caso, o problema está vinculado diretamente com o próprio contexto social pois, de acordo com Skovsmose (2013), “o problema deve ter relevância subjetiva para o aluno. Deve estar relacionado a situações ligadas a experiências deles” (SKOVSMOSE, 2013, p. 34).

Questionados pela professora sobre o que gerava a elevada temperatura, os alunos citaram alguns fatores, segundo suas experiências, vivências e observações, como: quantidade excessiva de alunos, falta de circulação de ar, construção do supermercado ao lado da escola (foi construído invadindo a área da escola, o que prejudicou a circulação de ar), cor escura do uniforme escolar, poucos ventiladores e o posicionamento dos mesmos, tamanho da sala e da escola, material com que a

escola foi edificada, localização geográfica, clima da cidade, falta de vegetação ao redor da escola, posicionamento da sala, estrutura física da escola, entre outros.

Os alunos, que para preservar as suas identidades foram identificados pela letra A seguido de um número de 1 a 39, levantaram informações importantes a respeito de situações cotidianas em que vivem. Nesse sentido, os diálogos a seguir evidenciam a participação e o envolvimento dos alunos na identificação e explicação dos fatores que eles julgam que contribuem para a elevada temperatura em sala de aula.

Professora: “Então, pessoal, por que vocês acham que esses fatores influenciam na temperatura da sala de aula?”

A5: “Eu sinto calor na sala porque a blusa de uniforme é azul escura, panos escuros concentram mais calor”.

A3: “É verdade! Poderia mudar a cor do uniforme para outra cor mais clara, isso faria com que o calor diminuísse”.

Na discussão, os alunos buscaram refletir a respeito de calor e temperatura e expressar o conhecimento já existente. O aluno A5 conseguiu associar corretamente calor como forma de energia em sua fala, já que corpos escuros absorvem mais energia do que corpos claros. Interessante destacar que o aluno A3 não possui uma definição completa de calor e temperatura, mas possui alguma ideia. Essa ideia provavelmente se baseia em sua prática cotidiana. Contudo, A3 deveria perceber que é a temperatura que diminui quando o corpo perde calor. Para Young e Freedman (2004), é importante considerar que calor indica um fluxo de energia e que temperatura depende do material e de seu estado físico. Continuando o diálogo.

A23: “Ah! Deveria colocar ar condicionado na sala, ia melhorar muito!”.

Professora: “Vocês concordam que deveriam colocar ar condicionado na sala?”.

A3: “A escola não tem estrutura pra isso. Tem que refazer a instalação elétrica para que pudessem colocar o ar condicionado”.

A15: “Isso dá muito trabalho e gasta muito dinheiro, acho que a escola não tem verba pra isso”.

A9: “Ah, gente! O problema todo foi a construção do supermercado”.

Professora: “Por que você acha isso?”.

A9: “Antes ventilava, agora tem esse paredão que atrapalha a circulação de ar na sala”.

A11: “Ih, gente! A única solução é derrubar essa escola e construir outra”. (risos). (Os alunos riem do comentário, alguns concordam com ele. Outros dizem: “não tem verba pra isso”).

Durante o diálogo, ficou nítido o envolvimento da maioria dos alunos com o problema. Todos queriam expor uma opinião. Um aluno completava a fala do outro, sugerindo o interesse em relação à situação-problema. O fato dos alunos poderem interagir e observar as situações que os cercam, implica em uma relação entre os conceitos físicos e a Matemática. Também disseram que determinados equipamentos não funcionariam, já que a escola não possui estrutura física adequada.

Nesse momento, observamos o começo de discussões reflexivas. Como ressalta Skovsmose (2008), “devemos trabalhar na direção de estabelecer ambientes de aprendizagem nos quais as reflexões

possam ser estimuladas por meio de diálogos” (SKOVSMOSE, 2008, p. 63). Destacaram ainda que pela fala de amigos e de reportagens já lidas que esse problema é recorrente em outras escolas da região.

Esse diálogo sobre os fatores aconteceu de forma simples e objetiva, sem a utilização de termos técnicos, para que os alunos pudessem entender e ter interesse no tema. Com esse debate inicial ficou mais fácil fazer o convite para desenvolver a atividade de modelagem matemática.

A11: “Derrubaram a escola do lado e construíram outra, mesmo assim não adiantou, o calor continua. Tem que saber como faz, que material usar, olhar a posição do vento”.

Professora: “É verdade, precisa analisar esses fatores. Alguém quer falar mais alguma coisa, pessoal?”.

A18: “Professora, nós vamos pesquisar sobre o assunto? Porque seria bem legal!”.

Com a fala da aluna A18 explicitada no último diálogo, apresentamos aos alunos o convite à investigação, por ser um tema de interesse comum. Segundo Barbosa (2004), a motivação e o interesse dos alunos em investigar a situação-problema são elementos importantes para utilizar a modelagem matemática, além de facilitar a aprendizagem. Os alunos aceitaram a proposta, gerando intensa participação nas discussões, visto que aceitar o convite se caracteriza também pelo envolvimento dos alunos em indagar e investigar a situação. De acordo com Skovsmose (2000), o processo de investigação e argumentação acontece somente com esse aceite por parte dos alunos.

Como relata Barbosa (2004), o ambiente de modelagem refere-se ao ato de problematizar e investigar, em que ambas as atividades se articulam no processo de envolvimento dos alunos na atividade proposta. Os alunos se mostraram dispostos a investigar e entender o problema ao propor pesquisar reportagens referentes ao tema.

A reflexão quanto ao tema e a possibilidade de solucionar o problema conduziram os alunos a participar com seus argumentos e conhecimentos próprios. Nesse momento, é importante que o professor estimule discussões e reflexões a respeito de todo o contexto criado. “A própria “reflexão” é um conceito aberto, de modo que se pode incluir muito mais do que questões que tenham a ver com modelagem matemática” (SKOVSMOSE, 2013, p. 122). Assim, em um diálogo, reflexão e ação podem enriquecer a participação das pessoas, considerando o diálogo como uma das formas humilde e respeitosa de lidar com os outros.

Os alunos podem conduzir seu próprio processo de aprendizagem por meio de suas intenções e interações, fato importante para a reflexão. Reflexão esta, que deveria abordar o conteúdo de aprendizagem e suas possíveis aplicações, sendo importante para que os alunos possam entender sua utilidade, discutir o que estão aprendendo e como estão aprendendo (SKOVSMOSE, 2008).

A partir daí continuamos a atividade com a pesquisa de reportagens relativas ao tema. Pesquisar as reportagens com referências a problemas reais contribuem para envolver o aluno no processo de investigação e oferece condições para um maior engajamento político social (SKOVSMOSE, 2013).

PESQUISANDO E ENTENDENDO O PROBLEMA

Primeiramente os alunos discutiram sobre as reportagens no grupo, anotando os aspectos mais importantes de cada uma, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Reportagens e anotações realizadas pelos alunos.



Fonte: arquivo dos pesquisadores.

Após discutir as reportagens, os grupos relacionaram os assuntos abordados nas reportagens com o cotidiano da escola e fizeram uma apresentação oral.

Professora: “Bom, turma, vamos começar as apresentações das reportagens?”

Alunos: “Vamos!”

A19: “Nossa reportagem fala de uma escola pública na cidade de Vila Velha. Os alunos fizeram um protesto a favor de melhores condições de ensino. Segundo os estudantes, a principal reclamação é em relação ao calor que faz dentro das salas de aula. A situação da escola é precária, a estrutura é péssima!”

A2: “É uma coisa que tá acontecendo muito hoje em dia, muitas escolas têm propostas de reformas, mas que não ocorrem; enquanto não ocorre, os alunos são tirados da sala de aula e colocados em salas de PVC, que são extremamente quentes e não tem ventilação suficiente.”

A1: “Nossa reportagem também fala disso, só que aconteceu em uma escola do Rio de Janeiro. Lá os alunos levam os ventiladores da casa deles.”

A13: “Não está muito diferente da nossa escola, olha esses ventiladores quebrados aqui. Nem todos funcionam, daqui a pouco não terá nenhum. Vamos ter que pegar da nossa casa!”

Alunos: “(Risos)... É verdade!”

A16: “Na nossa sala, por causa do calor, é muito difícil ficar muito tempo aqui, por causa do calor, é muito quente!”

A9: “Uma das influências do calor na sala de aula é que atrapalha o rendimento dos alunos. Nós sabemos quando está muito quente é difícil prestar atenção na aula.”

Os alunos, baseados na situação escolhida para ser investigada, buscaram entender o problema no contexto real, utilizando casos relatados na própria cidade em que vivem e em outros lugares do país. Com a investigação do tema pelas reportagens observou-se que os alunos vão além do pensamento estabelecido e ajudam os outros a explorar suas perspectivas e a ter curiosidade (ALRO; SKOVSMOSE, 2010).

Ao analisar uma situação do cotidiano, Bassanezi (2004) propõe utilizar uma linguagem que auxilie e esclareça o pensamento. A modelagem matemática vem colaborar com essa necessidade ao identificar o problema e as informações necessárias para obter uma solução pois “ainda que a situação tenha origem fora da Matemática, torna-se um “problema matemático” a ser resolvido, res-

peitando-se limitações, condições e características da situação inicial, solucionando o problema por meio da matemática” (FERRUZZI, 2011, p. 15).

Uma situação do cotidiano favorece a construção de um ambiente de aprendizagem no qual “os alunos são convidados a participar” (BARBOSA, 2004). O aluno se identifica com a situação e sua participação na atividade de modelagem se torna efetiva, influenciando em todo o processo da compreensão do fenômeno.

Durante as apresentações, os alunos perceberam que o problema arquitetônico e os materiais são os fatores mais recorrentes que aparecem nas notícias. Nesse momento começaram a simplificar e estruturar as informações necessárias ao estudo do problema.

A2: “Na maioria das situações que estão nas reportagens vemos que os problemas de temperatura se encontram pelas condições estruturais da escola, os produtos utilizados, como o cimento, argamassa, os canos, tijolo... esses elementos que podem prejudicar e, também, atrapalhar a condição da temperatura.”

A32: “Nossa escola é velha, esses materiais são todos bem antigos. Acho que deveria colocar é ar condicionado!”

A34: “O que adianta ter ar condicionado se não tem rede elétrica que consegue suprir, suportar o ar condicionado, a estrutura da escola também não é tão boa.”

O ambiente de investigação ao se referir à realidade oportuniza ao aluno escolher seu próprio caminho para descobrir os fatos. Os alunos tiveram a oportunidade de argumentar e se posicionar a respeito da situação-problema com as informações coletadas.

Esses posicionamentos evidenciados nos diálogos conduziram os alunos a uma reflexão importante sobre a situação. Observou-se que os alunos já conseguiam selecionar algumas informações necessárias para entender o problema e propor ideias para solucioná-lo. Segundo Alro e Skovsmose (2010), as respostas surgem por meio de um processo de investigação e reflexão coletiva.

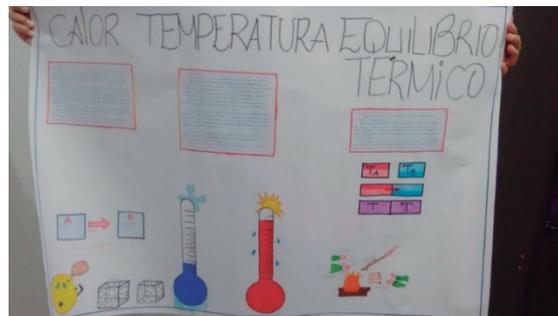
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO FÍSICO

Com as indagações dos alunos e suas dúvidas sobre temas que envolviam os conteúdos da Física, a professora selecionou alguns temas para que os alunos pesquisassem e abordassem nas próximas aulas. A intenção foi possibilitar a exploração desses conteúdos e promover encontro com o conhecimento físico, o que contribuiria para compreender a relação do tema com a questão investigada.

Os temas relacionados foram: temperatura e calor; termômetros; transferência de calor; dilatação dos corpos; fatores que influenciam a elevada temperatura na sala de aula; materiais que constituem a estrutura da escola e influenciam no aumento da temperatura; recursos que podem ser utilizados para resolver o problema da elevada temperatura na sala de aula.

No momento de decidir a forma de apresentar esses temas, os alunos escolheram a exposição de cartazes ilustrativos para fixá-los na sala de aula. Visando não deixar o texto longo, neste artigo apresentamos e analisamos apenas o desenvolvimento do Grupo 5 e a interação com o restante da turma. O grupo destacou os conceitos de calor e temperatura, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Cartaz referente aos conceitos de calor e temperatura.



Fonte: arquivo dos pesquisadores.

O grupo definiu calor como “a energia em trânsito que se transfere de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura”, e temperatura como “uma grandeza Física utilizada para medir o grau de agitação das moléculas”. O objetivo foi conduzir os alunos ao conhecimento dos conceitos de calor e temperatura por meio do processo de investigação. Nesse momento da aula os alunos conseguiram perceber que calor e temperatura são duas grandezas diferentes e começaram a se familiarizar com os termos.

APRESENTANDO SOLUÇÕES PARA A SITUAÇÃO-PROBLEMA

Por meio das reportagens e dos cartazes apresentados os alunos se familiarizaram com o tema e compreenderam os conceitos e fenômenos físicos relativos a temática e questionavam a solução para amenizar o problema do calor na sala de aula.

Com base nesses questionamentos, cada grupo pesquisou uma solução e apresentou uma proposta nas aulas seguintes. Os grupos tiveram quatro semanas para esse trabalho de pesquisar e formular soluções. Essa atividade foi realizada extraclasses, mas com a possibilidade de discutir com a professora a elaboração da proposta. Ao final, os grupos apresentaram a proposta para toda a sala. Analisamos e apresentamos a seguir a solução apresentada pelo Grupo 5.

Solução apresentada pelo Grupo 5

O grupo 5 trouxe uma maquete da sala de aula e parte da escola, compreendendo corredor, escadas e telhado. Apresentaram uma proposta de fazer um telhado verde e aumentar a altura da grade na parede do corredor. A Figura 3 ilustra como é a parede atualmente, já a Figura 4 evidencia a proposta apresentada pelo grupo para aumentar a grade na parede do corredor.

Na apresentação da proposta, o conhecimento dos conceitos de calor e temperatura foram importantes para simplificar a solução. A intenção do grupo em aumentar a área da grade para proporcionar uma maior circulação do ar no ambiente e usar plantas para amenizar a temperatura possibilitou a resolução do problema utilizando um conhecimento reflexivo sobre o papel da física na situação real.

Desse modo, pelo fato da estrutura da escola ser antiga, é necessária a avaliação de um profissional da área de Engenharia para analisar a viabilidade da proposta do grupo.

Figura 3 - Abertura na parede do corredor da escola atualmente.



Fonte: arquivo dos pesquisadores.

Figura 4 - Abertura na parede do corredor.



Fonte: Arquivo dos pesquisadores.

A Figura 4 apresenta ainda a proposta de um telhado verde. Segundo os integrantes do grupo, telhado verde é uma técnica usada em arquitetura a partir do plantio de árvores e plantas nas coberturas de residências e edifícios, com o intuito de favorecer o isolamento térmico, reduzir o barulho e aumentar a biodiversidade.

Durante a apresentação do telhado verde, a turma se envolveu nas discussões reflexivas em torno do modelo proposto. Manutenção e gastos para implantação do telhado foram pontos levantados conforme o diálogo a seguir.

A23: “Acho que o telhado verde é uma alternativa viável e sustentável!”

A5: “É sim! Estudos indicam que com o uso de coberturas vivas, seja possível melhorar até 90% as condições térmicas sem recorrer a um sistema de climatização como, por exemplo, o ar condicionado.”

A31: “Além disso, as plantas e a terra do telhado verde funcionam como um filtro natural de água, que pode ser armazenada ainda mais limpa, para depois ser usada na irrigação de um jardim.”

A23: “Pode ser utilizada na hortinha que tem na escola!”

Professora: “Como seria a manutenção desse teto?”

A35: “Regar e aparar as plantações.”

Professora: “Mas isso tem um custo!”

A35: “Tem! A implantação do telhado verde é uns 150,00 por m². Para a manutenção teria que ter uma pessoa pra cortar as plantas. Aí tem que contratar alguém. É como se fosse cuidar de um jardim normal.”

Outra solução apresentada pelo grupo foi aumentar o tamanho das janelas na sala de aula para ter uma circulação maior de ar. Atualmente as janelas são de madeira e vidro translúcido de tamanho 2,50 m por 1,50 m, e com a sugestão dos alunos passaria a ter uma dimensão de 2,50 m por 2,00 m, além de ter vidro fumê para amenizar os efeitos dos raios solares no interior da sala.

A8: “Outra solução, juntamente com o teto verde, seria implantar mais janelas na parede do corredor ou aumentar o tamanho dessas, para que ocorresse a ventilação natural.”

A12: “E o material seria alumínio, que é bem mais barato que outros!”

A6: “Isso ia dar um trabalho! Quebrar paredes, tirar essas janelas de madeira. Sei não, acho que não seria tão viável. Acho que precisa de algo mais prático!”

O grupo demonstrou em suas contribuições a preocupação de investigar a própria realidade, identificando que a solução poderia, inclusive, ser utilizada em outros ambientes escolares e, também, fora da sala de aula. Alguns alunos começavam a perceber e/ou questionar a viabilidade para se implementar a totalidade ou parte das soluções apresentadas.

A concepção do uso da ventilação natural é discutida pelos alunos como uma forma mais sustentável, já que exploram o sentido de entrada do vento pelas janelas e portas. O fato do grupo associar a ideia com eventos cotidianos para explicar a circulação de ar mostra o quanto é importante o interesse dos alunos em investigar a situação real. Uma proposta que possibilita o que a natureza tem a oferecer nos conscientiza da importância de uma vida mais sustentável.

De acordo com Skovsmose (2008), as reflexões podem tratar questões específicas ou gerais em relação ao conhecimento, práticas e ações. Nos diálogos, os alunos analisavam a solução proposta de acordo com o contexto em que vivem, preocupados em entender, investigar e reformular os procedimentos citados. Nesse caso, o ambiente democrático, baseado no diálogo, favoreceu a interação e a participação ativa dos alunos nas discussões (SKOVSMOSE, 2001).

Ao final da apresentação, no momento de interação entre os demais alunos com o grupo, a aluna A9 pensou em outra alternativa: “Passando pelas ruas, percebi o uso de várias películas (aplicadas em carros, janelas, portas etc.) e resolvi pesquisar melhor a respeito delas. A película é feita para diminuir o calor de determinado ambiente e existe um tipo adequado para cada local e objetivo. Apesar de ser bastante eficiente, essa película sairia muito caro para ser aplicada.”

Professora: “Muito bom! Mais alguém pensou em outra solução?”

A2: “Professora, acho que deveríamos focar nas soluções mais naturais, a escola não tem verba.”

A23: “Acho que em primeiro lugar, deveria consertar esses ventiladores aqui, ia ajudar muito. E, também, os alunos devem cuidar dos objetos da sala. Cada dia tem uma coisa destruída.”

Professora: “Realmente, devemos cuidar! Não adianta implantar uma solução e não cuidar.”

A22: “Já percebemos que ar condicionado não tem como, a rede elétrica não suporta.”

A4: “Acho que podíamos plantar umas árvores ao redor da escola, já que o jardim no teto gastaria muito.”

Professora: “É uma ótima sugestão e podemos fazer isso!”

A32: “Ah! Nossa escola está muito velha. Muitos alunos nas salas, tinha que diminuir a quantidade um pouco, ia ajudar.”

A aluna A2 destacou as contribuições da investigação priorizando implementar uma solução mais natural, ou seja, com menos intervenções e com baixo custo. Já o aluno A23 percebeu que os alunos eram parte do problema e, também, parte da solução do problema. Ele reforçou a necessidade de comprometimento e de uma mudança de comportamento por parte dos alunos. Nesse sentido, a modelagem possibilitou a interferência na realidade dos envolvidos, criando condições para que os estudantes reflitam e participem mais do desenvolvimento da cidadania (BARBOSA, 2003).

Os alunos também mostraram interesse em divulgar, por meio do grêmio estudantil, as soluções para que fossem analisadas e implantadas na escola. Contudo, obtiveram como resposta que, no momento, a escola não possuía recursos financeiros disponíveis, mas que haveria a possibilidade de futuramente se avaliar e implantar alguma das soluções apresentadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises obtidas no decorrer da pesquisa indicam que a modelagem matemática pode ser considerada uma proposta adequada para o ensino e aprendizagem de conceitos de Física. Os diálogos e as discussões tiveram papel importante no desenvolvimento da atividade, favorecendo a compreensão dos conceitos de calor e temperatura e desenvolvendo neles a capacidade de refletir criticamente sobre o assunto estudado. O papel da professora foi de mediadora, estimulando avanços nas interações, conduzindo as discussões e oportunizando a troca de ideias.

Por ser a modelagem matemática na perspectiva sociocrítica um ambiente investigativo que estimula a participação e incentiva a reflexão crítica dos alunos, observou-se uma ruptura na metodologia tradicional muitas vezes utilizada para ensinar Física: definição, exemplos, exercícios e problemas.

O afastamento da aula tradicional para uma aula investigativa em princípio causou certa estranheza em alguns alunos. Mas, ao se sentirem valorizados, não tiveram dificuldades em começar a manifestar a própria opinião e, a cada encontro, se tornaram mais ativos e participativos, tanto para formular ideias quanto para questionar e refletir sobre o assunto, já que a situação-problema abordada na atividade caracterizava-se com uma situação de interesse deles.

Com essa atividade os alunos perceberam a importância dos conceitos de Física e Matemática para resolver um problema da própria realidade, estabelecendo uma relação entre o contexto social e a disciplina estudada. Os alunos, em grande maioria, foram participantes ativos do processo, indagando e investigando, e não simplesmente memorizando os conceitos estudados.

Destaca-se também que a aproximação do conhecimento ensinado na escola do cotidiano do aluno estimulou uma postura mais crítica e os conduziu a refletir a respeito de aspectos socioeconômicos envolvidos, a tomar decisões e a propor, interpretar e validar soluções. Isso contribuiu para a formação cidadã de cada um e possibilita a ele intervir na própria realidade ao utilizar os conhecimentos desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

ALRO, H.; SKOVSMOSE, O. **Diálogo e Aprendizagem em Educação Matemática**. 2 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2010. 160 p.

APEDOE, X. S. Engaging Students in Inquiry: Tales From an Undergraduate Geology Laboratory-Based Course. **Science education**, v. 92, p. 631-663, 2008.

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

BARBOSA, J. C. O que pensam os professores sobre Modelagem Matemática? **Zetetiké**, Campinas, v. 7, n. 11, p. 67-85, jan./jun. 1999.

_____. **Modelagem matemática: Concepções e Experiências de Futuros Professores**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Geociências e Ciências Exatas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

_____. Modelagem Matemática na sala de aula. **Perspectiva**, Erechim, v. 27, n. 98, p. 65-74, jun. 2003.

_____. Modelagem Matemática: O que é? Por quê? Como? **Veritati**, Salvador, n. 4, p. 7-80, 2. Sem. 2004.

BASSANEZI, R. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 2004, 389p.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. A utilização da modelagem matemática como encaminhamento metodológico no ensino de Física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v. 6, p. 86-96, 2015.

BLUM, W.; NISS, M. Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects - state, trends and issues in mathematics instruction. **Educational Studies in Mathematics**, Dordrecht, v. 22, n. 1, p. 37-68, feb. 1991.

BRYCE, T. **Sardonic science? The resistance to more humanistic forms of science education**. *Cultural Studies of Science Education*, v. 5, p. 591-612, 2010.

CAMPOS, L. S.; ARAÚJO, M. S. T.; A modelagem matemática e a experimentação aplicadas ao ensino de Física. 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/2QpTyEO>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

COLUCCI, G. L.; PERAZZONE, A.; DODMAN, M. Science education for sustainability, epistemological reflections and educational practices: from natural sciences to transdisciplinarity. *Cultural Studies of Science Education*, **online first**, 2012.

FERRUZZI, E. C. **Interações discursivas e aprendizagem em Modelagem Matemática**. 2011. 218 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

SKOVSMOSE, O. Cenários para Investigação. **Bolema**, Rio Claro, v. 13, n. 14, p. 66-91, abr. 2000.

_____. **Educação matemática crítica: a questão da democracia**. São Paulo: Papirus, 2001. 160 p.

_____. **Desafios da reflexão em educação matemática crítica**. São Paulo: Papirus, 2008. 144 p.

_____. **Educação matemática crítica:** a questão da democracia. 6 ed. Campinas - SP: Papyrus, 2013. 160 p.

SOUZA, E. S. R.; ESPÍRITO SANTO, A. O. A modelagem matemática como metodologia para o ensino-aprendizagem de Física. In: **Anais do VI Encontro Paraense de Educação Matemática**, Pará, 3 a 5 de set. 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II - Termodinâmica e Ondas**. 10. ed. v. 2, Ed. PEARSON, São Paulo 2004.

RECEBIDO EM: 29 maio 2018

CONCLUÍDO EM: 29 out. 2018